

LARISSA GABRIELLE LINO DE ANDRADE

MOBILIDADE DE *PRATYLENCHUS COFFEAE* EM SOLOS COM DIFERENTES
TEXTURAS E NÍVEIS DE SALINIDADE

RECIFE - PE

2022

LARISSA GABRIELLE LINO DE ANDRADE

MOBILIDADE DE *PRATYLENCHUS COFFEA* EM SOLOS COM DIFERENTES
TEXTURAS E NÍVEIS DE SALINIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Elvira Maria Regis Pedrosa

RECIFE - PE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A553m Andrade, Larissa Gabrielle Lino de
Mobilidade de *Pratylenchus coffeae* em solos com diferentes texturas e níveis de salinidade / Larissa Gabrielle Lino de Andrade. - 2022.
36 f. : il.
- Orientadora: Elvira Maria Regis Pedrosa.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, 2022.
1. Migração. 2. Salinização. 3. Nematóide das lesões radiculares. 4. Textura do solo. I. Pedrosa, Elvira Maria Regis, orient. II. Título

LARISSA GABRIELLE LINO DE ANDRADE

MOBILIDADE DE *PRATYLENCHUS COFFEAE* EM SOLOS COM DIFERENTES
TEXTURAS E NÍVEIS DE SALINIDADE

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

DEFENDIDA em 24 de fevereiro de 2022.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Elvira Maria Regis Pedrosa (UFRPE)

Examinadores:

Prof^a. Dr^a. Andrea Chaves Fiuza Porto (UFRPE)

Dr. Diego Arruda Huggins de Sá Leitão (University of Florida)

RECIFE - PE

2022

Aos meus pais, Raimunda Andrade e Antonio Andrade, e meu irmão Gabriel Antonio, pelo amor, ensinamentos, cuidado, pelo apoio em toda trajetória da minha vida e por me incentivarem a ir atrás dos meus sonhos.

DEDICO

*“Grandes coisas fez o Senhor por nós, e por
isso estamos alegres.”*

(Salmos 126:3)

Agradecimentos

A Deus, toda gratidão pelo seu amor, pela sua graça, por me conceder vida, por ter me dado forças nos momentos difíceis, por abrir as portas e por todo conhecimento concedido que me fizeram chegar até aqui.

Aos meus pais, Raimunda Andrade e Antonio Andrade, meus grandes exemplos de vida, de garra, por todo incentivo, amor incondicional, por tudo que já fizeram por mim, pela ajuda concedida no decorrer deste trabalho e pela alegria em me ver crescendo profissionalmente. Ao meu irmão, Gabriel Lino, pelo amor, pela parceria e apoio. Ao meu namorado, Joel Germano, por todo amor, companheirismo, palavras de força e incentivo, por toda ajuda e por estar ao meu lado em todos os momentos.

A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Elvira Maria Regis Pedrosa, por ser um grande exemplo, por toda orientação dada, por toda atenção e gentileza em passar seus conhecimentos, pela paciência, conselhos e por contribuir na minha formação acadêmica.

Aos professores, Prof^a. Dr^a. Lilian Guimarães e Prof. Dr. Gerônimo Ferreira, pelos conselhos e transferência de conhecimento no decorrer deste trabalho. A Dra. Thais Vicente e ao Dr. Renato Lima pelo auxílio na realização das análises e pelos ensinamentos.

Aos professores, Prof. Dr. Ênio Farias e Prof. Dr. Mário Rolim, pela disponibilização dos seus laboratórios para realização das análises.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA/UFRPE), pela oportunidade de cursar o Mestrado, por todo o apoio e estrutura oferecidos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa e tornar possível a realização desta pesquisa.

Ao técnico do Laboratório de Fitonematologia, Maurício Estolano, por toda disponibilidade, colaboração, ensinamentos e auxílio na realização dos ensaios.

Aos colegas de laboratório da UFRPE, pela boa convivência, amizade e ensinamentos. Especialmente a Edinalda Andrade, Ivis Andrei, Elves Obede, Marilene Lunardi, Andreza Silva, Mariana David e Joz André por toda disponibilidade em ajudar, incentivo, pelo compartilhamento de conhecimento, conselhos e colaboração no decorrer desta pesquisa.

Finalmente, a todos os que estiveram ao meu lado e que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concretizado. Muito obrigada!

Andrade, L. G. L. de. **Mobilidade de *Pratylenchus coffeae* em solos com diferentes texturas e níveis de salinidade**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

Resumo Geral

O nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus coffeae* parasita importantes culturas agrônômicas no Brasil e no mundo. A salinidade do solo é outro fator que limita drasticamente a produtividade das culturas, no entanto, existem poucas informações sobre o comportamento desse nematoide em condições salinas. Além disso, a textura do solo tem grande importância na movimentação e distribuição dos nematoides no solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a mobilidade de juvenis e adultos de *P. coffeae* em colunas preenchidas com solos de diferentes texturas sob diferentes níveis de salinidade. Foram usadas colunas de policloreto de vinila (PVC) compostas por quatro anéis de 2,0 cm de comprimento, mais um anel de 2,0 cm de comprimento para injeção de 4000 ± 400 juvenis e adultos de *P. coffeae* no solo. As colunas (10,0 cm de comprimento \times 4,4 cm de diâmetro interno) foram preenchidas com solo arenoso ou argiloso (densidade de 1,4 e 1,3 g cm⁻³, respectivamente) e soluções salinas de NaCl, CaCl₂ e MgCl₂ nas concentrações de 0,1; 2,1; 4,1 e 6,1 dS m⁻¹. Cascas de inhame foram colocadas em um anel adicional nas extremidades das colunas, para servir de estímulo atrativo aos nematoides. As avaliações ocorreram aos 2, 4, 6 e 8 dias após a injeção (DAI). Em solo arenoso, as diferenças na distribuição de *P. coffeae* nas colunas ao longo dos dias e níveis salinos foram significativas. Aos 2 DAI, cerca de 3,6% dos espécimes já haviam migrado até 10 cm, no maior nível de salinidade (6,1 dS m⁻¹). A migração ocorreu por toda a coluna ao longo dos dias e conforme houve incremento dos níveis de salinidade. Aos 8 DAI, 24% dos nematoides que migraram até 10 cm encontravam-se a 0,1 dS m⁻¹; enquanto 15% deles se mantiveram no maior nível de salinidade (6,1 dS m⁻¹). A migração horizontal de juvenis e adultos de *P. coffeae* foi reduzida em solo argiloso e não teve influência da salinidade.

Palavras-chave: Migração. salinização. nematoide das lesões radiculares. textura do solo.

Andrade, L. G. L. de. *Pratylenchus coffeae* mobility in soils with different textures and salinity levels. 2022. Dissertation (Master's degree in Agricultural Engineering) - Federal Rural University of Pernambuco, Recife, PE, Brazil.

General abstract

The root lesion nematode *Pratylenchus coffeae* parasitizes important agronomic crops in Brazil and around the world. Soil salinity is another factor that drastically limits crop yields, however, poor information about the nematode under saline conditions is available. In addition, soil texture has great importance in the movement and distribution of nematodes in soil. The objective of this study was to evaluate the mobility of juveniles and adults *P. coffeae* in columns filled with soils of different texture under different salinity levels. Polyvinyl chloride (PVC) columns, consisting of four rings 2.0 cm long, and one 2.0 cm long ring for 4,000 ± 400 juveniles and adults *P. coffeae* injection in soil, were used. The columns (10.0 cm long × 4.4 cm internal diameter) were filled with sandy or clayey soils (at densities of 1.4 and 1.3 g cm⁻³, respectively), and used saline solutions of NaCl, CaCl₂ and MgCl₂ in concentrations of 0.1, 2.1, 4.1, and 6.1 dS m⁻¹. An additional ring with chopped yam was placed at the end of the columns to serve as attractive stimulus to the nematodes. Evaluations were carried out at 2, 4, 6 and 8 days after injection (DAI). In sandy soil, there was significant difference in *P. coffeae* distribution inside the columns through the days and salinity levels. At 2 DAI, about 3.6% of the specimens migrated up to 10 cm under the higher salinity level (6.1 dS m⁻¹). The migration extended throughout the columns as the days and salinity levels increased. Within the nematodes able to migrate up to 10 cm at 8 DAI, 24% and 15% of them were under salinity levels of 0.1 and 6.1 dS m⁻¹, respectively. The horizontal migration of juveniles and adults *P. coffeae* was reduced in clayey soil and was not influenced by salinity.

Keywords: Migration. salinization. root lesion nematode. soil texture.

