

Levantamento de espécies de
nematoides-das-lesões-radiculares
(*Pratylenchus* spp.) no Cerrado brasileiro
e avaliação de danos à cultura do arroz



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
345**

**Levantamento de espécies de
nematoides-das-lesões-radiculares
(*Pratylenchus* spp.) no Cerrado brasileiro
e avaliação de danos à cultura do arroz**

Dilson da Cunha Costa
Valácia Lemes da Silva Lobo
Vanessa da Silva Mattos
Juaci Vitória Malaquias
Raiany Lima de Sousa
Ana Claudia da Costa
Alex da Silva Barbosa
Bárbara Carolina Martins dos Santos
Rafael de Jesus Moreira

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Parque Estação Biológica
Av. W5 Norte (final)
Caixa Postal 02372
70770-917 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4700
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade responsável pelo conteúdo

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Comitê Local de Publicações

Presidente

Marília Lobo Burle

Secretária-Executiva

Ana Flávia do Nascimento Dias Côrtes

Membros

Antonieta Nassif Salomão

Bianca Damiani Marques

Diva Maria Alencar Dusi

Francisco Guilherme V. Schmidt

João Batista Tavares da Silva

João Batista Teixeira

Maria Cléria Valadares-Inglis

Rosamares Rocha Galvão

Tânia da Silveira Agostini Costa

Embrapa

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
www.embrapa.br/livraria
livraria@embrapa.br

Unidade responsável pela Edição

Embrapa, Secretaria-Geral

Supervisão editorial

Wyviane Carlos Lima Vidal

Revisão de texto

Everaldo Correia da Silva Filho

Normalização bibliográfica

Marcia Maria Pereira de Souza

Projeto gráfico

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Júlio César da Silva Delfino

Capa

Paula Cristina Rodrigues Franco

Fotos da capa

Dilson da Cunha Costa, Raiany Lima de

Sousa

1ª edição

Publicação digitalizada (2019)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa

Levantamento de espécies de nematoídes-das-lesões-radiculares (*Pratylenchus* spp.) no Cerrado brasileiro e avaliação de danos à cultura do arroz / Dilson da Cunha Costa ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2019.

PDF (40 p.). – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, ISSN 0102-0110, 345)

1. Arroz – pesquisa. 2. Fungos. 3. Doença de plantas. 4. Engenharia genética. 5. Pesquisa agrícola. I. Lobo, Valácia Lemes da Silva. II. Mattos, Vanessa da Silva. III. Malaquias, Juaci Vitória. IV. Sousa, Raiany Lima de. V. Costa, Ana Cláudia da. VI. Barbosa, Alex da Silva. VII. Santos, Bárbara Carolina Martins dos. VIII. Moreira, Rafael de Jesus. IX. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. X. Série..

CDD 633.18

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	9
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	20
Conclusões.....	42
Agradecimentos.....	42
Referências.....	42

Levantamento de espécies de nematoides-das-lesões-radulares (*Pratylenchus* spp.) no Cerrado brasileiro e avaliação de danos à cultura do arroz

Dilson da Cunha Costa¹

Valácia Lemes da Silva Lobo²

Vanessa da Silva Mattos³

Juaci Vitória Malaquias⁴

Raiany Lima de Sousa⁵

Ana Claudia da Costa⁶

Alex da Silva Barbosa⁷

Bárbara Carolina Martins dos Santos⁸

Rafael de Jesus Moreira⁹

Resumo – Os nematoides-das-lesões-radulares (*Pratylenchus* spp.) têm causado danos significativos, com perdas econômicas elevadas em diversas culturas e em várias regiões do Brasil, especialmente no Cerrado, e, principalmente, nas culturas da soja, do feijão, do milho, do algodão e de pastagem.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

² Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

³ Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, bolsista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

⁴ Bacharel em Estatística, mestre em Ciências de Materiais, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁵ Graduada em Ciências Biológicas, mestre em Fitopatologia, bolsista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

⁶ Graduada em Ciências Biológicas, bolsista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia Brasília, DF, .

⁷ Graduado em Ciências Biológicas, bolsista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

⁸ Graduanda em Ciências Biológicas, estagiária da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

⁹ Graduando em Ciências Biológicas, estagiário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

O arroz, no entanto, é hospedeiro de vários nematoides, e as espécies de *Pratylenchus* são particularmente notáveis. Apesar disso, os danos causados por *Pratylenchus* spp. ainda não foram bem caracterizados cientificamente, especialmente no Cerrado brasileiro. Informações sobre os danos causados por esses nematoides à cultura do arroz são de grande importância, pois é uma cultura de valor econômico e uma opção adequada para uso em programas de rotação/sucessão de culturas. Foi necessário, portanto, fazer um levantamento de espécies de nematoides-das-lesões radiculares associadas ao cultivo de arroz, soja, milho e feijão no Brasil Central, de forma a avaliar a reação do hospedeiro e os níveis populacionais de *Pratylenchus* spp., causando danos em cultivares comerciais de arroz. O estudo de levantamento detectou, em todas as amostras, *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaei* como espécies predominantes. Os resultados de campo e de casa de vegetação confirmaram o arroz como bom hospedeiro e danificado por *P. zaei*, com perdas de 3,38% a 30,45%, a depender da tolerância dos genótipos.

Termos para indexação: *Pratylenchus* spp., danos, perdas econômicas, *Oryza sativa*.

Survey of the nematodes roots lesions species (*Pratylenchus* spp.) in the Brazilian Cerrado and evaluation of rice crop damage

Abstract – The root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) have been causing significant damage, with high economic losses in several crops and regions of Brazil, mainly in soybeans, beans, corn, cotton and pasture. Thus, rice is host to several nematodes, in which *Pratylenchus* species are particularly notable. Despite these reports, damage caused by *Pratylenchus* spp. has not been well characterized scientifically, especially in the Brazilian Cerrado. Information on the damage caused by these nematodes to rice cultivation is of great importance as it is an economically valuable crop and an appropriate option for use in crop rotation/succession programs. Therefore, it was necessary to conduct a survey on root lesion nematode species associated with rice, soybean, corn and bean cultivation in Central Brazil, in order to evaluate the host reaction

and the population levels of *Pratylenchus* spp. causing damage to commercial rice cultivars. The survey study detected *Pratylenchus brachyurus* and *P. zae* in all samples as predominant species. Field and greenhouse results confirmed the rice as a good host and it was damaged by *P. zae*, with losses of 3.38% to 30.45% depending on genotype tolerance.

Index terms: *Pratylenchus* spp., damages, economic losses, *Oryza sativa*.

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma gramínea anual, considerada alimento básico para bilhões de pessoas e, segundo estimativas, até 2050 haverá demanda para atender o dobro desta população (Magalhães Júnior et al., 2004). Os grandes países produtores não dispõem de área agricultável que permita a expansão da cultura, buscando atender a maior demanda pelo aumento da produtividade (Freitas, 2007). O arroz tem sua origem e sua maior produção no continente asiático, seguida das Américas, África, Europa e Oceania. O consumo também está concentrado nos maiores países produtores, como também é baixo o nível de transação internacional (Campanha et al., 2012). A China é o maior produtor, seguido pela Índia e Indonésia, ocupando o Brasil a nona posição com a produção de 12 milhões de toneladas.

No Brasil, a região Sul se destaca com os estados de maior produção, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor de arroz, seguido de Santa Catarina (Conab, 2018). O arroz no País é cultivado em dois sistemas básicos de produção: arroz irrigado, predominante nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte do Tocantins, e o arroz de terras altas com semeadura principalmente nos estados do Mato Grosso, Maranhão, Pará, Goiás e a outra parte do Tocantins.

No sistema de arroz de terras altas, em especial no Cerrado brasileiro, o uso de genótipos melhorados tornou o arroz uma cultura bastante importante (Wander, 2006), deixando de ser cultivado apenas nas áreas recém-desmatadas, onde geralmente se adota baixo nível de tecnologia, para participar de sistemas de produção mais tecnificados, como os sistemas de integração lavoura-pecuária. Neste sistema, associa-se a produção de grãos como arroz e milho com a produção animal na mesma área, em plantio simultâneo ou rotacionado com pastagens dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*. Esse sistema permite o uso racional de insumos, máquinas e a diversificação da produção (Karam et al., 2009; Macedo, 2009). A produtividade do arroz de terras altas pode chegar a 4.000 kg ha⁻¹ quando as condições climáticas são favoráveis, as cultivares são adaptadas para o local e o manejo fitotécnico é adequado (Guimarães et al., 1996, 2003a, 2003b).

A cultura do arroz de terras altas, também chamada de sequeiro, é baseada no uso de cultivares pouco exigentes em insumos e tolerantes a solos ácidos, as quais tiveram papel importante durante o processo de ocupação agrícola dos Cerrados, iniciado na década de 1960 (Ferreira et al., 2005). No estado de Mato Grosso, essa cultura ainda é considerada desbravadora, apesar dos avanços tecnológicos alcançados nos últimos anos. O Brasil é o país que apresenta a maior área cultivada com arroz de terras altas (Crusciol et al., 1999a), e a maior parte dessa área está concentrada no Cerrado. A produção oscilante de arroz nesse bioma deve-se, além dos solos pobres e ácidos, a outros fatores, como a baixa capacidade de retenção de água, as irregularidades na distribuição das precipitações pluviais, a utilização de materiais não adaptados e as práticas culturais inadequadas (Crusciol et al., 1999b). Embora o cultivo de arroz de terras altas represente 27,32% da área total cultivada no País, esse cultivo contribui com apenas 10,76% da produção nacional (Conab, 2018).

A cultura do arroz é afetada por pragas que reduzem a qualidade dos grãos e a produtividade. Mais de uma centena de espécies de nematoides têm sido relatadas em arroz de sequeiro e alagado em muitos países (Bridge et al., 2005). Algumas espécies têm sido observadas no sistema de sequeiro ou no sistema alagado, mas poucas são encontradas em ambas as situações. As pesquisas têm demonstrado que um número relativamente baixo de espécies de nematoides estão adaptadas às condições permanentemente alagadas. Quando o campo é apenas temporariamente inundado, o número de espécies presentes tende a ser maior (Fortuner; Merny, 1979).

Nematoides-das-lesões-radiculares (*Pratylenchus* spp.) são reconhecidos atualmente como um dos maiores problemas na cultura da soja, milho, feijão, algodão, sorgo e de diversas gramíneas forrageiras, além de vários genótipos de girassol e milheto. Considerando os impactos econômicos mundiais para diferentes culturas agrícolas, o gênero *Pratylenchus* ocupa o segundo lugar em importância entre todos os fitonematoides (Goulart, 2008).

Muitas espécies de *Pratylenchus* são polípagas e estão associadas principalmente às gramíneas como a cana-de-açúcar, o milho, o sorgo e as braquiárias (Motalaote et al., 1987; Inomoto et al., 2007; Barbosa et al., 2013), mas também parasitam outras plantas como o algodão e a soja (Schmitt; Barker, 1981; Machado et al., 2012). Nematoides do gênero *Pratylenchus* são

migradores e penetram através ou entre as células do córtex, alimentando-se do conteúdo celular, matando as células e causando lesões necróticas ao longo das raízes, podendo matar todo sistema radicular quando ocorre em alta infestação (Lordello, 1984).

Levantamentos realizados em áreas de plantio de algodão e soja demonstraram que *P. brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev & Schuurmans-Stekhoven, 1941, foi o fitonematoide mais frequente, com frequências de 94% e 98% das amostras coletadas no estado de Mato Grosso (Silva et al., 2004; Ribeiro et al., 2010). Uma característica ainda pouco estudada em *P. brachyurus* é a diferença de agressividade dos isolados. Machado et al. (2007a) demonstram diferença de agressividade entre dois isolados de *P. brachyurus*, pela avaliação da reprodução do nematoide em raízes de algodoeiro. Siqueira (2007), trabalhando com feijão-caupi, também demonstrou diferença de agressividade entre isolados de *P. brachyurus*. Considerando a importância da cultura do arroz para o Cerrado brasileiro e a ampla distribuição de *Pratylenchus* spp., informações sobre a reação de cultivares de arroz a seus diferentes isolados seriam valiosas para o manejo dessa praga.

Perdas estimadas de produções e rendimentos na cultura do arroz por nematoides na ordem de 10% a 25% são relatadas em alguns países (Sasser; Freckman 1987). Apesar desses relatos, os danos por *Pratylenchus* spp. em vários sistemas agrícolas ainda não foram bem caracterizados cientificamente, em especial no bioma citado. Contudo, há uma lacuna muito grande de informações a respeito da reação de diferentes genótipos de arroz às espécies de *Pratylenchus*, especialmente daqueles cultivados no Brasil.

Danos econômicos causados por nematoides do gênero *Pratylenchus* já foram relatados em estudos com trigo, arroz, milho, feijão, soja e sorgo (Lindsey; Cairns, 1970; Gallaher et al., 1988; Plowright et al., 1990; Nicol et al., 1999; Siqueira; Inomoto, 2008; Inomoto et al., 2011; Machado et al., 2012). A quantificação desses danos ainda é pouco estudada, e em alguns casos ocorrem outros patógenos associados que confundem os sintomas e causam danos juntamente com o nematoide como, por exemplo, fungos do gênero *Fusarium* (Hajihassani et al., 2013). A falta de informações quanto aos danos causados por espécies de *Pratylenchus* na cultura do arroz se reveste de grande importância, por se tratar de uma cultura de valor econômico e boa opção de utilização em programas de rotação/sucessão de culturas em

novos sistemas de produção economicamente produtivos e sustentáveis, visando ao controle de nematoides.