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1. Dispositivo experimental utilizado para o estudo da mobilidade de <i>Pratylenchus coffeae</i>	21
Figura 2. Distribuição de juvenis e adultos de <i>Pratylenchus coffeae</i> nos diferentes níveis de salinidade em colunas preenchidas com solo arenoso aos 2 dias após a injeção (DAI) (A), 4 DAI (B), 6 DAI (C) e 8 DAI (D).....	25
Figura 3. Distribuição de juvenis e adultos de <i>Pratylenchus coffeae</i> aos 2, 4, 6 e 8 dias após a injeção (DAI) em colunas com solo argiloso submetido a diferentes níveis de salinidade.....	27

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1. Atributos físicos e químicos dos solos utilizados para preenchimento das colunas.	20
Tabela 2. Resumo da análise de variância: efeito dos dias após a injeção (DAI), distância migrada (anel) e nível de salinidade na mobilidade de <i>Pratylenchus coffeae</i> em colunas de PVC preenchidas com solo arenoso.	23
Tabela 3. Tabela de contingência e análise χ^2 para <i>Pratylenchus coffeae</i> recuperados em cada anel aos 2, 4, 6 e 8 dias após a injeção (DAI) nos diferentes níveis de salinidade em colunas com solo arenoso.	24
Tabela 4. Resumo da análise de variância: efeito dos dias após a injeção (DAI), distância migrada (anel) e nível de salinidade na mobilidade de <i>Pratylenchus coffeae</i> em colunas de PVC preenchidas com solo argiloso.....	26
Tabela 5. Tabela de contingência e análise χ^2 para <i>Pratylenchus coffeae</i> recuperados em cada anel aos 2, 4, 6 e 8 dias após a injeção (DAI) em colunas com solo argiloso submetido a diferentes níveis de salinidade.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. HIPÓTESES	13
3. OBJETIVOS	13
3.1. Objetivo geral.....	13
3.2. Objetivos específicos	13
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
4.1. Salinidade do solo	14
4.2. Nematoides do solo.....	15
4.2.1. Importância econômica e distribuição geográfica de <i>Pratylenchus coffeae</i>	15
4.2.2. Ciclo de vida de <i>Pratylenchus coffeae</i> e relações com a planta hospedeira.....	16
4.3. Movimentação dos nematoides no solo	17
4.3.1. Fatores que afetam a movimentação de nematoides no solo.....	17
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1. Local de execução do experimento.....	20
5.2. Características dos solos	20
5.3. Obtenção dos nematoides	20
5.4. Dispositivo experimental	21
5.5. Análise estatística.....	22
6. RESULTADOS.....	23
6.1. Solo arenoso.....	23
6.2. Solo argiloso	25
7. DISCUSSÃO	27
8. CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

Os nematoides parasitos de planta causam perdas de bilhões de dólares por ano em plantações no mundo. As espécies mais importantes economicamente parasitam as raízes das plantas das principais culturas, impedindo a absorção de água e nutrientes, resultando em vastas perdas e rendimentos econômicos reduzidos (BERNARD; EGNIN; BONSI, 2017). Os nematoides pertencentes ao gênero *Pratylenchus*, também chamados de nematoides das lesões radiculares, estão distribuídos em todo o mundo, ocorrendo principalmente em ambientes tropicais e subtropicais, e parasitam uma gama de culturas de importância econômica. *Pratylenchus coffeae* é considerada uma das espécies mais importantes e com maior disseminação no Brasil, provocando danos mais pronunciados do que outras espécies do gênero (OLIVEIRA et al., 2011).

A salinidade do solo pode ocasionar redução da produção e rendimento das culturas agrícolas, especialmente em regiões áridas e semiáridas. O processo de salinização pode ser provocado por características ambientais e/ou ações antrópicas, tais como, elevadas temperaturas; sazonalidade das chuvas; uso indiscriminado de fertilizantes; uso de água salina na irrigação, que leva ao aumento da concentração de sais no solo (MUNNS; GILLIHAM, 2015; ADERALDO et al., 2020).

Os microinvertebrados presentes no solo podem apresentar sensibilidade à salinidade, o que pode afetar a composição dessa comunidade (NIELSEN et al., 2011). Os nematoides produzem movimentos aleatórios que lhes permitem alcançar as raízes e que são influenciados por atributos edáficos, como concentração de sais e gases, textura, pH, temperatura, entre outros (DAVIS; EARL; TIMPER, 2014). Consequentemente, condições ambientais favoráveis são necessárias para que ocorra uma migração ativa dos nematoides (ERB; LU, 2013).

Tendo em vista a necessidade do uso de águas salinas na irrigação em regiões áridas e semiáridas e a grande importância econômica dos nematoides para a agricultura, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a mobilidade de *P. coffeae* em solos arenoso e argiloso sob diferentes níveis de salinidade.

2. HIPÓTESES

- Altos níveis de salinidade do solo restringem a mobilidade de *P. coffeae* em solos arenosos e solos argilosos;
- O efeito da salinidade na mobilidade de *P. coffeae* não varia com a textura do solo.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

- Estudar a mobilidade de *P. coffeae* em solos de diferentes texturas submetidos a níveis de salinidade.

3.2. Objetivos específicos

- Investigar o efeito de diferentes níveis de salinidade na mobilidade de *P. coffeae*, em colunas de solo;
- Determinar como juvenis e adultos de *P. coffeae* migram em solos arenosos e solos argilosos.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Salinidade do solo

A salinidade do solo é um dos fatores abióticos que mais prejudica o crescimento, o desenvolvimento das plantas e a produção das culturas. Esse problema é decorrente de solos mal manejados, com más condições de drenagem, pelo uso desordenado de adubos químicos, água de baixa qualidade para a irrigação, ou por causas naturais como o intemperismo das rochas, que apresentam elevados teores de sais solúveis (MEDEIROS; SILVA; DUARTE, 2016).

Aproximadamente um terço da área irrigada no planeta é atingida pela salinidade (TAIZ et al., 2017), que se destaca por ser o principal fator relacionado à redução de produtividade das culturas em solos áridos e semiáridos ao redor do mundo (JAMES et al., 2012; MUNNS; GILLIHAM, 2015). Em regiões áridas e semiáridas, como ocorre no Nordeste do Brasil, a salinidade pode ser acentuada por outros estresses ambientais, como baixa disponibilidade de água, altas temperaturas e elevada evapotranspiração. Nas regiões litorâneas, a salinização é decorrente da inundação do solo pela água salgada de mares ou oceanos (VIÉGAS et al., 2001; SOARES FILHO et al., 2016).

A classificação dos solos afetados por sais baseia-se na concentração de sais solúveis, expressa pela condutividade elétrica (CE), extraídos da solução do solo, da porcentagem de sódio trocável do solo (PST) e da concentração hidrogeniônica do solo (pH). A CE apresenta limite entre solos salinos e solos não salinos, que consiste no valor de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ para extratos da pasta saturada do solo, sendo um dos parâmetros mais utilizados para determinação do teor total de sais solúveis (RICHARDS, 1954).

Os solos salinos são caracterizados pelo acúmulo de sais solúveis de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nos horizontes do solo. Cloretos e sulfatos de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} são os mais encontrados, já os carbonatos e nitratos encontram-se em menores quantidades (RIBEIRO; RIBEIRO FILHO; JACOMINE, 2016).

A salinidade afeta o desenvolvimento da planta alterando o balanço nutricional (CARPICI; CLIK; BAYRAM, 2010; GANDONOU et al., 2011; ZIA et al., 2011; TAIZ et al., 2017), prejudicando o metabolismo celular, processos fisiológicos e bioquímicos (HASANUZZAMAN et al., 2014). O aumento na concentração dos íons Na^+ e Cl^- no ambiente radicular pode causar diminuição na absorção de cátions e ânions, acarretando desequilíbrios nutricionais na planta e, por consequência, redução de seu rendimento (KUMAR et al., 2008).

De acordo com Malavolta (2006), o Ca em baixas concentrações favorece a absorção do K, entretanto, altas concentrações de Ca inibem a absorção do K.

Os sais solúveis presentes na solução do solo provocam o aumento das forças de retenção de água devido ao efeito osmótico, causando dessa forma, a redução na absorção de água pela planta. Devido ao excesso de sais solúveis, o aumento da pressão osmótica poderá alcançar um nível em que as plantas não disporão de forças de sucção suficiente e, como efeito, a planta não absorverá água (DIAS et al., 2016). O prejuízo na absorção de água é um dos principais fatores no que se refere ao agravo no crescimento das plantas em solos salinos, relacionando-se diretamente à fotossíntese, ou seja, plantas sob estresse têm a capacidade fotossintética reduzida, bem como o crescimento (BHATT et al., 2008; KUMAR et al., 2014).

4.2. Nematoides do solo

4.2.1. Importância econômica e distribuição geográfica de *Pratylenchus coffeae*

Os nematoides pertencentes ao gênero *Pratylenchus* são considerados mundialmente entre os mais prejudiciais para a agricultura (BURKE et al., 2015). Cerca de 70 espécies do nematoide das lesões radiculares podem ser encontradas parasitando as mais importantes culturas agrônômicas, provocando vastas perdas e chegando a ser causa limitante de cultivo (BERNARD; EGNIN; BONSI, 2017). Quanto à distribuição geográfica das espécies, estão distribuídas globalmente em diversas regiões, e apresentam a característica de se adaptar a quase todos os tipos de ambiente, principalmente os tropicais e subtropicais, apesar de ocorrerem também em ambientes temperados (FRANCILINO et al., 2017).