Com base no exposto, se fez necessário realizar um levantamento das espécies de nematoides-das-lesões-radiculares associadas à cultura do arroz, soja, milho e feijão em plantios do Brasil Central, avaliando a reação e os níveis populacionais de *Pratylenchus* spp. causadores de danos em cultivares de arroz comercializadas, de forma a contribuir com os programas de rotação/sucessão de culturas na aplicação do manejo integrado de nematoides no Cerrado brasileiro.

Material e Métodos

Levantamento das espécies de nematoides-das-lesões-radiculares (*Pratylenchus* spp.) associadas à cultura do arroz, soja, milho e feijão em plantios do Brasil Central

Coleta de amostras e extração dos nematoides

O total de 1.098 amostras de solo e raízes de arroz, soja, milho e feijão oriundas de seis estados brasileiros (Mato Grosso, Maranhão, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e Paraná) foram coletadas em áreas de 16 municípios. Os nematoides foram extraídos de amostras de 200 cm³ de solo pela técnica de Jenkins (1964) e de todo o sistema radicular pela técnica de Coolen e D'Herde (1972) modificado.

Identificação morfológica e morfométrica de *Pratylenchus* spp.

Os nematoides extraídos, em especial as fêmeas de *Pratylenchus* spp., foram capturados e colocados em lâminas para observação sob microscópio óptico. A identificação inicial das espécies foi baseada nos seus caracteres morfológicos básicos: região labial, forma do estilete, forma da cauda, posição da vulva, espermateca funcional ou não funcional e saco pós-uterino.

Amostras de solo de cada localidade foram colocadas em vasos de 500 cm³ e semeadas com milho 'BRS 4103' para aumentar a quantidade dos nematoides a serem identificados, uma vez que as fêmeas coletadas eram em número bastante reduzido. Decorrido o período de 90 dias, as plantas de

milho foram colhidas e seus sistemas radiculares lavados em água para a extração dos nematoides de acordo com Coolen e D'Herde (1972) modificado.

Vinte fêmeas de cada espécie de *Pratylenchus* por localidade foram capturadas e colocadas em tubos do tipo eppendorf de 1,5 mL e axenizadas segundo Fallas e Sarah (1994). Após o tratamento, os nematoides foram depositados em cilindros de cenoura no interior de frascos de vidro e mantidos em estufa BOD a 25 °C para multiplicação segundo Moody et al. (1973) e Gonzaga (2006).

Dez fêmeas de cada população de *P. zaeae* (Graham, 1951) e cinco fêmeas de cada população de *P. brachyurus* foram depositadas em tubos do tipo eppendorf, mortas (banho-maria a 55 °C por 1 minuto) e colocadas em gotas de formalina sobre lâminas e vedadas com esmalte para serem examinadas sob microscópio óptico.

A medição dos caracteres foi realizada ao microscópio óptico tipo Olympus modelo BX-51 com máquina digital acoplada tipo Olympus U-CMAD3 JAPAN, utilizando o programa ProGres Capture Pro 2.1. Foram avaliados morfometricamente os seguintes caracteres para cada fêmea: comprimento do corpo, distância da região labial à vulva, comprimento da cauda, maior largura do corpo, largura do corpo na região anal, comprimento do esôfago e comprimento do estilete. Com base nessas medidas, foram calculadas as proporções das medidas: (a) (comprimento do corpo/maior largura do corpo); (b') (comprimento do corpo/comprimento do esôfago); (c) (comprimento do corpo/comprimento da cauda); (c') (comprimento da cauda/largura do corpo na região anal); e V% (distância da região labial à vulva, como percentagem do comprimento total do corpo).

Análise multivariada de componentes principais (ACP) foi utilizada para avaliar a variabilidade das medições dos principais caracteres morfométricos referente às populações de *P. brachyurus* e *P. zaeae*. Foram construídos também, com significância estatística de 5%, intervalos de confiança (IC) para estimar a média populacional referente às variáveis selecionadas, que melhor explicaram a variabilidade entre as populações de *P. brachyurus* e *P. zaeae*.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa R, versão 3.4.3. Valores de referência das variáveis selecionadas foram com-

parados na literatura para *P. brachyurus* (Loof, 1960; Machado et al., 2015) e *P. zeae* (Sher; Allen, 1953; Taylor; Jenkins, 1957; Merny, 1970).

Identificação molecular das populações/espécies de *Pratylenchus*

Primers específicos estabelecidos para as espécies *P. brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev & Schuurmans-Stekhoven, 1941, *P. zeae* (Graham, 1951) e *P. parazeae* (Wang et al., 2015) foram utilizados para essa atividade de identificação (Peetz; Zasada, 2016).

O protocolo utilizado para extração do DNA foi adaptado ao original descrito para *Meloidogyne* por Randig et al. (2002), sendo feita a extração a partir de 70 nematoides de cada população/espécie capturados individualmente.

Reação de PCR

As populações de *Pratylenchus* spp. foram testadas com um par de primers espécie-específicos descritos para a identificação de cada uma das espécies: *P. brachyurus* (Boutsika, 2002; Machado et al., 2007b), *P. zeae* (Vrain et al., 1992; Uehara et al., 2001) e *P. parazeae* (Wang et al., 2015) (Tabela 1). As reações de PCR foram realizadas em volume final de 25 µL, contendo 9 ng de DNA, 2,5 µL 10X PCR tampão (Invitrogen), 1 µL de MgCl₂ [50 mM], 4 µM de cada primer, 2,5 mM dNTPs (Invitrogen), 1 U µL⁻¹ Taq DNA polymerase (Invitrogen). Para as amplificações foi utilizado um termociclador T100 Thermalcycler (BIO-RAD) programado de acordo com as condições descritas no trabalho de Peetz e Zasada (2016): 2 min a 94 °C, 30 ciclos de 45 s a 94 °C, 90 s a 56 °C, 90 s a 65 °C e extensão final de 1 min a 72 °C. Os fragmentos amplificados foram separados por eletroforese em gel de agarose a 1,5% e visualizados sob luz UV.

Manutenção in vitro e in vivo das populações de *P. brachyurus* e *P. zeae*

Para estudos posteriores sobre a patogenicidade e nível de danos das populações de *Pratylenchus* spp., os nematoides foram mantidos em cilindros de cenouras (in vitro), com repicagem a cada 70 dias e em casa de vegetação em plantas de cana-de-açúcar (Figura 1).

Tabela 1. Características de primers espécie-específicos para *P. brachyurus*, *P. zeae* e *P. parazeae*.

Espécie	Região-alvo	Código do primer	Sequência (5' → 3')	Fragmento amplificado (pb)	Referência
<i>P. brachyurus</i>	18S rDNA	18S	TTGATTACGTCCCTGCCCTTT		Boutsika (2002); Machado et al. (2007b)
<i>P. brachyurus</i>	ITS rDNA	ACM7R	GCWCCATCCAAACAAYGAG	267	
<i>P. zeae</i>	18S rDNA	rDNA	TTGATTACGTCCCTGCCCTTT		Vrain et al. (1992); Uehara et al. (2001)
<i>P. zeae</i>	ITS rDNA	Praty-R	CTGCATTGGAAGCGCGCTTG	250	
<i>P. parazeae</i>	ITS rDNA	PpzF	CTGCTGCTGGATCATTACATT		
<i>P. parazeae</i>	ITS rDNA	PpzR	TCAAATAGACATGCCCCAAT	570	Wang et al. (2015)

Fonte: Peetz e Zasada (2016).



Figura 1. Cilindros de cenoura preparados em capela de fluxo e mantidos em BODs (A; B). Manutenção das populações de *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaeae* em plantas de cana-de-açúcar em casa de vegetação (C).

Avaliação da patogenicidade e níveis de danos de *Pratylenchus* spp. na cultura do arroz de sequeiro

Experimento I. Pré-seleção de genótipos de arroz quanto à hospedabilidade a *Pratylenchus zaeae* em condições de casa de vegetação

Este experimento foi realizado em casa de vegetação na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia durante os meses de outubro/2016 a janeiro/2017. Mudas de genótipos de arroz (AN Cambará; BRS Esmeralda; CMG 1590; BRS A 501 CL; BRS Sertaneja; AB 092002; AB 092014 e AB 112335) foram produzidas em sacos plásticos, contendo solo esterilizado e transplantadas de forma individualizadas para sacos de 2 kg e inoculadas com 200 *P. zaeae* (juvenis e adultos) da população oriunda de Paraúna, GO,

obtida de cultura de tecido em cilindros de cenoura. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado com cinco repetições. Plantas de milho 'BRS 4103' e sorgo 'BRS 655' foram utilizadas como testemunha de suscetibilidade.

Após 90 dias da inoculação, as raízes foram lavadas, secas em papel toalha, e os pesos dos sistemas radiculares foram avaliados, para extração dos nematoides das raízes e de 200 cm³ de solo, de acordo com as metodologias de Coolen e D'Herde (1972) modificado (uso de peneira 500 Mesh) e Jenkins (1964), respectivamente.

Análise multivariada para agrupamento usando o método de similaridade de Ward e a distância Euclidiana/construção de cluster (Everitt, 1993) foi aplicada aos parâmetros: população inicial de *P. zaeae*; peso fresco das raízes; população de *P. zaeae* em 200 cm³ de solo; população total de *P. zaeae* nas raízes; população final de *P. zaeae* (solo + raízes) e fator de reprodução ($FR = Pf/Pi$).

Experimento II. Avaliação da patogenicidade de populações de *Pratylenchus zaeae* em genótipos de arroz em condições de casa de vegetação

O experimento foi realizado de fevereiro a abril de 2017 na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial (6x7) com cinco repetições. Foram utilizadas como testemunhas de suscetibilidade plantas de sorgo 'BRS 511' e 'BRS 655' e plantas de milho 'BRS 4103'. Os genótipos de arroz utilizados foram pré-selecionados nos experimentos I: linhagens AB 092002, AB 092014 e a cultivar BRS Sertaneja. As populações de *P. zaeae* utilizadas foram oriundas dos estados do Maranhão (Itapecuru Mirim, Arari e Igarapé), Goiás (Ipameri e Paraúna), Mato Grosso (União do Sul) e do Paraná (Palotina).

As mudas foram produzidas em solo estéril e transplantadas para sementeiras do tipo Plantágil contendo uma mistura de solo + substrato estéril. Após o transplante, as plantas foram inoculadas com 200 espécimes (juvenis e adultos) de *P. zaeae*, obtidos de cultura de tecido. Decorrido o período de 70 dias da inoculação, as plantas foram colhidas e avaliadas. As raízes foram lavadas em água corrente de torneira e colocadas para secar em papel toalha, sobre bancada para posterior mensuração do peso fresco das

raízes e extração dos nematoides de acordo com Coolen e D'Herde (1972) modificado. Todo o solo, aproximadamente 200 cm³, foi processado para a extração e a contagem dos nematoides (Jenkins, 1964). A população final foi constituída de nematoides no solo + raízes, e o fator de reprodução calculado, dividindo a população final pela população inicial ($FR=Pf/Pi$).

Para análise de variância (ANOVA) foi usado o programa SISVAR 5.0 (Ferreira, 2011), sendo os dados transformados em log x, usando as médias do teste de Scott Knott a 5%.

Experimento III. Avaliação do nível de dano em plantas de arroz causado por *Pratylenchus zae* em condições de casa de vegetação

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, de março a julho de 2018. O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, em arranjo fatorial (2x5), onde foram avaliados dois genótipos de arroz mais suscetíveis, selecionados nos experimentos I e II (AB 092002 e AB 092014) e cinco concentrações de inóculo de *P. zae* (0, 1.000, 3.000, 6.000 e 9.000 espécimes). O inóculo de *P. zae* foi uma mistura de todas as populações de maior capacidade reprodutiva selecionadas no experimento II [Maranhão (Itapecuru Mirim, Arari e Igarapé), Goiás (Ipameri e Paraúna), Mato Grosso (União do Sul)].

Mudas dos genótipos de arroz foram produzidas e transplantadas para sacos plásticos de 2 kg, contendo solo estéril no momento da inoculação com os níveis de inóculo de *P. zae* mencionados anteriormente. As plantas permaneceram em casa de vegetação durante 120 dias. Ao longo desse período, foram avaliados os seguintes parâmetros: altura das plantas e número de perfilhos em sete épocas após a inoculação (48, 55, 62, 69, 76, 83 e 90 dias); período de floração; número de panículas; número de espiguetas; peso fresco e seco da parte aérea; peso fresco das raízes; número de nematoides por grama de raiz e em 100 cm³ de solo; e fator de reprodução.

Para as análises das variáveis: peso de raízes, população de *P. zae* nas raízes e no solo, os dados foram transformados em \sqrt{x} e as demais variáveis não foram transformadas, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, usando o programa SISVAR 5.0 (Ferreira, 2011).