Ao redor do mundo, estima-se que as perdas em decorrência do parasitismo de espécies de *Pratylenchus* esteja entre 10 a 80% (FERRAZ; BROWN, 2016). No Brasil, estes nematoides são um dos principais agentes causadores de perdas agrícolas em culturas de suma importância econômica, a exemplo da soja, citros, café, algodão, banana, inhame, cana-de-açúcar, entre outras (JESUS; WILCKEN, 2010; FERRAZ; BROWN, 2016). As espécies *Pratylenchus brachyurus*, *P. zae* e *P. coffeae* são as mais importantes e com maior disseminação no território brasileiro, destacando-se a última por ocorrer em altas densidades e causar danos mais pronunciados (OLIVEIRA et al., 2011). Café, banana, citros, inhame e graviola estão entre outras culturas prejudicadas pela espécie *P. coffeae*, responsável por causar vastos danos e

perdas econômicas significativas (ZIMMERMANN, 1898; KUBO et al., 2003; MOURA, et al., 1999; MOURA; PEDROSA; PRADO, 2002).

Moura e Monteiro (1995) relataram pela primeira vez na Região Nordeste do Brasil, sobre a espécie *P. coffeae* em inhame da costa que estava causando os sintomas da casca preta, que eram semelhantes aos provocados pelo nematoide *Scutellonema bradys*.

Ainda na região Nordeste, Moura et al. (1999) realizaram estudos sobre uma nova doença da gravioleira, que foi denominada morte súbita, disseminada por mudas infectadas por *P. coffeae*, em que a maioria dos casos causou a morte rápida das plantas, logo após a primeira frutificação. Em Pernambuco, *P. coffeae* foi relatado por Moura, Pedrosa e Prado (2002) provocando significativas perdas no cafeeiro.

4.2.2. Ciclo de vida de *Pratylenchus coffeae* e relações com a planta hospedeira

As espécies do gênero *Pratylenchus* são endoparasitos migradores que penetram nas plantas hospedeiras, provocando lesões na região do córtex das raízes, e como consequência, resultando no surgimento de necroses. O processo de penetrar e abandonar as raízes pode repetir-se durante todo o ciclo de vida do nematoide (SOUZA JUNIOR et al., 2020; FERRAZ; BROWN, 2016).

O ciclo de vida das espécies deste gênero dura em média de três a seis semanas, sob condições favoráveis. O desenvolvimento de *Pratylenchus* ocorre quando o juvenil de primeiro estágio (J1) que, ainda dentro do ovo, sofre a primeira ecdise dando origem ao juvenil de segundo estágio (J2). Após a eclosão, o J2 encontra-se na fase infectiva e passa a migrar no solo à procura de um hospedeiro. Os juvenis de terceiro (J3) e quarto (J4) estádios, e as formas adultas podem ocorrer no solo ou infectar a planta, migrando por via intracelular constantemente no tecido radicular (PERRY; MOENS, 2013; SGRIGNOLI et al., 2014). Segundo Roman e Hirschmann (1969), as formas adultas de *P. coffeae* podem apresentar comprimento variando de 430,7 a 600 μm .

A penetração na planta hospedeira e a migração dentro das raízes ocorre tanto por ação mecânica (uso do estilete e movimentação de todo o corpo) quanto por ação enzimática (degradação enzimática das paredes celulares vegetais) (HAEGEMAN et al., 2012).

Os sintomas mais evidentes nas raízes são áreas escurecidas, em razão das várias lesões necróticas internas, em comparação com outras de tonalidade clara que estão supostamente saudáveis, além da expressiva redução no volume do sistema radicular. Há também a ocorrência da presença de reboleiras de plantas pouco crescidas, deficiência de macro e/ou micronutrientes,

manifestando-se, especialmente, na forma de clorose, e murchamento (FERRAZ; BROWN, 2016).

Os sintomas nas plantas são facilmente confundidos com sintomas promovidos por outros patógenos, deficiências nutricionais ou estresse hídrico. Os efeitos sobre o crescimento, como também sobre a produção vegetal, são resultados do sistema radicular que se torna ineficiente para obtenção de água e nutrientes, em virtude das lesões causadas por esses nematoides, culminando com a morte da planta (HAEGEMAN et al., 2012). Além disso, devido aos danos presentes nos tecidos das raízes, pode ocorrer a infecção de fungos e bactérias, que podem acentuar a ocorrência e severidade de doenças em plantas cultivadas (BERNARD; EGNIN; BONSI, 2017; OLIVEIRA; MOURA; MAIA, 2005).

4.3. Movimentação dos nematoides no solo

Os nematoides são animais aquáticos que podem ser encontrados nos oceanos e mares, nas coleções de água doce e no filme de água entre as partículas de solo (FERRAZ et al., 2010; FERRAZ; BROWN, 2016). A movimentação dos nematoides no solo ocorre entre as partículas e no filme de água. O tamanho dos poros deixa a movimentação mais dinâmica. Quando os poros são maiores que o corpo dos nematoides, com o auxílio da umidade são transformados em canais por onde os nematoides podem movimentar-se no solo (TIHOHOD, 1993).

Os nematoides geralmente movimentam-se realizando movimentos ondulatórios. Movem-se posicionando seu corpo em uma série de ondas, dispostas de forma alternada, à esquerda e à direita ao longo do seu eixo. Cada onda individual passa pelo corpo, da cabeça à cauda, que impulsiona o nematoide para frente. As ondas formam-se pela contração e relaxamento dos músculos longitudinais no lado dorsal e ventral do corpo e, para transmitir essas ondas, é essencial ter uma força que seja contrária ao efeito da contração muscular. Os nematoides seguem uma trajetória sinusoidal utilizando a cabeça para abrir caminho entre os grãos do solo (WALLACE, 1968).

4.3.1. Fatores que afetam a movimentação de nematoides no solo

Alguns dos principais fatores que influenciam a movimentação e o ciclo de vida dos nematoides no solo são: textura, matéria orgânica, teor de umidade, aeração, temperatura, pH e condutividade elétrica (YEATES, 1999; GALLARDO et al., 2015). A migração ativa no solo

dá-se quando estes fatores são favoráveis (ERB; LU, 2013). A presença ou ausência da planta hospedeira, disponibilidade de nutrientes, também são contribuintes que influenciam consideravelmente a movimentação, assim como, o desenvolvimento e reprodução dos nematoides (SOUZA JUNIOR et al., 2020).

4.3.1.1. Textura do solo

O tipo de solo pode afetar diretamente a mobilidade de nematoides parasitos de planta. A textura do solo influencia a porosidade e a capacidade do solo na retenção de água, podendo interferir no comportamento e no potencial de dano dos nematoides (ERB; LU, 2013; ROCHA et al., 2016). Tanto a distribuição como a população das espécies de *Pratylenchus* são influenciadas pela textura do solo (FERRAZ; BROWN, 2016). Estudos realizados por Gallardo et al. (2015) mostraram que espécies dos gêneros *Pratylenchus* e *Meloidogyne* desenvolvem-se melhor em solos com textura arenosa e franco arenosa.

Solos argilosos dificultam a movimentação dos nematoides por apresentarem maior retenção de água e se encharcarem facilmente. Os solos arenosos tendem a promover maior mobilidade aos nematoides através do filme de água, por serem bem drenados, colaborando para danos mais severos nas plantas (FERRAZ et al., 2010; FAJARDO; ABALLAY; CASANOVA, 2011).

Em razão dos baixos níveis de oxigênio em solos saturados, o metabolismo, movimento, infectividade dos juvenis, crescimento e reprodução das fêmeas são afetados. Dessa forma, a eclosão é diminuída e o nematoide movimenta-se de forma lenta (GALLARDO et al., 2015).

Rocha et al. (2016) realizaram estudos sobre a migração e reprodução de *Meloidogyne incognita* em duas texturas de solo e relataram que a mortalidade de juvenis foi maior em solo argiloso do que na areia. Barros et al. (2016) verificaram em trabalho realizado com colunas segmentadas que em solo argiloso, o movimento dos nematoides foi quase nulo, diferenciando-se dos solos de textura média e areia, que contribuíram para o movimento das espécies *Meloidogyne enterolobii*, *M. incognita* e *P. coffeae*.

4.3.1.2. Salinidade

A sobrevivência dos nematoides pode ser influenciada por vários sais e íons. Durante os períodos secos e úmidos, os nematoides do solo são submetidos a concentrações variáveis

de sais na solução do solo (ZAKI; KHAN; ABID, 2012). Em regiões áridas, devido a elevada evapotranspiração, pode ocorrer a diminuição do potencial matricial do solo e o aumento da concentração de sal em torno das raízes, resultando em efeitos que podem afetar a sobrevivência dos organismos que se encontram dentro ou ao redor da zona radicular (EDONGALI; FERRIS, 1982). Os efeitos gerais irão variar dependendo da combinação nematoide, hospedeiro e nível de salinidade, relacionados a outros fatores do solo (KHAN; KHAN, 1990). Além disso, a salinidade do solo pode ser considerada como um fator tão importante quanto a umidade do solo, para explicar a abundância e a estrutura da comunidade de nematoides presentes no solo (BARRETT et al., 2004).