Experimento IV. Avaliação do nível de dano e perda na produção de arroz causadas por *Pratylenchus zae* em condições de campo

O ensaio foi realizado em condições de campo em área experimental da Embrapa Arroz e Feijão no período de novembro a abril, ano agrícola 2017/2018. O histórico da área experimental foi ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2. Histórico de plantio da área experimental nas safras 2010/2011 a 2017/2018.

Safra	Experimento safra 2017/2018
2010/2011	<i>Urochloa brizantha</i>
Inverno 2011	<i>U. brizantha</i>
2011/2012	<i>U. brizantha</i>
Inverno 2012	<i>U. brizantha</i>
2012/2013	Soja
Inverno 2013	<i>U. brizantha</i> + Milheto
2013/2014	Arroz
Inverno 2014	<i>U. brizantha</i>
2014/2015	Milho + <i>U. brizantha</i>
Inverno 2015	<i>U. brizantha</i>
2015/2016	Soja
Inverno 2016	Pousio restos culturais soja
2016/2017	Soja
Inverno 2017	Pousio restos culturais soja
2017/2018	Arroz (Experimento V)

O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada bloco foi constituído de 24 parcelas de 7 m², constituídas de quatro linhas de 5 m lineares, com espaçamento de 0,35 m entre linhas, em Latossolo Vermelho. As populações iniciais de *P. zae* foram quantificadas em 100 cm³ de solo, por meio de uma amostra composta obtida de cinco pontos aleatórios dentro de cada parcela. As populações iniciais revelaram *P. zae* como a espécie predominante em quase todas as parcelas,

e apenas em duas parcelas, uma no Bloco I e outra no Bloco III foi detectado *P. brachyurus* (1 e 3 indivíduos/100 cm³ de solo, respectivamente); e apenas no Bloco IV em uma parcela foi detectado *Meloidogyne* sp. (4 indivíduos/100 cm³ de solo). O delineamento estatístico foi organizado em arranjo fatorial (8x3), onde os tratamentos foram constituídos de oito genótipos de arroz AN Cambará; BRS Esmeralda; CMG 1590; BRS A 501 CL; BRS Sertaneja; AB 092002; AB 092014 e AB 112335 e três tratamentos-controle (sem controle nematicida; nematicida cadusafós no sulco e nematicida imidacloprido + tiodicarbe via semente). As populações médias iniciais, em 100 cm³ de solo, nas parcelas, variaram de 0 a 330 de *P. zaeae*. Os genótipos de arroz não tratados (Testemunha) foram sorteados nas parcelas onde *P. zaeae* foi detectado em níveis mais elevados. Nas parcelas onde os níveis de *P. zaeae* foram baixos ou zero, os genótipos foram sorteados para aplicação dos nematicidas. As avaliações de quantificação de *P. zaeae* no solo e nas raízes foram realizadas na época do florescimento, quando amostras de solo e raízes de dez plantas de cada parcela foram processadas de acordo com as metodologias de Jenkins (1964) e Coolen e D'Herde (1972) modificado, respectivamente, e a contagem realizada em câmara de Peter sob microscópio óptico. Os dados de produtividade (kg ha⁻¹) foram coletados no final do ciclo das linhagens e cultivares de arroz.

Para as análises estatísticas, os dados das variáveis peso de raízes (g) e produtividade (kg ha⁻¹) foram submetidos à Anova e à distribuição normal, e o teste de Scott Knott a 5% foi aplicado para comparação das médias. Porém, para as demais variáveis, foi considerada a distribuição de Poisson (Modelos Lineares Generalizados).

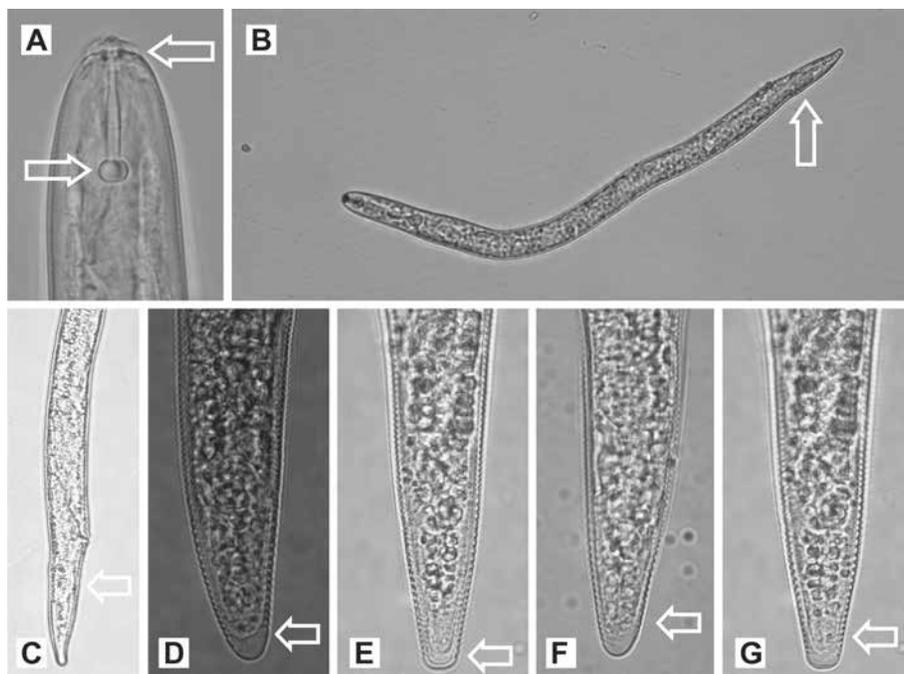
Resultados e Discussão

Levantamento das espécies de nematoides-das-lesões-radiculares (*Pratylenchus* spp.) associadas à cultura do arroz, soja, milho e feijão em plantios do Brasil Central

Identificação morfológica e morfométrica *Pratylenchus* spp.

As populações de *Pratylenchus* spp. oriundas de diferentes municípios não foram anfimíticas, apresentando ausência de machos. Foram identificadas

inicialmente todas as populações como *P. brachyurus* e *P. zaeae*. Os principais caracteres morfológicos para a identificação de *P. brachyurus* foram: região labial angulosa, sendo a região labial mais estreita que o diâmetro do corpo; estilete com nódulos basais esféricos; posição da vulva mais próxima ao final do corpo; espermateca sem espermatozoides (não funcional); e cauda hemisférica com término liso, com algumas variações (Figura 2). Os principais caracteres morfológicos para identificação de *P. zaeae* foram: região labial contínua com a linha do corpo; estilete com nódulos basais mais achatados; posição da vulva mais próximo da região central do corpo; espermateca sem espermatozoides (não funcional); cauda subaguda, apresentando variações (Figura 3).



Fotos: Raiany Lima de Sousa

Figura 2. Principais caracteres morfológicos para identificação de *Pratylenchus brachyurus*. Fotomicrografia da região labial com os anéis da região labial mais estreitos que o diâmetro do corpo, exibindo o estilete com nódulos basais esféricos (seta) (A). Fotomicrografia da fêmea, exibindo a posição da vulva mais na posição terminal do corpo (seta) (B). Saco pós-uterino (seta) (C). Cauda hemisférica com término liso, característica da espécie (D). Variação na forma da cauda (E, F e G).

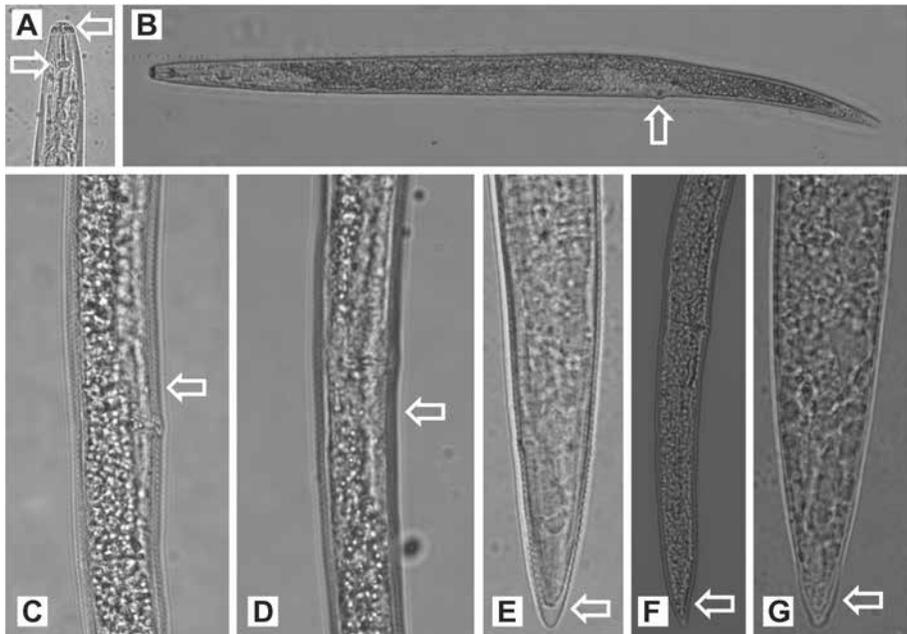


Figura 3. Principais caracteres morfológicos para identificação de *Pratylenchus zeae*. Fotomicrografia da região labial com os anéis contínuos ao diâmetro do corpo e nódulos do estilete mais achatados (setas) (A). Fotomicrografia da fêmea, indicando a posição da vulva mais próxima ao meio do corpo (seta) (B). Fotomicrografia da espermateca não funcional arredondada (seta) (C). Saco pós-uterino (seta) (D). Cauda subaguda com término liso predominante na espécie (E). Variações na forma da cauda (F e G).

A análise de componentes principais auxiliou na seleção das variáveis de maior contribuição sobre a variabilidade dos caracteres. Os eixos x e y , denominados componentes principais, puderam ser vistos como “supervariáveis”, construídas pela combinação da correlação entre as variáveis. Esses eixos foram extraídos em ordem decrescente de importância, de acordo com sua contribuição para a variação total dos dados. Os componentes principais, dispostos num espaço de duas dimensões, representaram a variabilidade suficiente que pudesse indicar algum padrão a ser interpretado. A análise morfométrica das populações de *P. brachyurus* e *P. zeae* realizada com base nos caracteres de comprimento do corpo, distância da região labial à vulva, comprimento da cauda, maior largura do corpo, largura do corpo na região anal, comprimento do esôfago e comprimento do estilete evidenciou a pureza

das populações classificadas inicialmente com base nos caracteres morfológicos principais das espécies.

A análise multivariada de componentes principais (ACP) para as variáveis comprimento do corpo, comprimento do estilete, variável (a) (comprimento do corpo/maior largura do corpo) e variável (b') (comprimento do corpo/comprimento do esôfago) permitiu explicar em torno de 76,68% a variabilidade entre as populações de *P. brachyurus* (Figura 4). Porém, as variáveis comprimento do corpo, variável (b'), variável (c) (comprimento do corpo/comprimento da cauda) e V% = (distância da região labial à vulva como porcentagem do comprimento total do corpo) explicaram em torno de 70,8% a variabilidade entre as populações de *P. zeae* (Figura 5). Entretanto, as variáveis comprimento do corpo, comprimento do estilete, variável (a) e V% foram suficientes em torno de 90,76% para explicar a variabilidade entre todos os indivíduos medidos de *P. brachyurus* e *P. zeae*, separando todos os indivíduos em dois grupos distintos (Figura 6).

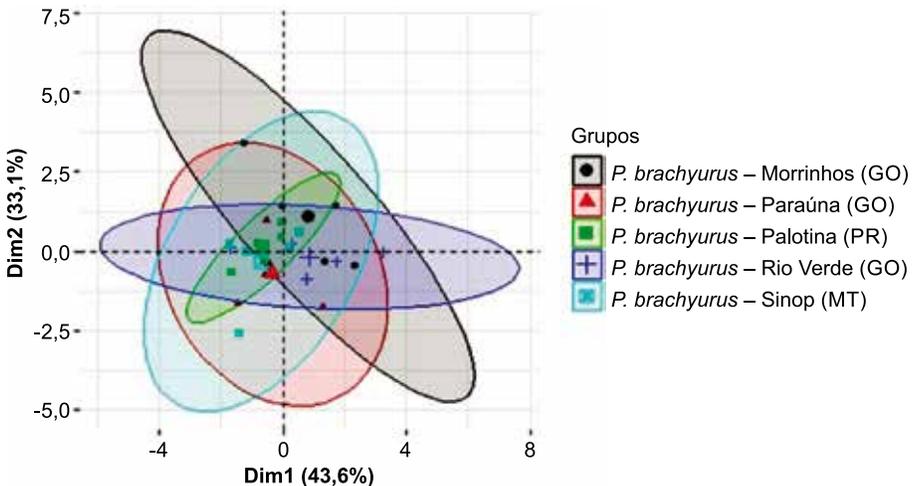


Figura 4. Análise multivariada utilizando componentes principais (ACP) para as variáveis: comprimento do corpo, comprimento do estilete, variável (a) (comprimento do corpo/maior largura do corpo) e variável (b') (comprimento do corpo/comprimento do esôfago), para cinco populações de *Pratylenchus brachyurus*.