Muitas espécies de nematoides desenvolveram mecanismos para a sua sobrevivência e longevidade quando expostas a diferentes condições ou estresses ambientais. Entre estas estratégias de sobrevivência estão a quiescência e a diapausa. A quiescência refere-se ao estágio de dormência imediata ao estresse, no qual o metabolismo e a atividade do nematoide diminuem. Se as condições de estresse deixarem de existir, o nematoide retoma então a sua atividade. A diapausa é uma condição pela qual o nematoide permanece dormente sob a condição desfavorável, no entanto, esse mecanismo não é reversível mesmo que as condições voltem a ser favoráveis, sendo necessário adicionar estímulos para sair do estágio de dormência (RITZINGER; FANCELLI; RITZINGER, 2010). Com a persistência ou aumento do estresse, o nematoide pode entrar num estado de animação suspensa, denominado criptobiose (FERRAZ, BROWN, 2016).

Apesar de existirem poucos estudos avaliando a migração e sobrevivência de diferentes espécies de nematoides em ambientes salinos, trabalhos desenvolvidos mostraram que os nematoides podem ter comportamentos diferentes quando submetidos à salinidade. Edongali, Duncan e Ferris (1982) verificaram que a infectividade e o desenvolvimento de *M. incognita* foram prejudicados pelo aumento das concentrações da solução do solo (1,5 a 5,0 dS m⁻¹) de NaCl e CaCl₂, ou ambos os sais combinados. Juvenis de *M. javanica* tiveram o desenvolvimento prejudicado pela salinidade em cultivo de berinjela submetida à salinidade (SUMERA; SAEED; AHMED, 2015).

Por outro lado, Maggenti e Hardan (1973) não verificaram diferença na população de *M. javanica* nas raízes de tomateiro em solos com concentrações entre 4 e 16 dS m⁻¹. Magalhães et al. (2021) relataram que a salinidade não afetou a eclosão, a mobilidade e a infectividade dos juvenis de *M. enterolobii*, que estiveram imersos em solução salina *in vitro* por 15 dias.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local de execução do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitonematologia, localizado no Departamento de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus Recife, Brasil.

5.2. Características dos solos

Para o preenchimento das colunas foram utilizados dois tipos de solo: solo arenoso e solo argiloso. O material do solo arenoso foi proveniente da UFRPE. O solo argiloso foi coletado na profundidade de 0,0 – 0,3 m, em uma área rural do município de Tabira – PE. Ambos os solos foram submetidos às análises granulométricas e químicas. Os solos foram esterilizados por autoclavagem sob temperatura de 120 °C, à pressão de uma atmosfera, durante 2 horas, para o preenchimento das colunas. Na Tabela 1 estão apresentados os atributos físicos e químicos dos solos usados nos experimentos.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos dos solos utilizados para preenchimento das colunas.

Atributos	Solo arenoso	Solo argiloso
Areia (g kg ⁻¹)	839,2	634
Silte (g kg ⁻¹)	85,8	166
Argila (g kg ⁻¹)	75	200
Ds (g cm ⁻³)	1,4	1,3
Dp (g cm ⁻³)	2,48	2,3
Porosidade (%)	44	43
Capacidade de pote (U%)	13	17
Classe textural	Areia franca	Franco argilo arenoso
pH	7,37	5,73
CEes (dS m ⁻¹)	2,68	0,78

Ds: densidade do solo; Dp: densidade das partículas; CE_{es}: condutividade elétrica do extrato de saturação.

5.3. Obtenção dos nematoides

Para a obtenção da população de *P. coffeae*, túberas de inhame da costa infectadas pelo nematoide foram obtidas no comércio local na cidade de Recife, Pernambuco, Brasil. Os juvenis

e adultos foram extraídos de cascas trituradas de inhame que foram colocadas em funil de Baermann modificado (WHITEHEAD; HEMMING, 1965). Para isso, o material triturado foi depositado sobre papel, que foi colocado sobre peneira em um recipiente, acrescentando água até que o papel sobre a peneira estivesse submerso, para permitir a passagem dos nematoides. Após 24 horas, os nematoides ativos que passaram pelo papel foram coletados. A suspensão contendo *P. coffeae* foi vertida para uma peneira de 500 mesh, e logo após, transferida para um Becker. Em seguida, foi realizada a contagem dos nematoides em lâmina de Peters com auxílio de microscópio óptico.

5.4. Dispositivo experimental

A migração de *P. coffeae* foi estudada usando colunas de policloreto de vinila (PVC) adaptadas, segundo metodologia descrita por Oliveira et al. (2020). As colunas foram formadas por quatro anéis de 2,0 cm de comprimento, e um anel de 2,0 cm de comprimento, sendo este último perfurado 1,0 cm acima de sua base para a injeção dos nematoides nas colunas de solo (Figura 1). Cada coluna tinha 10 cm de comprimento, 4,4 cm de diâmetro interno e 152,1 cm³ de volume interno. Um anel de PVC contendo cascas de túberas sadias de inhame picotadas foi colocado nas extremidades das colunas para servir como estímulo atrativo aos nematoides.

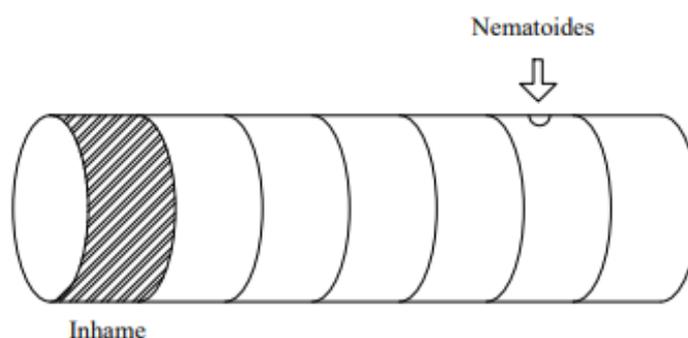


Figura 1. Dispositivo experimental utilizado para o estudo da mobilidade de *Pratylenchus coffeae*.

Os solos utilizados nos experimentos foram submetidos a diferentes níveis de salinidade. Os níveis de salinidade foram obtidos pela adição de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e cloreto de magnésio (MgCl₂), na proporção 7:2:1 (MEDEIROS, 1992), na água de abastecimento da UFRPE, que apresenta uma condutividade elétrica em torno de 0,1

dS m⁻¹. As soluções salinas utilizadas consistiram de quatro níveis: 0,1 (água de abastecimento da UFRPE); 2,1; 4,1 e 6,1 dS m⁻¹, que foram medidas com o auxílio de um condutivímetro.

As colunas foram preenchidas com os solos salinizados (solo arenoso e solo argiloso separadamente), de acordo com as características de densidade e umidade, semelhantes às condições de campo (Tabela 1). A base do anel de injeção dos nematoides foi coberta com uma malha de 15 µm para manter os nematoides no sistema, e na outra extremidade foi colocada uma malha de 35 µm, para manter o solo nas colunas. Quando as colunas foram completamente preenchidas, um parafilme foi colocado sobre elas para evitar a perda de água por evaporação e manter a umidade durante o experimento. As colunas foram mantidas em incubadora B.O.D., à temperatura constante de 25 °C.

Os nematoides coletados dos funis de Baermann modificados foram contados em lâmina de Peters com auxílio de microscópio óptico com ampliação de 100 x. Aproximadamente, 4000 ± 400 juvenis e adultos de *P. coffeae* foram injetados em cada coluna através do orifício de injeção, com auxílio de uma seringa (PUDASAINI; VIAENE; MOENS, 2007).

As colunas foram desmontadas aos 2, 4, 6 e 8 dias após a injeção (DAI) e os nematoides extraídos do solo de cada anel, a partir da técnica de flotação centrífuga (JENKINS, 1964). Os nematoides foram contados em lâmina de Peters, com o auxílio de microscópio óptico com ampliação de 100 x, para determinação do número de nematoides por anel, considerados ativos, os que, no momento da contagem, mostraram movimentos, independentemente de sua intensidade. O número total de nematoides foi considerado como o somatório de todos os nematoides encontrados durante a contagem.

5.5. Análise estatística

Para os experimentos foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com tratamentos arranjados em parcelas subdivididas, conforme indicado pelo teste de esfericidade de Mauchly. Os dados foram analisados com auxílio do software R, procedendo a análise de variância com o teste F, desdobrando-se as análises sempre que a interação foi significativa por meio do teste χ^2 , que foi aplicado para comparar a distribuição dos nematoides ao longo das colunas (R Core Team, 2021).

Os fatores analisados foram: 4 (níveis de salinidade: 0,1; 2,1; 4,1 e 6,1 dS m⁻¹) × 4 (dias: 2, 4, 6 e 8 DAI) × 5 (distâncias migradas (anéis): 0-2, 2-4, 4-6, 6-8 e 8-10 cm), com quatro repetições, totalizando 320 unidades experimentais para cada tipo de solo (arenoso e argiloso).