Com a aplicação do intervalo de confiança de 95% aos parâmetros que foram mais eficientes em separar os dois grupos, podemos afirmar com

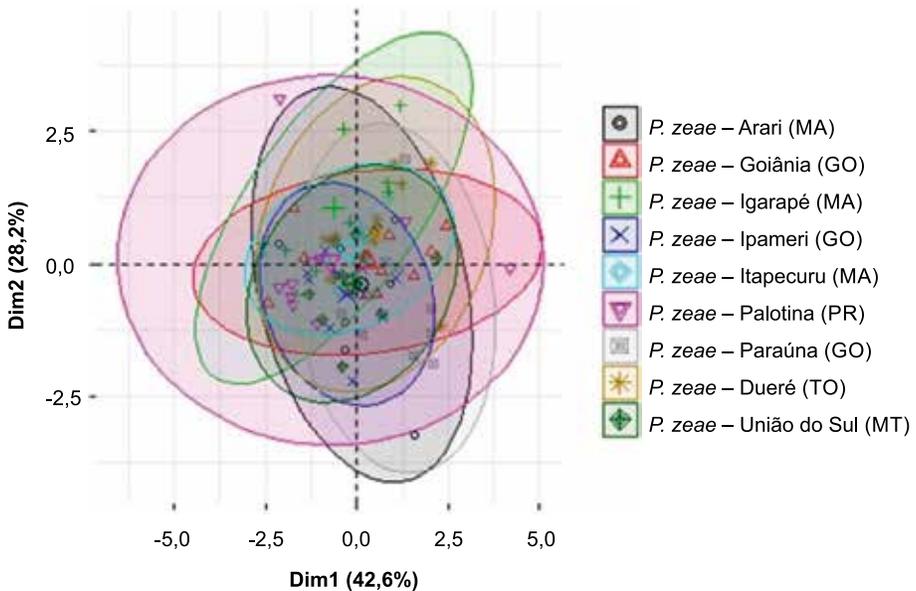


Figura 5. Análise multivariada utilizando componentes principais (ACP) para as variáveis: comprimento do corpo, variável (b'), variável (c) (comprimento do corpo/comprimento da cauda) e V% = distância da região labial à vulva como porcentagem do comprimento total do corpo, para sete populações de *Pratylenchus zaeae*.

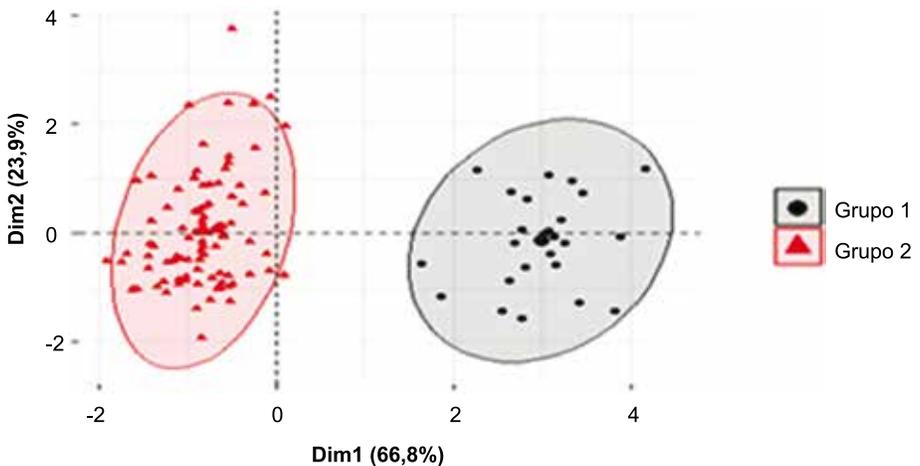


Figura 6. Análise multivariada utilizando componentes principais (ACP) para as variáveis: comprimento do corpo, comprimento do estilete, variável (a) e V%, para sete populações de *Pratylenchus zaeae* e cinco populações de *Pratylenchus brachyurus*, mostrando a separação em dois grupos distintos.

segurança que as médias obtidas de comprimento do corpo, comprimento do estilete, variável (a) e V% são representativas para as espécies *P. brachyurus* e *P. zae* e estão dentro dos limites inferiores e superiores estimados.

Os resultados encontrados neste estudo foram coerentes com os levantamentos realizados por vários autores que destacaram *P. zae* e *P. brachyurus* como as espécies de ocorrência mais frequente e associadas à cultura do arroz no mundo (Sancho; Salazar, 1985; Coyne et al., 2000; Carvajal, 2006; Medina et al., 2009; Guzmán-Hernández et al., 2011; Pascual et al., 2014; Gilces et al., 2016). São poucos os relatos no Brasil de *P. brachyurus* parasitando a cultura do arroz.

Espécies de *Pratylenchus* são difíceis de serem separadas, graças à sua similaridade e variabilidade na morfologia dentro da espécie, embora o gênero seja facilmente reconhecível. A identificação adequada de espécies de *Pratylenchus* pode ser ainda mais confusa quando se tem uma população composta por juvenis, que possuem poucos caracteres diagnósticos. Vários estudos demonstraram a grande variabilidade de caracteres morfológicos de espécies de *Pratylenchus* (Godfrey, 1929; Loof, 1960; López; Salazar, 1988; Gonzaga, 2006; Castillo; Vovlas, 2007; Machado et al., 2015). Por exemplo, as variações em nosso estudo para a extremidade da cauda de *P. brachyurus* também foram observadas na descrição original dessa espécie, então denominada *Tylenchus brachyurus*. Cinco tipos de formas de cauda foram diferenciados posteriormente em oito fêmeas examinadas por Román e Hirschmann (1969) e Tarjan e Frederick (1978). É relatado que variações morfológicas e morfométricas podem ser causadas por mudanças nas condições ambientais. Olowe e Corbett (1984) relataram que fatores ambientais podem afetar alguns caracteres de *P. brachyurus*, como os oriundos do comprimento do corpo e do comprimento do estilete. Este fato foi neste estudo também observado para as variáveis: comprimento do corpo, comprimento do estilete, variável (a), variável (b'), as quais apresentaram grande variabilidade entre as populações de *P. brachyurus*. Entretanto, essa variabilidade pode ser explicada pela análise dos componentes principais (76,68%), e pode ser aceita estatisticamente por se tratar de populações da mesma espécie, ou seja, de *P. brachyurus*. Por sua vez, López e Salazar (1988), ao estudar as características morfológicas e morfométricas de populações de *P. zae* na Costa Rica, selecionaram o comprimento do estilete e a posição da vulva (V%) como as características mais estáveis entre as populações. Em nosso

estudo para *P. Zeae*, essas observações foram semelhantes entre as populações brasileiras apenas no que diz respeito à característica comprimento do estilete, sendo observada grande variabilidade na posição da vulva (V%).

Segundo Fortuner e Quénéhervé (1980), diferentes hospedeiros ou cultivares podem influenciar os valores morfométricos das populações de nematoides. Estudos realizados por Machado et al. (2015) sobre morfometria entre populações de *P. brachyurus* obtidas de diferentes hospedeiros e localidades do Brasil e da Bolívia, com base em análise de seis caracteres morfométricos, tais como comprimento do corpo, comprimento do estilete, variável "a", variável "b", variável "c" e V%, indicaram variações entre as populações brasileiras e também entre aquelas de áreas geográficas distantes. Os autores, por meio de uma análise multivariada de agrupamento e similaridade, separaram cinco grupos de *P. brachyurus*: Grupo 1 (população oriunda de campo de milho na Bolívia); Grupo 2 (população oriunda de campo de leucena na Bolívia); Grupo 3 (sete populações do Brasil), coletadas de quiabo, abacaxi, algodão, soja e plantas daninhas; Grupo 4 (duas populações oriundas de campo de algodão no Mato Grosso); e Grupo 5 (duas populações oriundas de campos de algodão da Bahia e de Mato Grosso, respectivamente).

Em nosso estudo as populações de *P. brachyurus* e *P. zae* foram obtidas de plantas de arroz, soja, milho e feijão. Entretanto, com base na análise de componentes principais (ACP), as variáveis comprimento do corpo, comprimento do estilete, variável (a) e V%, embora selecionadas como as características de maior variabilidade entre as populações de ambas espécies, permitiram separar os indivíduos medidos como *P. brachyurus* e *P. zae*, em dois grupos distintos.

Identificação molecular das espécies de *Pratylenchus*

O gênero *Pratylenchus* apresenta certas dificuldades na identificação de espécies, pois muitas características morfométricas e morfológicas são comuns entre elas. A identificação de espécies de *Pratylenchus* é tarefa importante porque as populações encontradas em amostras de solo são tipicamente uma mistura de mais de uma espécie que pode variar em agressividade (Dickerson et al., 1964; Griffin, 1991; France; Brodie, 1996). O uso de técnicas moleculares para a identificação de espécies de *Pratylenchus* é cada vez mais comum e oferece grande potencial para identificar indiví-

Na Tabela 3, foram listadas todas as espécies detectadas e identificadas via caracteres morfológicos, morfométricos e molecular. Todas as populações obtidas neste levantamento, estão sendo mantidas em nitrogênio líquido, em cultura de tecido em cilindros de cenoura e em plantas de cana-de-açúcar em casa de vegetação para estudos de patogenicidade, agressividade, danos e seleção de fontes de resistência em genótipos de arroz.

Tabela 3. Espécies de *Pratylenchus* identificadas nas 16 localidades amostradas nos estados do Maranhão, Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais e Paraná.

Município/Estado	Cultura	Espécie
Sinop, MT	Arroz/Soja	<i>P. brachyurus</i> e <i>P. zeae</i>
União do Sul, MT	Arroz	<i>P. brachyurus</i> e <i>P. zeae</i>
Lucas de Rio Verde, MT	Arroz	<i>P. brachyurus</i> e <i>P. zeae</i>
Arari, MA	Arroz	<i>P. zeae</i>
Itapecuru Mirim, MA	Arroz	<i>P.zeae</i>
Igarapé, MA	Arroz	<i>P. zeae</i>
Dueré, TO	Arroz	<i>P. zeae</i>
Paraúna, GO	Soja/Feijão	<i>P. brachyurus</i> e <i>P. zeae</i>
Ipameri, GO	Soja	<i>P. zeae</i>
Rio Verde, GO	Soja/Milho	<i>P. brachyurus</i>
Morrinhos, GO	Soja/Milho	<i>P. brachyurus</i>
Goiânia, GO	Soja	<i>P. brachyurus</i> e <i>P. zeae</i>
Cristalina, GO	Soja/Feijão	<i>P. brachyurus</i> e <i>P. zeae</i>
Buritis, MG	Soja/Milho	<i>P. brachyurus</i>
Formoso, MG	Soja/Milho	<i>P. brachyurus</i> e <i>P. zeae</i>
Palotina, PR	Soja/Feijão	<i>P. brachyurus</i> e <i>P. zeae</i>

Esses resultados corroboram com os encontrados por Fortuner e Quénéhervé (1980), Olowe e Corbet (1984) e Machado et al. (2015), quando afirmaram a existência de grande variabilidade nos caracteres morfológicos e morfométricos na mesma espécie do gênero *Pratylenchus*, o que justifica, em casos mais complexos, a identificação mais apurada por meio de técnicas moleculares com primers específicos da espécie a confirmar.

Avaliação da patogenicidade e níveis de danos de *Pratylenchus* spp. na cultura do arroz de sequeiro

Experimento I. Pré-seleção de genótipos de arroz quanto à hospedabilidade a *Pratylenchus zeae* em condições de casa de vegetação

As raízes das plantas colhidas mostraram-se necrosadas, apodrecidas e pouco desenvolvidas. Os resultados obtidos em casa de vegetação confirmaram a boa hospedabilidade dos genótipos de arroz a *P. zeae* (Tabela 4). A análise multivariada de agrupamento e similaridade classificou os genótipos em dois grupos. No Grupo 2, a cultivar de sorgo BRS 655 (testemunha suscetível) foi semelhante às linhagens e cultivares de arroz AN Cambará, BRS Esmeralda, BRS Sertaneja, AB 092002 e AB 112335, comportando-se como as melhores multiplicadoras de *P. zeae*. Entretanto, no Grupo 1, a cultivar BRS A 501 CL e as linhagens CMG 1590 e AB 092014 foram boas multiplicadoras também à semelhança do milho 'BRS 4103' (testemunha suscetível). Portanto, todos os genótipos de arroz foram excelentes hospedeiros de *P. zeae*.

Apesar da escassez de trabalhos que visam estudar a reação do arroz aos nematoides-das-lesões-radiculares, diversos autores citam a cultura como suscetível a este parasita (Fortuner; Merny, 1979; Ferraz, 1999; Nematodes..., 2004; Castillo; Vovlas, 2007; Goulart, 2008). Em trabalho com arroz, Plowright et al. (1990) classificaram a cultivar Upl Ri-5 como suscetível a *P. zeae*, porém, as variedades Kinandang e IR36 foram caracterizadas como relativamente resistentes em comparação com a reprodução média do nematoide nas demais cultivares estudadas. Em outro trabalho, Plowright et al. (1999) verificaram a alta suscetibilidade da cultura do arroz a *P. zeae* quando avaliaram a reação de cultivares de *Oryza glaberrima* Steud e *O. sativa* Linnaeus, bem como sua progênie. Esses autores observaram que todos os materiais foram suscetíveis ao nematoide.