6. RESULTADOS

6.1. Solo arenoso

Para a mobilidade de *P. coffeae* em solo arenoso ocorreu interação significativa entre dias × distância migrada ($p < 0,001$) e entre salinidade × dias × distância migrada ($p < 0,01$), entretanto, não houve efeito significativo do fator salinidade isoladamente ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância: efeito dos dias após a injeção (DAI), distância migrada (anel) e nível de salinidade na mobilidade de *Pratylenchus coffeae* em colunas de PVC preenchidas com solo arenoso.

FV	<i>P. coffeae</i>				
	GL	SQ	QM	F	P>F
Blocos	3	281740	93913		
DAI	3	2459559	819853	60,328	$2,78 \times 10^{-6***}$
Erro (a)	9	122310	13590		
Anel	4	7478533	1869633	406,49	$< 2,2 \times 10^{-16***}$
DAI:Anel	12	10087831	840653	182,77	$< 2,2 \times 10^{-16***}$
Erro (b)	48	220773	4599		
Salinidade	3	41877	13959	1,9419	0,124468
Salinidade:DAI	9	109014	12113	1,685	0,095425
Salinidade:Anel	12	110575	9215	1,2819	0,232537
Salinidade:DAI:Anel	36	514920	14303	1,9898	$0,001784^{**}$
Erro (c)	180	1293907	7188		

** , *** significativo a 0,01 e 0,001, respectivamente; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; SQ: Soma de quadrados; P>F: nível de significância do teste F; DAI: dias após a injeção.

As diferenças na distribuição de *P. coffeae* ao longo das colunas preenchidas com solo arenoso, ao longo dos dias e nos diferentes níveis salinos foram significativas. A migração dos juvenis e adultos ocorreu por toda a coluna ao longo dos dias e conforme houve o incremento dos níveis de salinidade. A maioria dos juvenis e adultos foram encontrados no anel de injeção, mesmo assim, ao longo dos dias houve uma movimentação bem distribuída dos nematoides, pois percorreram toda a coluna (Tabela 3).

Tabela 3. Tabela de contingência e análise χ^2 para *Pratylenchus coffeae* recuperados em cada anel aos 2, 4, 6 e 8 dias após a injeção (DAI) nos diferentes níveis de salinidade em colunas com solo arenoso.

Nível de salinidade	Distância migrada (anéis de contagem) em cm					χ^2 (p value)
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	
Média de juvenis e adultos recuperados por anel aos 2 DAI						
0,1	1358,75	163,75	135,00	102,75	124,50	
2,1	979,25	185,75	144,25	48,00	59,75	
4,1	1333,50	137,00	65,00	70,50	35,75	
6,1	1304,75	247,75	118,00	77,50	66,00	150,2(< 2,2x10 ⁻¹⁶)
Média de juvenis e adultos recuperados por anel aos 4 DAI						
0,1	318,50	162,00	130,75	104,50	59,5	
2,1	334,00	71,75	105,50	87,00	46,5	
4,1	340,50	122,75	75,50	87,00	81,0	
6,1	360,75	102,00	94,00	64,75	101,5	76,91(1,6 x10 ⁻¹¹)
Média de juvenis e adultos recuperados por anel aos 6 DAI						
0,1	166,0	200,50	200,00	137,75	195,00	
2,1	205,5	176,50	142,50	65,75	167,50	
4,1	192,0	93,00	81,75	83,50	231,75	
6,1	344,0	106,75	66,75	51,00	141,50	269,7(<2,2x10 ⁻¹⁶)
Média de juvenis e adultos recuperados por anel aos 8 DAI						
0,1	140,75	64,5	99,5	92,5	125,75	
2,1	182,75	92,5	88,0	150,0	103,75	
4,1	214,00	204,5	123,5	65,50	88,75	
6,1	87,50	121,0	131,0	99,75	77,75	166,6(<2,2x10 ⁻¹⁶)

Verificou-se no estudo que os nematoides migraram até 10 cm ao longo do tempo, mesmo quando o solo foi submetido aos níveis mais altos de salinidade. Aos 2 DAI, no solo submetido ao nível de 4,1 dS m⁻¹, o maior número de *P. coffeae* (81,2%) foi encontrado no ponto de injeção, no entanto, cerca de 3,6% já haviam atingido as maiores distâncias entre 8 a 10 cm, no maior nível de salinidade de 6,1 dS m⁻¹ (Figura 2A). Nas extremidades próximas às cascas de inhame, aos 4 DAI, a maioria de juvenis e adultos foram extraídos nos maiores níveis salinos de 4,1 e 6,1 dS m⁻¹, com 11,5 e 14%, respectivamente (Figura 2B). Aos 6 DAI, foram

observados 48,4% de *P. coffeae* no maior nível de salinidade, entre 0 a 2 cm; e, 33,9% foram encontrados no nível de 4,1 dS m⁻¹, entre 8 a 10 cm (Figura 2C). Aos 8 DAI, a maioria dos espécimes extraídos (24%) que migraram até 10 cm, encontravam-se no nível de 0,1 dS m⁻¹; enquanto 15% deles mantiveram-se no maior nível de 6,1 dS m⁻¹ (Figura 2D).

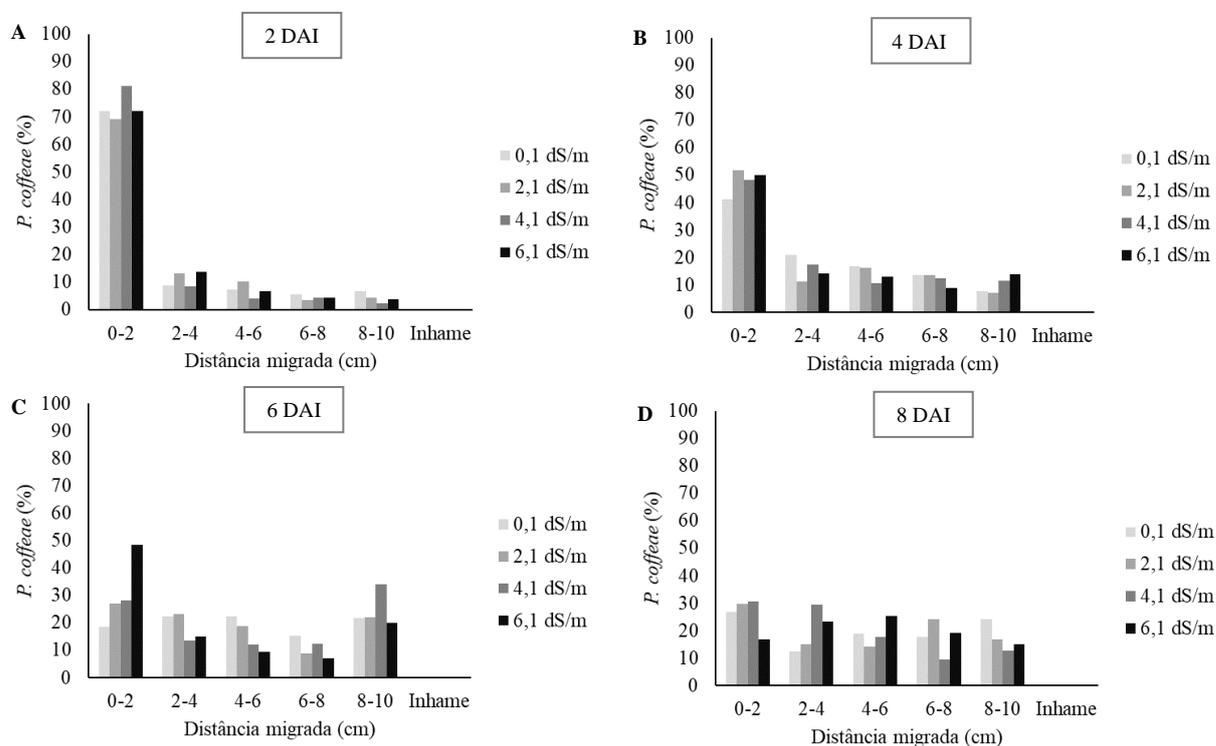


Figura 2. Distribuição de juvenis e adultos de *Pratylenchus coffeae* nos diferentes níveis de salinidade em colunas preenchidas com solo arenoso aos 2 dias após a injeção (DAI) (A), 4 DAI (B), 6 DAI (C) e 8 DAI (D).

6.2. Solo argiloso

A migração de *P. coffeae* em solo argiloso sofreu influência significativa dos dias ($p < 0,01$) e distância migrada ($p < 0,001$), no entanto, não houve efeito significativo da salinidade ($p > 0,05$). Também foi significativa a interação dias \times distância migrada ($p < 0,001$), porém, não ocorreu interação significativa entre salinidade \times dias \times distância migrada ($p > 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância: efeito dos dias após a injeção (DAI), distância migrada (anel) e nível de salinidade na mobilidade de *Pratylenchus coffeae* em colunas de PVC preenchidas com solo argiloso.

FV	<i>Pratylenchus coffeae</i>				
	GL	SQ	QM	F	P>F
Blocos	3	527587	175862		
DAI	3	1272504	424168	13,55	0,0011**
Erro (a)	9	281690	31299		
Anel	4	45634244	11408561	240,2	<2,2x10 ⁻¹⁶ ***
DAI:Anel	12	5428689	452391	9,524	4,5x10 ⁻⁹ ***
Erro (b)	48	2279946	47799		
Salinidade	3	59207	19736	0,5884	0,6233
Salinidade:DAI	9	183705	20412	0,6086	0,7887
Salinidade:Anel	12	347284	28940	0,8629	0,5858
Salinidade:DAI:Anel	36	946088	26280	0,7836	0,8048
Erro (c)	180	6037030	33539		

** , *** significativo a 0,01 e 0,001, respectivamente; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; SQ: Soma de quadrados; P>F: nível de significância do teste F; DAI: dias após a injeção.

As diferenças na distribuição de *P. coffeae* ao longo das colunas com solo argiloso e ao longo dos dias foram significativas. A maioria dos juvenis e adultos permaneceram concentrados no anel de injeção. Ao longo dos dias, a migração dos nematoides foi reduzida por toda a coluna (Tabela 5).

Tabela 5. Tabela de contingência e análise χ^2 para *Pratylenchus coffeae* recuperados em cada anel aos 2, 4, 6 e 8 dias após a injeção (DAI) em colunas com solo argiloso submetido a diferentes níveis de salinidade.

	Média de juvenis e adultos recuperados por anel					χ^2 (p value)
	0-2 cm	2-4 cm	4-6 cm	6-8 cm	8-10 cm	
<i>P. coffeae</i>	971,58	80,42	22,06	9,69	7,19	3268(<2,2x10 ⁻¹⁶)
DAI						
2	1437,31	53,00	14,12	1,87	0,00	
4	1058,94	127,87	33,00	8,75	7,37	
6	832,12	76,37	21,69	20,37	13,62	
8	557,94	64,44	19,44	7,75	7,75	124,08(<2,2x10 ⁻¹⁶)

O maior percentual de juvenis e adultos de *P. coffeae* permaneceu no anel de injeção, em que, 95,4; 85,7; 86,3 e 84,9% foram encontrados aos 2, 4, 6 e 8 DAI, respectivamente. Aos 2 DAI, nenhum nematoide foi encontrado entre 8 a 10 cm. A maioria de *P. coffeae* que migrou concentrou-se entre 2 e 4 cm, com porcentagem de 10,3% aos 4 DAI e 9,8% aos 8 DAI. Cerca de 1% dos nematoides percorreram a distância de 8 a 10 cm, aos 6 e 8 DAI (Figura 3).

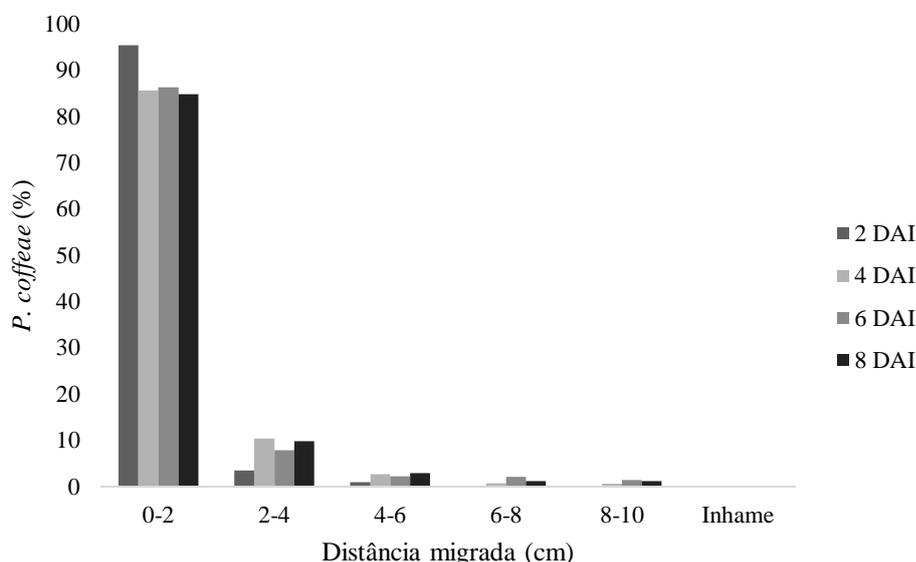


Figura 3. Distribuição de juvenis e adultos de *Pratylenchus coffeae* aos 2, 4, 6 e 8 dias após a injeção (DAI) em colunas com solo argiloso submetido a diferentes níveis de salinidade.

7. DISCUSSÃO

As condições físicas do solo podem interferir na variabilidade da população de nematoides (RITZINGER; FANCELLI, 2006). Esses parasitos adaptam-se melhor a solos que apresentem texturas arenosas, areia franca e franco arenosas. Segundo Gallardo et al. (2015), *Pratylenchus* apresentam bom desenvolvimento em solos com textura arenosa e franco arenosa. Além disso, a migração dos nematoides está relacionada ao espaço poroso do solo. Como os solos arenosos possuem poros maiores, pode haver melhor migração de nematoides parasitos de planta, aumentando também a infectividade (WALLACE, 1958; RINALDI; NUNES; MONTECELLI, 2014). A movimentação de *P. coffeae* foi bem distribuída ao longo das colunas. Aos 2 DAI, os espécimes estavam presentes nas maiores distâncias das colunas, mostrando a facilidade de migração de *P. coffeae* em solo arenoso.

A textura do solo afeta a motilidade do nematoide e a busca da localização da planta hospedeira (ROCHA et al., 2016). Noe e Barker (1985) relataram que a porcentagem de argila tem relação com as densidades de nematoides presentes no solo, podendo ainda influenciar as relações hídricas da planta hospedeira e afetar a mobilidade e distribuição do nematoide. Segundo Gallardo et al. (2015), o ciclo de vida dos nematoides é limitado quando encontrados em solos argilosos, como solos de textura franco argilo arenosa. Nas colunas com solo argiloso, *P. coffeae* teve a mobilidade reduzida ao longo dos dias e à medida que as distâncias aumentavam. Nenhum juvenil ou adulto foi observado nas extremidades das colunas aos 2 DAI, visto que, grande parte permaneceu concentrada no anel de injeção, confirmando que em solos argilosos a migração e a distribuição dos nematoides são afetadas negativamente.

Os solos argilosos são constituídos por poros menores, dificultando ou impossibilitando a mobilidade dos nematoides (WALLACE, 1958). Em estudos de movimentação de *M. enterolobii*, *M. incognita* e *P. coffeae* em colunas com solo argiloso, Barros et al. (2016) verificaram que o movimento dos nematoides foi praticamente nulo. Pudasaini, Viaene e Moens (2007) estudando a migração vertical de *P. penetrans* em colunas, observaram que a migração foi reduzida conforme houve o aumento da distância entre os nematoides e os hospedeiros. Fato que pode estar associado aos resultados encontrados nesse trabalho, nos quais, a maioria dos espécimes permaneceram nas menores distâncias e apenas 1% de *P. coffeae* migrou até as extremidades das colunas com solo argiloso, sugerindo que as características deste solo têm efeito direto na mobilidade dos nematoides.

Os estímulos vegetais são essenciais para que os nematoides localizem plantas hospedeiras e locais de alimentação, influenciando o movimento dos nematoides em direção a sítios de invasão favoráveis (CURTIS, 2008). Os nematoides podem migrar por dias em busca de hospedeiros (KOPPENHÖFER; FUZY, 2003). Os nematoides parasitos de planta tendem a escolher o caminho mais curto para chegar a um sítio de alimentação favorável (REYNOLDS et al., 2011). Além disso, os nematoides produzem movimentos aleatórios permitindo que eles alcancem às raízes por meio de atributos edáficos, como concentração de sais e gases, pH, entre outros (DAVIS; EARL; TIMPER, 2014). Aos 2 DAI, os juvenis e adultos já haviam migrado para distâncias maiores que 8 cm, atraídos em direção às cascas de inhame, demonstrando que os estímulos influenciaram a mobilidade dos nematoides nas colunas com solo arenoso. Assim, os resultados sugerem que com o passar dos dias, mesmo com o aumento dos níveis de salinidade, os juvenis e adultos conseguiram migrar até as extremidades das colunas com solo arenoso, atraídos em busca do sítio de alimentação.

Vários sais e íons podem influenciar a sobrevivência dos nematoides, com efeitos diversos em diferentes concentrações (JAIRAJPURI; AZMI; BAJAJ, 1974). Os sais afetam não só a sobrevivência dos nematoides como também a sua movimentação (QI et al., 2015). Segundo Burr e Robison (2004), os nematoides também desenvolveram mecanismos intrínsecos para transpor as mudanças que ocorrem no ambiente e sob estresses ambientais, favorecendo a sobrevivência de espécies. Maggenti e Hardan (1973) em trabalho realizado utilizando diferentes níveis de concentração salina de NaCl, MgCl₂, CaCl₂, Na₂SO₄ e MgSO₄ em solo, verificaram que a população constante de *M. javanica* nos níveis mais altos de salinidade pode refletir a sobrevivência dos nematoides, em vez de uma redução no potencial reprodutivo. Neste experimento, os nematoides percorreram todas as colunas preenchidas com solo arenoso. Até nos maiores níveis de salinidade ao longo dos dias, os nematoides migraram até a maior distância entre 8 a 10 cm, podendo evidenciar, que os juvenis e adultos de *P. coffeae* utilizaram mecanismos para conseguir sobreviver ao ambiente salino e migrarem ao longo das colunas.