Contudo, há poucas informações, no Brasil, a respeito da reação dos diferentes genótipos de arroz em relação aos nematoides-das-lesões-radiculares. Existem várias cultivares recomendadas para o sistema de cultivo de sequeiro, porém a base genética entre elas é estreita (Guimarães et al., 1996; Montalván et al., 1998), o que, segundo o melhoramento genético, expõe a cultura à vulnerabilidade em relação a novas pragas e patógenos, além de dificultar a obtenção de materiais com alta produtividade (Silva et al., 1999). Dessa forma, considerando a importância da cultura do arroz para o

Tabela 4. Avaliação da hospedabilidade de linhagens e cultivares de arroz em relação a *Pratylenchus zeae* em condições de casa de vegetação.

Genótipo	Peso raiz ⁽¹⁾	P. zeae 200 cm ³ de solo ⁽¹⁾	P. zeae raiz ⁽¹⁾	P. zeae solo total ⁽¹⁾	População total ⁽¹⁾	Fator de reprodução ⁽¹⁾	Cluster ⁽²⁾
Milho BRS 4103	38,42	0,00	5.507,95	0,00	5.507,95	27,54	1
Sorgo BRS 655	26,94	129,50	8.043,12	1.295,00	9.338,12	46,69	2
AB 112335	36,90	15,00	7.528,95	150,00	7.678,95	38,39	2
AB 092014	23,05	72,75	3.881,83	727,50	4.609,33	23,04	1
AB.092002	33,86	33,00	7.350,18	330,00	7.680,18	38,40	2
CGM 1590	25,42	20,00	4.649,10	200,00	4.849,10	24,24	1
BRS Sertaneja	29,63	52,50	7.092,90	525,00	7.617,90	38,09	2
BRS Esmeralda	35,34	118,50	7.074,78	1.185,00	8.259,78	41,30	2
AN Cambará	26,00	51,00	8.542,35	510,00	9.052,35	45,26	2
BRS A501 CL	16,65	28,25	3.553,75	282,50	3.836,25	19,18	1

⁽¹⁾ Dados médios de cinco repetições. ⁽²⁾ Médias seguidas da mesma numeração foram agrupadas em um único cluster pela análise multivariada de agrupamento e similaridade de Ward.

mundo e em especial para o Brasil, a Embrapa Arroz e Feijão vem desenvolvendo, ao longo dos anos, um grande número de cultivares com resistência e tolerância às doenças de maior importância econômica de causas fúngicas, bacterianas e viróticas.

No Brasil, o cultivo de arroz vem se tornando uma prática comum, em especial, sob condições de sequeiro, na região do Cerrado (Crusciol et al., 1999a). Nessa região comumente cultiva-se milho, soja, algodão, milheto e outras gramíneas, em sistema de integração lavoura-pecuária, as quais também são altamente suscetíveis a *P. zae* (Monteiro, 1963; Jordaan et al., 1989; Guimarães, Stone, 2004). Assim, é preciso estar em alerta para que a população do nematoide não atinja níveis que causem danos econômicos a outras culturas, uma vez que o cultivo de milho e arroz favorece o rápido aumento da população de *P. zae* (Aung et al., 1988, 1990).

O controle de *Pratylenchus* spp. é uma tarefa difícil, e a falta de nematocidas adequados (eficientes e de baixa toxicidade) tem atraído a atenção de pesquisadores para métodos alternativos de controle, em que o uso de cultivares resistentes ou tolerantes se constitui a medida mais eficaz e econômica para reduzir populações sem risco de danos econômicos (Ferraz, 1999; Castillo; Vovlas, 2007). Porém, não existem ainda cultivares resistentes a espécies de *Pratylenchus* para as principais culturas utilizadas no sistema agrícola do Cerrado. No caso de altas infestações de *P. zae* e *P. brachyurus*, alguns cuidados de manejo precisam ser adotados, principalmente na escolha de espécies vegetais resistentes ou não hospedeiras, que possam reduzir a população inicial dos nematoides no solo. A depender dos níveis altos de infestação, práticas de manejo mais drásticas precisam ser adotadas, como a opção de inserir o arroz alagado no sistema de rotação de culturas, a fim de reduzir a população dos nematoides graças à anaerobiose, possibilitando, inclusive, o cultivo de cultivares suscetíveis em solos infestados com *P. zae* (Matute; Anders, 2012).

Experimento II. Avaliação de patogenicidade de populações de *Pratylenchus zae* em genótipos de arroz em condições de casa de vegetação

Por meio da análise de variância – Anova ($P \leq 0,05$), foi verificado o efeito significativo entre os genótipos de arroz e as populações de *P. zae*.

Com base nos valores de fator de reprodução, observou-se que houve uma diferença na capacidade reprodutiva das populações mesmo em relação às plantas utilizadas como testemunha de suscetibilidade (Tabela 5). A cultivar de milho BRS 4103 destacou-se entre as testemunhas com maiores valores de fator de reprodução para a maioria das populações de *P. zea* avaliadas, assim como a cultivar de sorgo BRS 655 foi melhor na multiplicação das populações do que a cultivar de sorgo BRS 511. Quanto às linhagens AB 092002 e AB 092014 e a cultivar BRS Sertaneja de arroz, os fatores de reprodução foram elevados, semelhantes aos da cultivar de milho BRS 4103, utilizada como padrão de suscetibilidade, o que demonstra ser a cultura do arroz bastante suscetível a *P. zea*. Com base nos valores de reprodução ($FR > 1$ – reprodução (suscetíveis); $FR < 1$ – não reprodução (resistentes) e $FR = 0$ – não reprodução (imunes), pode-se afirmar que a maioria das populações de *P. zea* foram patogênicas aos genótipos testados, à exceção da população *P. zea* (Paraná), que se mostrou patogênica apenas ao milho 'BRS 4103' e à linhagem de arroz AB 092014, e imune à cultivar BRS Sertaneja. Considerando os valores de fator de reprodução de cada população entre os genótipos avaliados, podem-se classificar, de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, as populações com alta reprodução, as de União do Sul, MT, Itapecuru, MA, Ipameri, GO, e Paraúna, GO; com moderada reprodução as de Arari, MA, e Igarapé, MA; e com baixa reprodução a de Palotina, PR.

Diferenças em agressividade entre populações da mesma espécie de *Pratylenchus* é um fato bastante relatado na literatura (Silva; Inomoto, 2002). Machado et al. (2007a, 2007c), Siqueira (2007) e Siqueira e Inomoto (2008) demonstraram a existência de variação de agressividade em populações de *P. brachyurus* no Brasil, para cultivares de algodoeiro, forrageiras e feijoeiro caupi. Bisognin (2017), em levantamento de *Pratylenchus* spp. na cultura da cana-de-açúcar, caracterizou por meio de análises de morfologia e morfometria 100% de *P. zea* em todas as amostras coletadas. Em apenas uma amostra coletada no município de Caxias do Sul, RS, a espécie *P. brachyurus* estava associada a *P. zea*. Posteriormente, o mesmo autor avaliou em casa de vegetação a agressividade de quatro populações, sendo três populações de *P. zea*, provenientes de Crissiumal, Pelotas e Caxias do Sul, RS, e uma população de *P. brachyurus* proveniente de Porto Xavier, RS, as quais foram inoculadas em dois genótipos de cana-de-açúcar suscetíveis

Tabela 5. Fator de reprodução de sete populações de *Pratylenchus zeae* oriundas do Cerrado brasileiro em três genótipos de arroz e plantas testemunhas de suscetibilidade.

Genótipo	P. zeae		P. zeae		P. zeae		P. zeae		P. zeae		P. zeae	
	União do Sul, MT	Arari, MA	Itapecuru, MA	Ipameri, GO	Igarapé, MA	Paraúna, GO	Palotina, PR					
Milho BRS 4103	18,09 Aa ⁽¹⁾	23,80 Aa	17,60 Aa	23,48 Aa	6,35 Bb	10,86 Ab	1,69 Bc					
Sorgo BRS 511	1,79 Ba	1,15 Ca	0,86 Cb	1,73 Ba	2,25 Ba	2,08 Ba	0,08 Bb					
Sorgo BRS 655	6,28 Ba	2,13 Cb	4,56 Ba	7,75 Ba	1,86 Bb	5,49 Ba	0,13 Bc					
AB 09Z002	16,01 Aa	0,97 Cc	7,71 Bb	35,73 Aa	15,94 Aa	24,24 Aa	0,86 Bc					
AB 09Z014	16,00 Aa	7,35 Bb	11,30 Aa	13,21 Aa	11,33 Aa	18,35 Aa	3,31 Ab					
BRS Sertaneja	16,36 Aa	8,55 Bb	6,59 Bb	19,36 Aa	6,15 Bb	7,63 Bb	0,00 Cc					
CV (%)	12,89											

⁽¹⁾Dados médios de cinco repetições. Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal e mesma letra maiúscula na vertical não diferem pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

a *P. zeae*. O autor concluiu que todas as populações se reproduziram em ambas as cultivares de cana-de-açúcar, apresentando $FR > 1$, demonstrando níveis de agressividade distintos, os quais influenciaram negativamente em alguns parâmetros de desenvolvimento da planta, sendo os mais afetados o diâmetro do colmo e a massa fresca de raiz.

Experimento III. Avaliação do nível de dano em plantas de arroz causado por *Pratylenchus zeae* em condições de casa de vegetação

Mediante análise de variância Anova ($P \leq 0,05$), foi observado efeito significativo entre genótipos de arroz e inóculo inicial (P_i). Com a aplicação do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, houve diferença entre as médias das variáveis avaliadas (Tabelas 6 e 7). A comparação do desenvolvimento das plantas de arroz durante os primeiros 90 dias entre as linhagens AB 092002 e AB 092014 – ambas suscetíveis a *P. zeae*, submetidas a diferentes níveis de inóculo inicial (P_i) – evidenciou que a linhagem AB 092002 foi mais sensível ao parasitismo por *P. zeae* do que a linhagem AB 092014, em especial ao nível $P_i = 9.000$. As diferenças entre as alturas de plantas e os números de perfilhos entre genótipos foram inerentes a cada linhagem. Entretanto, ao comparar os níveis de inóculo (P_i), dentro de cada linhagem, o nível populacional ($P_i = 9.000$) afetou a altura das plantas e o número de perfilhos em todas as épocas de avaliação após a inoculação em plantas da linhagem AB 092002 (dados não mostrados), porém não foram verificadas diferenças em altura das plantas na linhagem AB 092014, em todos os níveis de P_i . O número de perfilhos nessa linhagem somente foi afetado aos 90 dias da inoculação nos níveis $P_i = 6.000$ e 9.000 .

Ao final de 120 dias da inoculação, as plantas colhidas foram avaliadas. Foi observado também para a linhagem AB 092002 que os parâmetros de peso fresco e seco da parte aérea e peso de raízes foram bastante afetados em comparação à linhagem AB 092014, o que não evidenciou nenhum dano nas variáveis peso fresco e seco da parte aérea, à exceção do peso de raízes em plantas inoculadas com nível $P_i = 9.000$. Danos expressos em porcentagem de redução sobre o desenvolvimento dos genótipos de arroz foram observados quando submetidos a diferentes níveis de inóculo inicial em comparação a plantas não inoculadas (Tabelas 6 e 7). Em relação à multiplicação de *P. zeae*, esta foi maior na linhagem AB 092002 do que na

Tabela 6. Altura média das plantas (cm) e número médio de perfilhos em plantas das linhagens de arroz AB 092002 e AB 092014 aos 90 dias da inoculação com cinco níveis de inóculo de *Pratylenchus zaei* em condições de casa de vegetação, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em 2018⁽¹⁾.

Linhagem	Inóculo inicial (<i>P. zaei</i>)	Altura média das plantas (cm) ⁽¹⁾	Nº de perfilhos ⁽¹⁾
AB 092002	0	80,23 A	8,53 A
	1.000	80,49 A	7,17 A
	3.000	81,22 A	7,89 A
	6.000	82,63 A	7,67 A
	9.000	74,60 B (7,01%)	5,39 B (36,81%)
AB 092014	0	69,55 A	7,35 A
	1.000	68,57 A	7,03 A
	3.000	68,31 A	6,42 A
	6.000	69,07 A	5,17 B (29,65%)
CV (%)	9.000	71,91 A	5,07 B (31,02%)
		10,35	8,46

⁽¹⁾Dados médios de quatro repetições. Valores entre parênteses (percentagem de redução). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na vertical dentro de cada linhagem não diferem entre si pelo teste de Scott knott a 5% de probabilidade.

linhagem AB 092014, com fatores de reprodução entre (250,02 a 935,76) e (67,32 a 246,89) respectivamente. Na linhagem AB 092002, populações médias de 44.905,55 de *P. zaei* nas raízes foram associadas a danos nas raízes quando plantas foram submetidas a populações de $P_i = 1.000$. Fato este também observado na linhagem AB 092014, em que populações semelhantes de 46.338,50 somente foram detectadas causando danos nas raízes quando plantas foram submetidas a $P_i = 9.000$.

Plowright et al. (1990) verificaram em condições de estufa que plantas de arroz submetidas a populações iniciais de 630 e 3.000 de *P. zaei* por 100 cm³ de solo mostraram redução significativa na taxa de crescimento e perfilhamento, além de apresentarem sistemas radiculares atrofiados, com redução de 40% a 60% no peso da raiz. Populações de P_i (1.000, 3.000, 6.000 e 9.000) de *P. zaei* em casa de vegetação neste trabalho foram causadoras de reduções consideráveis sobre os pesos de raízes nas plantas da linhagem AB 092002, com destaque maior aos demais parâmetros em $P_i = 9.000$. Entretanto, na linhagem AB 092014 essas reduções foram

Tabela 7. Peso fresco e seco médio das partes aéreas das plantas (g), peso médio total das raízes, número médio de *P. zeae* nas raízes e no solo e fator de reprodução (FR) em plantas das linhagens de arroz AB 092002 e AB 092014 aos 120 dias da inoculação com cinco níveis de inóculo de *Pratylenchus zeae* em condições de casa de vegetação na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em 2018.

Linhagem	Inóculo inicial (<i>P. zeae</i>)	Peso fresco da parte aérea (g) ⁽¹⁾	Peso seco da parte aérea (g) ⁽¹⁾	Peso total da raiz ^(1,2)	Nº de <i>P. zeae</i> na raiz ^(1,2)	Nº de <i>P.</i> <i>zeae</i> no solo ^(1,2)	FR ⁽¹⁾
AB 092002	0	61,28 A	20,85 A	103,56 A	0,00 D	0,00 C	-
	1.000	61,48 A	20,81 A	84,02 B (18,86%)	44.905,77 C	100,00 B	45,00
	3.000	63,60 A	22,17 A	73,50 C (29,02%)	101.779,80 B	470,00 A	34,08
	6.000	57,31 A	20,28 A	78,61 C (24,09%)	100.688,45 B	410,00 A	16,84
	9.000	49,30 B (19,54%)	17,32 B (16,93%)	59,24 D (42,79%)	194.157,88 A	915,00 A	21,67
AB 092014	0	46,42 A	19,62 A	32,44 A	0,00 C	0,00 C	-
	1.000	52,00 A	19,71 A	31,45 A	12.594,60 B	870,00 B	13,46
	3.000	46,43 A	19,51 A	28,21 A	30.770,00 A	890,00 B	10,55
	6.000	54,66 A	20,73 A	29,25 A	21.496,65 B	1.150,00 B	3,77
CV%	9.000	51,08 A	20,73 A	19,92 B (38,59%)	46.338,50 A	3.040,00 A	5,4
		9,51	8,94	7,45	16,42	57,33	

⁽¹⁾ Os dados são médias de quatro repetições. Valores entre parênteses (percentagem de redução). ⁽²⁾ Para análise e comparação de médias, os dados foram transformados em \sqrt{x} . Médias seguidas da mesma letra maiúscula na vertical dentro de cada linhagem não diferem estatisticamente pelo teste de Scott knott a 5%.

apenas observadas em P_i (6.000 e 9.000) no parâmetro número de perfilhos e $P_i = 9.000$ sobre peso de raízes. Essas observações confirmaram os relatos de Sahoo e Sahu (1993) quando estes observaram reduções na altura de plantas, peso fresco da parte aérea e peso de raízes em plantas de arroz inoculadas com 10.000 *P. zaeae* em casa de vegetação. Prasad e Rao (1988) também observaram em condições de estufa que inóculo inicial de 5.000 de *P. indicus* foi capaz de causar morte de plantas após 10 dias da inoculação e que a densidade populacional inicial de 500 de *P. indicus* afetou o desenvolvimento em altura das brotações, o crescimento radicular, o número de perfilhos, a produtividade de grãos por planta, a massa seca da parte aérea e o peso fresco das raízes.

Normalmente o dano às raízes, e possível morte eventual das plantas, torna-se óbvio a partir de 30 a 40 dias após a germinação quando populações de *P. zaeae* encontram-se elevadas na fase inicial de plantio (Plowright et al., 1990). Entretanto, não há evidências de que tais densidades elevadas, equivalentes às usadas neste trabalho no experimento de casa de vegetação, ocorram no campo.

Experimento IV. Avaliação do nível de dano e perda na produção de arroz causados por *Pratylenchus zaeae* em condições de campo

O tratamento químico apresentou menores populações de *P. zaeae* por grama de raízes em 100 cm³ de solo, em todas as cultivares e linhagens de arroz avaliadas, quando comparadas às populações onde não foram aplicados nematicidas (testemunha), porém sendo observadas diferenças na densidade da população de *P. zaeae* entre os tratamentos com nematicidas (Tabela 8). Os tratamentos sem nematicidas (testemunha) evidenciaram que *P. zaeae* pode causar danos nas raízes (g) e perda de produtividade do arroz (kg ha⁻¹) entre 3,38% e 30,45%, a depender do genótipo utilizado ($P \leq 0,05$). O uso de nematicidas melhorou de 3,55% a 43,79% a produtividade (kg ha⁻¹) nos genótipos com maior percentagem de perda, porém não influenciaram em aumentos de produtividade nos genótipos onde não foram observadas perdas ($P \leq 0,05$).

Foi observado que níveis populacionais de *P. zaeae* no sistema radicular em genótipos de arroz não podem ser indicativos de perda de produtividade (kg ha⁻¹). Perdas foram quantificadas em níveis variados de populações nos

Tabela 8. Avaliação de danos e perdas em genótipos de arroz causadas por *Pratylenchus zeae* em condições de campo. Embrapa Arroz e Feijão. Safra 2017/2018.

Genótipo	Tratamento	Peso raiz (g) ⁽¹⁾	P. zeae		P. zeae 100 cm ³ de solo ⁽¹⁾	Produtividade ⁽¹⁾ (kg ha ⁻¹)	Potencial produtivo (kg ha ⁻¹)	Perda (%)	Aumento (%)
			Total/Raiz ⁽¹⁾	g/Raiz ⁽¹⁾					
AN Cambará	Testemunha	33,82 a	8,372,47	247,56 a	1,301,25 a	3,359,50 a	-	-	
	Cropstar	31,82 a	2,734,99	85,95 b	822,00 b	2,854,25 a	5,500	-	
	Rugby	32,57 a	1,168,74	35,88 c	400,00 c	3,376,00 a	-	-	
BRS Esmeralda	Testemunha	32,65 b	11,299,96	346,09 a	893,75 a	4,310,25 b	-	-	
	Cropstar	45,05 a	6,817,46	151,33 b	787,50 b	4,463,50 b	9,206	3,38	
	Rugby	51,71 a	8,132,48	157,27 b	540,25 c	5,118,25 a	-	15,78	
CMG 1590	Testemunha	37,89 b	11,146,93	294,19 a	772,00 a	3,794,00 b	-	-	
	Cropstar	42,40 a	5,416,09	127,73 c	700,00 a	4,516,50 a	9,685	15,98	
	Rugby	53,12 a	8,132,45	153,09 b	290,00 b	4,155,75 a	-	8,7	
BRS A 501 CL	Testemunha	48,46 a	8,869,14	183,02 a	1,244,50 a	4,844,75 a	-	-	
	Cropstar	54,42 a	5,915,99	108,71 c	430,25 b	4,682,75 a	8,158	-	
	Rugby	54,99 a	8,079,95	146,93 b	1,095,75 a	5,165,50 a	-	-	
BRS Sertaneja	Testemunha	38,51 b	14,109,98	366,39 a	2,524,25 a	5,217,75 b	-	-	
	Cropstar	58,36 a	11,639,96	199,45 b	1,725,00 b	5,848,50 a	7,898	10,78	
	Rugby	57,99 a	10,950,77	188,83 b	628,00 c	5,128,50 b	-	-	
AB 092002	Testemunha	38,72 b	10,727,99	277,06 a	1,378,50 a	3,302,00 c	-	-	
	Cropstar	50,20 a	9,252,96	184,32 b	323,02 c	3,863,50 b	7,892	14,53	
	Rugby	51,97 a	8,940,24	172,02 b	767,75 b	4,748,25 a	-	30,45	
AB 092014	Testemunha	39,86 a	8,131,44	204,00 a	689,00 b	4,857,00 a	-	-	
	Cropstar	40,96 a	6,517,06	159,10 b	549,00 c	4,631,75 a	8,566	-	
	Rugby	43,01 a	5,751,46	133,72 a	887,00 a	4,089,50 a	-	-	
AB 112335	Testemunha	47,92 a	19,440,37	405,68 a	1,095,50 a	4,917,50 a	-	-	
	Cropstar	55,31 a	7,087,97	128,15 c	353,75 c	4,962,25 a	7,708	-	
	Rugby	44,35 a	14,527,46	327,56 b	684,25 b	4,621,75 a	-	-	

⁽¹⁾ Para as variáveis peso de raiz (g) e produção (kg ha⁻¹) foi considerado a Anova e a distribuição Normal, e para as demais foi considerada a distribuição de Poisson (Modelos lineares generalizados). Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical dentro de cada genótipo não diferiram estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5%.

diferentes genótipos a seguir: na linhagem AB 092002 (10.727,99 *P. zaeae*/perda de 30,35%), na cultivar BRS Esmeralda (11.299,96 *P. zaeae*/perda de 15,78%), na linhagem CMG 1590 (11.146,93 *P. zaeae*/perda de 15,98%), na cultivar BRS Sertaneja (14.109,98 *P. zaeae*/perda de 10,78%), ao contrário de genótipos em que não foram verificadas perdas nas produtividades entre não tratados (testemunha) e tratados com nematicidas, tais como na cultivar AN Cambará (8.372,47 *P. zaeae*), na cultivar BRS A 501 CL (8.869,14 *P. zaeae*), na linhagem AB 092014 (8.131,44 *P. zaeae*) e na linhagem AB 112335 (19.440,37 *P. zaeae*), com destaque para esta última, onde populações mais elevadas do nematoide não causaram queda na produção.

O efeito no crescimento das plantas e na redução da produtividade geralmente está relacionado ao nível de inóculo inicial e população final de nematoides em raízes e no solo. Quanto à influência desses nematoides sobre a planta de arroz, Prasad e Rao (1978b e 1988) observaram que a espécie *P. indicus* pode causar a morte da planta em 40 a 50 dias após a germinação em solos infestados. Prasad e Rao (1978a) encontraram em condições de campo baixas densidades populacionais de *P. indicus* (3 a 16 nematoides por 100 cm³ de solo) causando danos em plantas de arroz. Os autores comentaram que em sistemas de cultivo de arroz, em que a prática de um período de pousio antes do arroz é realizada, níveis populacionais de *P. indicus* rapidamente declinam para níveis baixos. Altos níveis populacionais de *P. zaeae*, na pré-semeadura do arroz, podem afetar o estabelecimento e reduzir o rendimento mínimo no campo. Quando áreas são rotacionadas com arroz e outras culturas suscetíveis, como o milho, favorecem o aumento populacional de *P. zaeae*.

Na área experimental da Embrapa Arroz e Feijão, os baixos níveis populacionais iniciais de *P. zaeae*, detectados antes do plantio, podem ser justificados pela sequência de prática cultural adotada (pousio e restos culturais de soja – soja – pousio e restos culturais de soja – soja). Perdas de produtividade de arroz por causa de danos nas raízes, mesmo em baixos níveis populacionais iniciais de *P. zaeae*, foram relatadas (Prot; Savary, 1993). Esse fato foi comprovado no experimento de campo em que o nível mínimo inicial detectável (38–330) induziu perda na produção entre os genótipos de arroz. Contudo, nenhum sintoma visível de plantas raquíticas, amareladas, típicas de ataque por nematoides, foi observado em todos os genótipos, porém os sistemas radiculares das plantas exibiram altos índices de necroses e apodrecimentos

característicos do ataque de *Pratylenchus* spp. Resultados similares a esses foram também observados por Plowright et al. (1990), em condições de campo, com perdas na produção de cultivar de arroz suscetível, com população inicial de 0 a 111 *P. zae* por 100 cm³ de solo.

Reduções na produção da cultura do arroz em terras altas na Índia e no Paquistão têm sido atribuídas a algumas espécies de nematoides-das-lesões-radiculares, como *Pratylenchus indicus* (Prasad; Rao, 1978b) e *P. thornei* (Pankaj et al., 2012). A perda de produção por causa de populações elevadas de *P. zae*, nesse experimento de campo, foi facilmente observada quando foi realizado o controle com os nematicidas cadusafós e imidacloprido + tio-dicarbe. As perdas puderam ser revertidas em aumentos de produtividade, em genótipos mais suscetíveis afetados pelo nematoide, em especial nas cultivares BRS Esmeralda e BRS Sertaneja, e nas linhagens CMG 1590 e AB 092002. Fato esse não observado nas cultivares AN Cambará e BRS A 501 CL, e nas linhagens AB 092014 e AB 112335 igualmente suscetíveis, em que não foram verificadas quedas na produtividade nem diferenças em comparação às produtividades das plantas tratadas com nematicidas. Resultados similares foram obtidos por Plowright et al. (1990) quando estes, ao avaliarem os danos de *P. zae* sobre duas cultivares de arroz suscetíveis (Upl Ri-5 e Kinandang Patong), constataram o aumento de produtividade de 13% a 29% sobre plantas infectadas da 'Upl Ri-5' quando foram tratadas com carbofuran (doses diferentes), não sendo observado aumento de produtividade nas plantas de 'Kinandang Patong' submetidas ao mesmo tratamento com o nematicida.

Quanto aos níveis populacionais iniciais de *P. zae*, conduzidos tanto em casa de vegetação com níveis elevados, e em campo com níveis baixos, os danos e as perdas puderam ser observados e quantificados sobre o desenvolvimento e a produtividade das cultivares e linhagens avaliadas. A linhagem AB 092002 confirmou ser mais sensível e danificada por *P. zae* em ambas as condições, enquanto a linhagem AB 092014, em condições de casa de vegetação, foi afetada quando submetida a nível populacional inicial de $P_i = 9.000$, e, no campo, quando submetida a níveis iniciais baixos P_i (38–330). A linhagem AB 092014 foi tolerante a *P. zae*.

De acordo com Prot e Savary (1993), a cultura do arroz pode tolerar aproximadamente 672 *P. zae* por grama de raiz, e, acima desse nível populacional,

a produtividade da cultura pode ser gravemente afetada. Nas observações neste trabalho do experimento de campo, essa afirmativa não foi comprovada, pois os genótipos avaliados e gerados no Brasil, os quais evidenciaram maiores perdas nos pesos de raízes (g) e produtividades (kg ha⁻¹) (BRS Sertaneja, BRS Esmeralda, CMG 1590 e AB 092002), abrigaram 366,39; 346,09; 294,19; e 277,06 *P. zaeae* por grama de raiz, respectivamente; ao contrário dos genótipos tolerantes (AB 112335, AN Cambará, AB 092014 e BRS A 501 CL), que abrigaram 405,68; 247,56; 204,00; e 183,02 *P. zaeae* por grama de raiz, respectivamente. Pankaj et al. (2012) observaram que populações de 406 *P. thornei* por 200 cm³ de solo e 32 nematoides por 0,5 g de raízes causaram danos severos em campo de arroz na Índia.

O experimento de campo realizado na Embrapa Arroz e Feijão demonstrou que *P. zaeae* pode causar danos à produção de arroz, a depender da característica de tolerância dos genótipos utilizados. Expressão de tolerância em vasos pode ser facilitada pela umidade adequada do solo, o que ajudaria aliviar o efeito da redução significativa da raiz. No campo, tolerância a nematoides dependerá da temperatura e umidade, portanto, danos causados por *P. zaeae* seriam mais evidentes em cultivo de sequeiro, em que essas condições são mais variáveis. Kable e Mai (1968) observaram que a distribuição de *Pratylenchus* foi influenciada pela interação entre tipo de solo e umidade. Estratégias para evitar a seca em plantas, como raízes mais profundas, também podem fornecer tolerância a nematoides. Uma correlação positiva também foi observada entre areia e abundância de *Pratylenchus neglectus* por Yavuzaslanoglu et al. (2012), em que a interação entre propriedades do solo e variáveis climáticas também influenciou a distribuição do nematoide. Semeadura de arroz de terras altas é feita no início das primeiras chuvas, e a sobrevivência das plântulas e as produtividades são completamente dependentes do progresso da estação chuvosa. Coyne et al. (2001) e Coyne e Plowright (2002) relataram que *Meloidogyne* e *Pratylenchus* são mais destrutivos no início da lavoura.

Perda de produtividade, portanto, depende então da sensibilidade e tolerância de uma determinada cultivar de arroz. No entanto, diferenças consistentes na suscetibilidade entre cultivares de arroz a *P. zaeae* podem revelar-se úteis. Se futuros testes mostrarem que a tolerância à infecção por *P. zaeae* é estável e generalizada, então, essa constatação será promissora no manejo de *Pratylenchus*, especialmente em cultivos de sequeiro.

Conclusões

Pratylenchus brachyurus e *P. zaeae* são espécies presentes nas amostras de solo e raízes coletadas nas culturas de arroz, soja, milho e feijão procedentes de Mato Grosso, Maranhão, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e Paraná.

Os genótipos de arroz, utilizados neste estudo, são hospedeiros favoráveis à multiplicação de *P. zaeae*.

Os experimentos de casa de vegetação e campo evidenciaram que, a depender da população de *P. zaeae*, há diferenças de capacidade reprodutiva. Da mesma forma, as cultivares e linhagens de arroz, embora multipliquem o nematoide, diferem quanto à tolerância e aos danos causados nas raízes e na perda em produção (kg ha⁻¹).

Agradecimentos

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) pelo apoio financeiro e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Mestrado. Agradecemos também à Valéria Faleiro e a Carlos Martins Santiago pelo envio das amostras de solo e raízes dos estados do Mato Grosso, Maranhão, Tocantins e Goiás. Ao colega Vilmar Gonzaga pela orientação nos estudos de morfometria. Aos estagiários do Laboratório de Nematologia da Quarentena Vegetal e técnicos da Embrapa Arroz e Feijão e Embrapa Cerrados, Pedro Maurício Luiz Machado e Divino Eurípedes Ribeiro e William de Matos Araújo, que muito contribuíram para o desenvolvimento das pesquisas em condições de casa de vegetação e no campo.

Referências

AL-BANNA, L.; PLOEG, A. T.; WILLIAMSON, V. M.; KALOSHIAN, I. L. Discrimination of six *Pratylenchus* species using PCR and species-specific primers. **Journal of Nematology**, v. 36, n. 2, p. 142-146, June 2004.

AL-BANNA, L.; WILLIAMSON, V.; GARDNER, S. L. Phylogenetic analysis of nematodes of the genus *Pratylenchus* using nuclear 26S rDNA. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 7, n. 1, p. 94-102, Feb. 1997. DOI: 10.1006/mpev.1996.0381.

AUNG, T.; MATIAS, D.; MEW, T. W. Effect of cropping sequences on field populations of *Pratylenchus zaei*, *Tylenchorhynchus annulatus* and *Helicotylenchus crenacauda*. **Philippine Phytopathology**, v. 24, n., 1-2, p. 59, 1988.

AUNG, T.; PROT, J. C. Effects of crop rotations on *Pratylenchus zaei* and on yield of rice cultivar UPL Ri-5. **Revue de Nématologie**, v. 13, n. 4, p. 445-447, 1990.

BARBOSA, B. F. F.; SANTOS, J. M.; BARBOSA, J. C.; SOARES, P. L. M.; RUAS, A. R.; CARVALHO, R. B. Aggressiveness of *Pratylenchus brachyurus* to sugarcane, compared with key nematode *P. zaei*. **Nematropica**, v. 43, n. 1, p. 119-130, June 2013.

BISOGNIN, A. C. **Caracterização morfológica e agressividade de populações de *Pratylenchus* spp. provenientes de cana de açúcar e manejo de fitonematoides na cultura pelo emprego de rizobactérias**. 2017. 89 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

BOUTSIKA, K. **Molecular identification and phylogenies of virus and non-virus vector trichodorid nematodes**. 2002. Ph.D. (Thesis) – The University of Dundee, Scotland.

BRIDGE, J.; PLOWRIGHT, R. A.; PENG, D. Nematode parasites of rice. In: LUC M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. 2nd. ed. Wallingford: CAB International, 2005. p. 87-130.

CAMPANHA, M. M.; CRUZ, J. C.; RESENDE, A. V. de; COELHO, A. M.; KARAM, D.; SILVA, G. H. da; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, I.; MARRIEL, I. E.; GARCIA, J. C.; QUEIROZ, L. R.; COTA, L. V.; PIMENTEL, M. A. G.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, P. A.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M.; QUEIROZ, V. A. V. **Sistema de produção integrada de milho para região Central de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 74 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 148).

CARVAJAL, S. A. **Determinación preliminar de géneros y densidades poblacionales de nematodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) em la región Huetar Atlántica de Costa Rica**. 2006. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional de San Carlos.

CASTILLO, P.; VOVLAS, N. Diagnosis and descriptions of *Pratylenchus* species. In: PRATYLENCHUS (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. **Nematology Monographs & Perspectives**, v. 6, p. 51-280, 2007.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 5 - Safra 2017/18, n.10 - Décimo levantamento, julho 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/9323-10-levantamento-safra-2017-18>>. Acesso em: 24 jul. 2019.

COOLEN, W. A.; D'HERDE D. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 1972. 372 p.

COYNE D.; HUNT R.; PLOWRIGHT, R.; DARBOE, M. Further observations on nematodes associated with rice in Côte d'Ivoire. **International Journal of Nematology**, v. 10, n. 2, p. 123-130, 2000.

COYNE, D. L.; PLOWRIGHT, R. Assessment of the importance of individual plant-parasitic nematode species in a community dominated by *Heterodera sacchari* on upland rice in Cote d'Ivoire. **Nematology**, v. 4, n. 6, p. 661-669. 2002. DOI: 10.1163/156854102760396511.

COYNE, D. L.; SMITH, M.; PLOWRIGHT, R. Plant parasitic nematode populations on upland and hydromorphic rice in Cote d'Ivoire: relationships with moisture availability and crop development on a valley slope. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 84, p. 31-43, 2001. DOI: 10.1016/S0167-8809(00)00193-6.

- CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Componentes de produção e produtividade de grãos de sequeiro em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 1, p. 53-62, 1999a.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Matéria seca e absorção de nutrientes em grão do espaçamento e da densidade de semeadura em arroz de terra alta. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 1, p. 63-70, 1999b.
- DICKERSON, O. J.; DARLING, H. M.; GRIFFIN, G. D. Pathogenicity and population trends of *Pratylenchus penetrans* on potato and corn. **Phytopathology**, v. 54, n. 3, p. 317-322, 1964.
- EVERITT, B. S. **Cluster Analysis**. 3. ed. London: Edward Arnold, 1993. 170 p.
- FALLAS, G. A.; SARAH, J. L. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la reproducción in vitro de *Radopholus similis*. **Nematropica**, v. 24, p. 175-177, 1994.
- FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus*: os nematoides das lesões radiculares. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 7, p. 157-195, 1999.
- FERREIRA, C. M.; SOUSA, I. S. F. de; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. (Ed.). **Desenvolvimento tecnológico e dinâmica da produção de arroz de terras altas no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 118 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.
- FORTUNER, R.; MERNY, G. Root parasitic nematodes of rice. **Revue Nématologie**, v. 2, n. 1, p. 79-102, 1979.
- FORTUNER, R.; QUÉNÉHERVÉ, P. Morphometrical variability in *Helicotylenchus* Steiner, 1945: influence of the host on *H. dihystra* (Cobb, 1893) Sher, 1961. **Revue Nématologie**, v. 3, n. 2, p. 291-296, 1980.
- FRANCE, R. A.; BRODIE, B. B. Characterization of *Pratylenchus penetrans* from ten geographically isolated populations based on their reaction on potato. **Journal of Nematology**, v. 28, n. 4, p. 520-526, 1996.
- FREITAS, T. F. S. **Densidade de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura na época de semeadura tardia de arroz irrigado**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GALLAHER, R. N.; DICKSON, D. W.; CORELLA, J. F.; HEWLETT, T. E. Tillage and Multiple Cropping Systems and Population Dynamics of Phytoparasitic Nematodes. **Journal of Nematology**, v. 2, n. 1, p. 90-94, Oct. 1988.
- GILCES, C. T.; SANTILLÁN, D. N.; VELASCO, L. V. **Research Investigación plant-parasitic nematodes associated with rice in ecuador**. **Nematropica**, v. 46, n. 1, p. 45-53, 2016.
- GODFREY, G. H. A destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus*, n.sp. **Phytopathology**, v. 19, n. 7, p. 611-630, 1929.
- GONZAGA, V. **Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação in vitro das seis espécies mais comuns de Pratylenchus Filipjev, 1936 que ocorrem no Brasil**. 2006. 79 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero Pratylenchus)**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 30 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 219).

- GRIFFIN, G. D. Differential pathogenicity of four *Pratylenchus neglectus* populations on alfalfa. **Journal of Nematology**, v. 23, n. 4, p. 380-385, Oct. 1991.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Arroz de Terras Altas em rotação com soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, p. 127-132, 2004.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRESEGHELLO, F.; PEREIRA, J. A.; CASTRO, E. M. **Arroz de terras altas**: espaçamento e densidade de semeadura. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003a. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 61).
- GUIMARÃES, E. P.; BORRERO, J.; OSPINA-REY, Y. Genetic diversity of upland rice germplasm distributed in Latin America. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 187-194, mar. 1996.
- GUIMARÃES, G. L.; BUZZETTI, S.; SILVA, E. C.; LAZARINI, E.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003b. DOI: 10.4025/actasciagron.v25i2.1918.
- GUZMÁN-HERNÁNDEZ, T. J.; VILLALOBOS, S. H.; VARELA-BENAVIDES, I.; DURÁN-MORA, J.; MONTERO-CARMONA, W. Nematodos fitoparásitos associados al arroz em las regiones huertar norte y huertar atlántica de Costa Rica. **Agronomía Mesoamericana**, v. 22, n. 1, p. 21-28, 2011.
- HAJIHASSANI, A.; SMILEY, R. W.; AFSHAR, F. J. Effects of co-inoculation with *Pratylenchus thornei* and *Fusarium culmorum* on growth and yield of winter wheat. **Plant Disease**, v. 97, n. 11, p. 1470-1477, Oct. 2013. DOI: 10.1094/PDIS-02-13-0168-RE.
- INOMOTO, M. M.; MACHADO, A. C. Z.; ANTEDOMÊNICO, S. R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 341-344, ago. 2007.
- INOMOTO, M. M.; SIQUEIRA, K. M.S.; MACHADO, A. C. Z. Sucessão de culturas sob pivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 3, p. 178-185, 2011.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n. 98, p. 692, 1964.
- JORDAAN, E. M.; WAELE, D.; ROOYEN, P. J. van. Endoparasitic nematodes in maize roots in the western transvaal as related to soil texture and rainfall. **Journal of Nematology**, v. 21, n. 3, p. 356-360, 1989.
- KABLE, P. F.; MAI, W. F. Influence of soil moisture on *Pratylenchus penetrans*. **Nematologica**, v. 14, n. 1, p. 101-122, 1968.
- KARAM, D.; SILVA, J. A. A.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, M. F.; MOURÃO, S. A. **Manejo das forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* consorciadas com o milho em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 130).
- LINDSEY, D. W.; CAIRNS, J. Pathogenicity of the lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, on six Soybean cultivars. **Journal of Nematology**, v. 3, n. 3, p. 220-226, July 1970.
- LOOF, P. A. A. Taxonomic studies on the genus *Pratylenchus* (Nematoda). **Tijdschr Over Plantenziekten**, v. 66, p. 29-90, 1960.
- LÓPEZ, R.; SALAZAR, L. Nematodos asociados al arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. VII. *Pratylenchus zeae*. **Agronomía Costarricense**, v. 12, p. 183-190, 1988.
- LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. São Paulo, Nobel, 1984. 314 p.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009. Suplemento especial.

MACHADO, A. C. Z.; FERRAZ, L. C. C. B.; INOMOTO, M. M. Pathogenicity of *Pratylenchus brachyurus* on cotton plants. **Journal of Cotton Science**, v. 16, n. 4, p. 268-271, 2012.

MACHADO, A. C. Z.; FERRAZ, L. C. C. B.; INOMOTO, M. M. Response of cotton cultivars to two Brazilian populations of *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Sch. Stekh. J. **Cotton Science**, v. 11, p. 177-181, 2007a.

MACHADO, A. C. Z.; FERRAZ, L. C. C. B.; OLIVEIRA, C. M. G. Development of a species-specific reverse primer for the molecular diagnostic of *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, v. 37, p. 249-257, Dec. 2007b.

MACHADO, A. C. Z.; MOTTA, L. C. C.; SIQUEIRA, K. M. S.; FERRAZ, L. C. C. B.; INOMOTO, M. M. Host status of green manures for two isolates of *Pratylenchus brachyurus* in Brazil. **Nematology**, v. 9, p. 799-805, 2007c. DOI: 10.1163/156854107782331153.

MACHADO, A. C. Z.; SIQUEIRA, K. M. S.; FERRAZ, L. C. C. B.; INOMOTO, M. M.; BESSI, R.; HARAKAVA, R.; OLIVEIRA, C. M. G. Characterization of Brazilian populations of *Pratylenchus brachyurus* using morphological and molecular analyses. **Tropical Plant Pathology**, v. 40, n. 2, p. 102-110, 2015.

MAGALHAES JUNIOR, A. M. de; GOMES, A. da S.; SANTOS, A. B. dos (Ed.). **Sistemas de cultivo de arroz irrigado no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 270 p. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção).

MATUTE, M. M.; ANDERS, M. Influence of rice rotation systems on soil nematode trophic groups in Arkansas. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 2, p. 11-20, 2012. DOI: 10.5539/jas.v4n2p11.

MEDINA, A.; CROZZOLI, R.; PERICHI, G. Nematodos fitoparásitos asociados a los arrozales en Venezuela. **Nematología Mediterranea**, v. 37, n. 1, p. 59-66, June 2009.

MERNY, G. Les nematodes phytoparasites des rizieres inondées em Côte d'Ivoire. I. Les espèces observées. **Cahiers de l'ORSTOM. Serie Biologie**, v. 11, n. 3-43, Apr. 1970.

MONTALVÁN, R.; DESTRO, D.; SILVA, E. F.; MONTAÑO, D. C. Genetic base of Brazilian upland rice cultivars. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 53, n. 3, p. 203-209, 1998.

MONTEIRO, A. R. Pratilencose em milho. **Revista de Agricultura**, v. 38, n. 4, p. 177-187, 1963.

MOODY, E. H.; LOWNSBERY, B. F.; AHMED, J. M. Culture of the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* on carrot disks. **Journal of Nematology**, v. 5, n. 3, p. 225-226, 1973.

MOTALAOTE, B.; STARR, J. L.; FREDERIKSEN, R. A.; MILLER, F. R. Host status and susceptibility of sorghum to *Pratylenchus* species. **Revue Nématologica**, v. 10, n. 1, p. 81-86, 1987.

NEMATODE parasites of rice. 2004. Disponível em: <http://books.irri.org/Nematode_Parasites.pdf>. Acesso em: 6 out. 2018.

NICOL, J. M.; DAVIES, K. A.; HANCOCK, T. W.; FISHER, J. M. Yield loss caused by *Pratylenchus thornei* on wheat in south Australia. **Journal of Nematology**, v. 31, n. 4, p. 367-376, 1999.

LOWE, T.; CORBETT, D. C. Morphology and morphometrics of *Pratylenchus brachyurus* and *P. zeae* II. Influence of environmental factors. **Indian Journal Nematology**, v. 14, p. 6-17, p. 1984.

- PANKAJ, A. K.; GANGULY, A. K.; PANDEY, R. N. Severe damage caused by the root-lesion nematode, *Pratylenchus thornei*, in aerobic rice in India. **Nematologia Mediterrânea**, v. 40, n. 1, p. 79-81, June 2012.
- PASCUAL, M. L. D.; DECRAEMER, W.; TANDINGAN DE LEY I.; VIERSTRAETE, A.; STEEL, H.; BERT, W. Prevalence and characterization of plant-parasitic nematodes in lowland and upland rice agro-ecosystems in Luzon, Philippines. **Nematropica**, v. 44, n. 2, p. 166-180, 2014.
- PEETZ, A. B.; ZASADA, I. A. Species-specific diagnostics using a β -1,4-endoglucanase gene for *Pratylenchus* spp. occurring in the Pacific Northwest of North America. **Nematology**, p. 1-11, 2016.
- PLOWRIGHT, R. A.; COYNE, D. L.; NASH, P.; JONES, M. P. Resistance to the rice nematodes *Heterodera sacchari*, *Meloidogyne graminicola* and *M. incognita* in *Oryza glaberrima* and *O. glaberrima* x *O. sativa* interspecific hybrids. **Nematology**, v. 1, n. 7-8, p. 745-751, 1999.
- PLOWRIGHT, R. A.; MATIAS, D.; AUNG, T.; MEW, T. W. The effect of *Pratylenchus zaeae* on the growth and yield of upland rice. **Revue Nématologie**, v. 13, n. 3, p. 283-292, 1990.
- PRASAD J. S.; RAO, S. Y. Influence of crop rotations on the population densities of the root lesion nematode *Pratylenchus indicus* in rice and rice soils. **Annales de Zoologie Ecologie Animale**, v. 10, p. 627-634, 1978a.
- PRASAD, J. S.; RAO Y. S. Pontentiality of *Pratylenchus indicus*, the root-lesion nematode as a new pest of upland rice. **Annales de Zoologie Ecologie Animale**, v. 10, p. 635-640, 1978b.
- PRASAD, J. S.; RAO, S. Y. Effect of diferent inoculum levels of *Pratylenchus indicus* on the growth and yield of rice. **Nematologia Mediterranea**, v. 16, p. 123-124, June 1988.
- PROT, C. J.; SAVARY, S. Interpreting upland rice yield and *Pratylenchus zaeae* relationships: correspondence Analyses. **Journal of Nematology**, v. 25, n. 2, p. 277-285, June 1993.
- RANDIG, O.; BONGIOVANNI, M.; CARNEIRO, R. D. G.; CASTAGNONE-SERENO, P. Genetic diversity of root-knot nematodes from Brazil and development of SCAR markers specific for the coffee-damaging species. **Genome**, v. 45, p. 862-870, 2002.
- RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; SANTOS, J. M. **Distribuição de fitonematoides em regiões produtora de soja do Estado de Mato Grosso**. Rondonópolis: Fundação MT, 2010. p. 289-296. (Boletim de Pesquisa de Soja).
- RIOS, A. F. **Reação de genótipos de soja, milho e arroz de terras altas a *Pratylenchus brachyurus***. 2014. 87 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- ROMÁN, J.; HIRSCHMANN, H. Morphology and morphometrics of six species of *Pratylenchus*. **Journal of Nematology**, v. 1, p. 363-386, 1969.
- SAHOO, C. R.; SAHU S. C. Pathogenicity of *Pratylenchus zaeae* on Rice. **Nematologia Mediterrânea**, v. 21, n. 1, p. 177-178, 1993.
- SANCHO, C.; SALAZAR, L. Nematodos parasitos del arroz (*Oryza sativa*) en el Sureste de Costa Rica. **Agronomía Costarricense**, v. 9, n. 2, p. 161-163, 1985.
- SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. W. **A world perspective on nematology**: the role of the society. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. Vistas on Nematology (Ed.). Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. p. 7-14.
- SCHMITT, D. P.; BARKER, K. R. Damage and Reproductive Potentials of *Pratylenchus brachyurus* and *P. penetrans* on Soybean. **Journal of Nematology**, v. 13, n. 3, p. 327-332, July 1981.

- SHER, S. A.; ALLEN, M. W. Revision of the genus *Pratylenchus* (Nematoda; Tylenchidae). **Zoology**, v. 57, p. 441-470, 1953.
- SILVA, E. F.; MONTALVÁN, R.; ANDO, A. Genealogy of Brazilian upland rice cultivars. **Bragantia**, v. 58, p. 281-286, 1999. DOI: 10.1590/S0006-8705199900200007.
- SILVA, R. A.; INOMOTO, M. M. Host-range Characterization of Two *Pratylenchus coffeae* Isolates. **Journal of Nematology**, v. 34, n. 2, p. 135-139, June 2002.
- SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; GOMES, A. C.; BORGES, D. C.; SOUZA, A. A.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* na cultura do algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 337, 2004.
- SIQUEIRA, K M. S. **Importância de *Pratylenchus brachyurus* na cultura do caupi e estudos morfológicos e morfométricos sobre populações de *P. brachyurus* no Brasil**. 2007. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- SIQUEIRA, K. M. S.; INOMOTO, M. M. Pathogenicity and reproductive fitness of *Pratylenchus brachyurus* on cowpea. **Nematology**, v. 10, n. 4, p. 495-500, 2008. DOI: 10.1163/156854108784513897.
- SIQUEIRA, K. M. S.; INOMOTO, M. M. Reação de genótipos de caupi a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, v. 20, p. 117, 2006.
- TARJAN, A. C.; FREDERICK, J. J. Intraspecific morphological variation among populations of *Pratylenchus brachyurus* and *P. coffeae*. **Journal of Nematology**, v. 10, n. 2, p. 152-160, 1978.
- TAYLOR, D. P.; JENKINS, W.R. Variation within the nematode genus *Pratylenchus*, with the descriptions of *P. hexincisus* n. sp. and *P. subpenetrans* n. sp. **Nematologica**, v. 2, p. 159-174, 1957.
- UEHARA, T.; KUSHIDA, A.; MOMOTA, Y. PCR-based cloning of two β -1,4-endoglucanases from the root-lesion nematode *Pratylenchus penetrans*. **Nematology**, v. 3, p. 335-341, 2001.
- VRAIN, T. C.; WAKARCHUK, D. A.; LEVESQUE, A. C.; HAMILTON, R. I. Intraspecific rDNA restriction fragment length polymorphism in the *Xiphinema americanum* group. **Fundamental and Applied Nematology**, v. 15, n. 6, p. 563-573, 1992.
- WANDER, A. E. A competitividade do agronegócio brasileiro de arroz. **Custos e Agronegócio on line**, v. 2, n. 1, p. 1, 2006.
- WANG, H.; ZHUO, K.; YE, W.; LIAO, J. Morphological and molecular characterisation of *Pratylenchus parazeae* n. sp. (Nematoda: Pratylenchidae) parasitizing sugarcane in China. **European Journal of Plant Pathology**, v. 143, p. 173-191, 2015.
- YAN, G.; SMILEY, R. W.; OKUBARA, P. A.; SKANTAR, A.; EASLEY, S. A.; SHEEDY, J. G.; THOMPSON, A. L. Detection and discrimination of *Pratylenchus neglectus* and *P. thornei* in DNA extracts from soil. **Plant Disease**, v. 92, n. 1, p. 480-487, 2008. DOI: 10.1094/PDIS-92-11-1480.
- YAVUZASLANOGLU, E. Y.; ELEKCIOGLU, H. I. E.; NICOL, J. M. N.; YORGANCILAR, O.Y.; HODSON, D. H.; YILDIRIM, A. F. Y.; YORGANCILAR, A. Y.; BOLAT, N. B. Distribution, frequency and occurrence of cereal nematodes on the Central Anatolian Plateau in Turkey and their relationship with soil physicochemical properties. **Nematology**, v. 14, p. 839-854, 2012. DOI: 10.1163/156854112X631926.



*Recursos Genéticos e
Biotecnologia*



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