A distribuição de nematoides no solo pode indicar que as espécies têm tolerâncias relativas diferentes à salinidade do solo (NKEM et al., 2006). Segundo Qi et al. (2015), avaliando a quimiotaxia de *M. incognita* em resposta a diferentes sais, verificaram que sais contendo ânions de Cl⁻ e SCN⁻ apresentaram ação repelente para o nematoide em estudo. Em estudos sobre migração vertical de *P. coffeae* em colunas com solo salino, Silva (2020) relatou que a migração dos nematoides foi afetada negativamente pela salinidade. Por outro lado, Magalhães et al. (2021) relataram que a salinidade não afetou a eclosão, a mobilidade e a infectividade dos juvenis de *M. enterolobii* imersos em solução salina in vitro, por 15 dias. Dessa forma, os estudos demonstram que as espécies podem ter diferentes reações quando submetidas à salinidade. No entanto, níveis moderados de sais podem causar menos estresse osmótico ao nematoide e estimular sua atividade reprodutiva (THURSTON; NI; KAYA, 1994). No estudo, nas colunas com solo arenoso, em geral, os espécimes não tiveram a mobilidade afetada pela concentração de sais no solo.

Pesquisas relacionadas à migração de *Pratylenchus* spp. em condições salinas são necessárias, o que reforça a importância de novos estudos para compreender o comportamento desses nematoides sob efeito da salinidade, buscando-se estratégias de manejo adequadas e eficazes.

8. CONCLUSÕES

- Solos argilosos dificultam a migração horizontal a longas distâncias de *P. coffeae*, independentemente do nível de salinidade do solo;
- Juvenis e adultos de *P. coffeae* podem migrar distâncias maiores que 8 cm em colunas de PVC preenchidas com solo arenoso, mesmo sob altos níveis de salinidade.

REFERÊNCIAS

- ADERALDO, F. Í. C.; BRAGA, J. D. A. F.; FERREIRA, G. S.; COSTA, F. R. S.; BRITO, P. O. B.; GONDIM, F. A. Efeitos combinados da seca e da salinidade no crescimento de plantas de mulungu (*Erythrina Velutina* Wild). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.3, n.3, p.2732-2740, 2020.
- BARRETT, J. E.; WALL, D. H.; VIRGINIA, R. A.; PARSONS, A. N.; POWERS, L. E.; BURKINS, M. B. Biogeochemical parameters and constraints on the structure of soil biodiversity. **Ecology**, v.85, p.3105–3118, 2004.
- BARROS, P. A.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F. E.; MIRANDA, J. H.; ROLIM, M. M.; DAVID, M. F. L. Dinâmica populacional de fitonematoides sob regimes de fluxo de água em colunas de solo. **Nematropica**, v.46, n.2, p.244-260, 2016.
- BERNARD, G. C.; EGNIN, M.; BONSI, C. The Impact of Plant-Parasitic Nematodes on Agriculture and Methods of Control. In: **Nematology-Concepts, Diagnosis and Control**. InTech, p.121-151, 2017.
- BHATT, M. J.; PATEL, A. D.; BHATTI, P. M.; PANDEY, A. N. Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in Seedlings of *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae). **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v.16, p.383-401, 2008.
- BURKE, M.; SCHOLL, E. H.; BIRD, D. M.; SCHAFF, J. E.; COLMAN, S. D.; CROWELL, R.; DIENER, S.; GORDON, O.; GRAHAM, S.; WANG, X.; WINDHAM, E.; WRIGHT, G. M.; OPPERMAN, C. H. The plant parasite *Pratylenchus coffeae* carries a minimal nematode genome. **Nematology**, v.17, n.6, p.621-637, 2015.
- BURR, A. H. J.; ROBINSON, A. F. Locomotion behaviour. In: GAUGLER, R.; BILGRAMI, A. L. (Eds.). **Nematode behaviour**. Wallingford: CAB International, 2004. p.25-62.
- CARPICI, E. B.; CLIK, N.; BAYRAM, G. The effects of salt stress on the growth, biochemical parameter and mineral element content of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. **African Journal of Biotechnology**, v.9, p.6937-6942, 2010.
- CURTIS, R. H. C. Plant-nematode interactions: Environmental signals detected by the nematode's chemosensory organs control changes in the surface cuticle and behaviour. **Parasite**, v.15, p.310-316, 2008.
- DAVIS, R. F.; EARL, H. J.; TIMPER, P. Effect of simultaneous water deficit stress and *Meloidogyne incognita* infection on cotton yield and fiber quality. **Journal of Nematology**, v.46, n.2, p.108-118, 2014.
- DIAS, N. da S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R. de; FERREIRA, J. F. da S.; SOUSA NETO, O. N. de; QUEIROZ, I. S. R. de. Efeitos dos sais no solo e na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F de; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e Aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.11, p.151-161.

- EDONGALI, E. A.; DUNCAN, L.; FERRIS, H. Influence of salt concentration on infectivity and development of *Meloidogyne incognita* on tomato. **Revue de Nématologie**, v.5, n.1, p.111-127, 1982.
- EDONGALI, E. A.; FERRIS, H. Varietal response of tomato to the interaction of salinity and *Meloidogyne incognita* infection. **Journal of Nematology**, v.14, p.57-62, 1982.
- ERB, M.; LU, J. Soil abiotic factors influence interactions between belowground herbivores and plant roots. **Journal of Experimental Biology**, v.64, n.5, p.1295-1303, 2013.
- FAJARDO P. M.; ABALLAY E. E.; CASANOVA P. M. Soil properties influencing phytoparasitic nematode population on chilean vineyards. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, Chile, v.71, p.240-248, 2011.
- FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016. 251p.
- FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de fitonematoídes**. Viçosa: UFG, 2010. 306p.
- FRANCILINO, A. H.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M.; CARDOSO, M. S. O.; MARANHÃO, S. R.V. L. Efeito do fluxo de água, isca vegetal e volume de poros do solo na mobilidade de *Pratylenchus coffeae*. **Nematropica**, v.47, n.1, p.63-73, 2017.
- GALLARDO, J. Á. M.; VALDÉS, T. D.; RUVALCABA, L. P.; MOLAR, R. A.; TORRES, J. V.; FASIO, J. A. C. Nematodos fitoparasitos y su relación con factores edáficos de papaya en Colima, México. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v.6, n.1, p.251-257, 2015.
- GANDONOU, C. B.; BADA, F.; GNANCADJA; S. L.; ABRINI, J.; SKALI-SENHAJI, N. Effects of NaCl on Na⁺, Cl⁻ and K⁺ ions accumulation into sugarcane (*Saccharum* sp.) cultivars differing in their salt tolerance. **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry**, v.3, p.155-162, 2011.
- HAEGEMAN, A.; MANTELIN, S.; JONES, J. T.; GHEYSEN, G. Functional roles effectors of plant-parasitic nematodes. **Gene**, v.492, n.1, p.19-31, 2012.
- HASANUZZAMAN, M.; ALAM M. M.; RAHMAN A.; HASANUZZAMAN M.; NAHAR K.; FUJITA M. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **BioMed Research International**, v.1, p.1-17, 2014.
- JAIRAJPURI, M. S.; AZMI, M. I.; BAJAJ, H. K. Studies on nematode behaviour I. Effect of pH and salt concentrations on the survival of *Hoplolaimus indicus*, *Helicotylenchus indicus*, *Xiphinema basiri* and *Mylonchulus minor*. **Indian Journal of Nematology**, v.4, p.171-181, 1974.
- JAMES, R. A.; BLAKE, C.; ZWART, A. B.; HARE, C. R. A.; RATHJEN, A. J.; MUNNS, R. Impact of ancestral wheat sodium exclusion genes Nax1 and Nax2 on grain yield of durum wheat on saline soils. **Functional Plant Biology**, Victoria, v.39, p.609-618, 2012.

- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, n.9, 1964.
- JESUS, A. M.; WILCKEN, S. R. S. Reprodução de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *Pratylenchus coffeae* em diferentes cultivares de bananeira. **Nematologia Brasileira**, v.34, n.1, p.3-9, 2010.
- KHAN, A. A.; KHAN, M. W. Influence of salinity stresses on hatching and juvenile mortality of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* (race 2) and *Meloidogyne javanica*. **Pakistan Journal of Nematology**, v.8, p.107-111, 1990.
- KOPPENHÖFER A. M.; FUZY E. M. Ecological characterization of *Steinernema scarabaei*, a scarab-adapted entomopathogenic nematode from New Jersey. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.83, n.2, p.139–148, 2003.
- KUBO, R. K.; SILVA, R. A.; TOMAZINI, M. D.; OLIVEIRA, C. M. G.; MAZZAFERA, P.; INOMOTO, M. M. Pathogenicity of *Pratylenchus coffeae* on seedlings of coffee cv. Mundo Novo. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.41-48, 2003.
- KUMAR, V.; SHRIRAM, V.; NIKAM, T. D., JAWALI, N.; SHITOLE, M. G. Sodium chloride-induced changes in mineral nutrients and proline accumulation in indica rice cultivars differing in salt tolerance. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.1999-2017, 2008.
- KUMAR, T.; KHAN, M. R.; JAN, S. A.; AHMAD, N.; NIAZ ALI, N.; ZIA, M. A.; ROOMI, S.; IQBAL, A.; ALI, G. M. Efficient regeneration and genetic transformation of sugarcane with AVP1 gene. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, Dubai, v.14, p.165-171, 2014.
- MAGALHÃES, P. R.; SILVA, C. F. B; SOUZA JUNIOR, F. J. C.; MESQUITA, R. O.; SANTOS, C. D. G. Effect of salt stress on the parasitism of *Meloidogyne enterolobii* in cowpea. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v.10, n.10, 2021.
- MAGGENTI, A. R.; HARDAN, A. The effects of soil salinity and *Meloidogyne javanica* on tomato. **Journal of Nematology**, v.5, n.4, p.231, 1973.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MEDEIROS, P. R. F. de; SILVA, E. F. de F. e; DUARTE, S. N. Salinidade em ambiente protegido. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de.; GOMES FILHO, E. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.9, p.113-120.
- MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade de água para irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. Dissertação mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, p.173. 1992.
- MOURA, R. M.; MONTEIRO, A. R. *Pratylenchus coffeae* on yam in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.20, p.256, 1995.

MOURA, R. M.; GUIMARÃES, L. M. P.; PEDROSA, E. M. R.; ASANO, R. Estudos sobre a origem da morte-súbita da gravioleira. **Nematologia Brasileira**, v.23, p.62-68, 1999.

MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R.; PRADO, M. D. C. Incidência de *Pratylenchus coffeae* causando severa nematose em cafeeiro no Nordeste. **Fitopatologia Brasileira**, v.27, p.649-649, 2002.

MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? **New Phytologist**, Cambridge, v.208, p.668-673, 2015.

NIELSEN, A. L.; SPENCE, K. O.; NAKATANI, J.; LEWIS, E. E. Effect of soil salinity on entomopathogenic nematode survival and behaviour. **Nematology**, v.13, n.7, p.859-867, 2011.

NKEM, J. N.; VIRGINIA, R. A.; BARRET, J. E.; WALL, D. H.; LI, G. Salt tolerance and survival thresholds for two species of Antarctic soil nematodes. **Polar Biology**, v.29, n.8, p.643-651, 2006.

NOE, J. P.; BARKER, K. R. Relation of Within-Field Spatial Variation of Plant-parasitic Nematode Population Densities and Edaphic Factors. **Phytopathology**, v.75, p.247-252, 1985.

OLIVEIRA, A. K. dos S.; PEDROSA, E. M. R.; DICKSON, D. W.; VAU, S. J. S. S. O.; DE SÁ LEITÃO, D. A. H.; SILVA, E. F. F. Migration and penetration of *Meloidogyne enterolobii* and *M. incognita* in soil columns with tomato and marigold. **European Journal of Plant Pathology**, v.158, p.591-598, 2020.

OLIVEIRA, C. M. G.; BESSI, R.; HARAKAVA, R.; MACHADO, A. C. Z.; KUBO, R. K. Técnicas moleculares e microscopia eletrônica de varredura no esclarecimento da posição taxonômica da população K5 de *Pratylenchus* sp. **Nematologia Brasileira**, v.35, p.36-45, 2011.

OLIVEIRA, I. S.; MOURA, R. M.; MAIA, L. C. Considerações sobre a cultura do inhame da costa e podridão-verde, principal causa de perdas durante o armazenamento. **Anais da Academia Pernambucana de Ciências Agronômicas**, v.2, p.90-106, 2005.

PERRY R. N.; MOENS, M. (Ed.). **Plant Nematology**. 2.ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI Publishing, 2013. 536p.

PUDASAINI, M. P.; VIAENE, N.; MOENS, M. The influence of host and temperature on the vertical migration of *Pratylenchus penetrans*. **Nematology**, v.9, n.3, p.437-447, 2007.

QI, Y.; MENG, L.; CAO, S.; LI, M.; CHEN, S.; YE, D. Chemotaxis of *Meloidogyne incognita* in response to different salts. **Agricultural Sciences**, v.6, p.900-907, 2015.

R CORE TEAM (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- REYNOLDS, A. M.; DUTTA, T. K.; CURTIS, R. H. C.; POWERS, S. J.; GAUR, H. S.; KERRY, B. R. Chemotaxis can take plant-parasitic nematodes to the source of a chemoattractant via the shortest possible routes. **Journal of the Royal Society Interface**, v.8, n.57, p.568-577, 2011.
- RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e Classificação dos Solos Afetados por Sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F de; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e Aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.2, p.9-15.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C, U.S. Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA Agriculture Handbook, 60).
- RINALDI, L. K.; NUNES, J.; MONTECELLI, T. D. N. Efeito de texturas do solo sobre populações de *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* em soja. **Cultivando o Saber**, v.7, n.1, p.83-101, 2014.
- RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M.; RITZINGER, R. Nematoides: bioindicadores de sustentabilidade e mudanças edafoclimáticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1289-1296, 2010.
- RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.2, p.331-338, 2006.
- ROCHA, F. S.; CAMPOS, V. P.; FERNANDES, M. F. G.; MUNIZ, M. F. S. Migration and reproduction of *Meloidogyne incognita* in two soil textures. **Nematropica**, v.46, p.162-171, 2016.
- ROMAN, J.; HIRSCHMANN, H. Morphology and morphometrics of six species of *Pratylenchus*. **Journal of Nematology**, v.1, p.363-386, 1969.
- SGRIGNOLI, L. A.; ALMEIDA, A. G.; OLIVEIRA, A. S.; OTOBONI, A. M. M. B.; PARDO, R. B.; MARINELLI, P. S.; OTOBONI, C. E. M. Análise química do solo e levantamento de fitonematoides em hortas do município de Marília/SP. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.25, n.1, p.1-16, 2014.
- SILVA, I. A. C. e. **Motilidade e migração de nematoides em ambientes salinos**. 2020. Dissertação mestrado - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.
- SOARES FILHO, W. dos S.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; MIRANDA, R. de S. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de.; GOMES FILHO, E. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.17, p.259-271.
- SOUZA JUNIOR, F. J. C.; PEDROSA, E. M. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; MARANHÃO, S. R. V. L.; VICENTE, T. F. S. Variabilidade espaço-temporal de *Meloidogyne* e *Pratylenchus* em áreas de cana-de-açúcar sob manejo de irrigação. **Nematropica**, v.50, n.2, p.186-199, 2020.

SUMERA, M. A.; SAEED, R.; AHMED, T. Effect of salinity and root-knot nematode on growth of eggplant (*Solanum melongena* L.). **Journal of Biology**, v.5, n.1, 93-97, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TIHOHOD, D. **Nematologia Agrícola Aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 372p., 1993.

THURSTON, G. S.; NI, Y.; KAYA, H. K. Influence of Salinity on Survival and Infectivity of Entomopathogenic Nematodes. **Journal of Nematology**, v.26, n.3, p.345-351, 1994.

VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G.; LIMA JÚNIOR, A. R.; QUEIROZ, J. E.; FAUSTO, M. J. M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p.216-222, 2001.

WALLACE, H. R. The dynamics of nematode movement. **Annual Review of Phytopathology**, v.6, n.1, p.91-114, 1968.

WALLACE, H. R. Movement of eelworms. I. The influence of pore size and moisture content of the soil on the migration of larvae of the beet eelworm, *Heterodera schachtii* Schmidt. **Annals of Applied Biology**, v.46, n.1, p.74-85, 1958.

WHITEHEAD, A.G.; HEMMING, J.R. A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. **Annals of Applied Biology**, v.55, p.25-38, 1965.

YEATES, G. W. Effects of plants on nematode community structure. **Annual Review Phytopathology**, v.37, p.127-149, 1999.

ZAKI, M. J.; KHAN, D.; ABID, M. Nematodes in the saline environment: a mini overview. **International Journal Biology and Biotechnology**, v.9, n.1-2, p.99-113, 2012.

ZIA, A.; GUO, B.; ULLAH, I.; AHMAD, R.; KHAN, M. A.; ABBASI, B. H.; WEI, Y. Salinity tolerance and site of K⁺ accumulation in four maize varieties grown in Khyber Pakhtoonkhwa region of Pakistan. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.5, n.25, p.6040-6047, 2011.

ZIMMERMANN, A.W. P. De nematoden der koffie wortels. Deel I. **Mededeel's Lands Plantentuin (Buitenzorg)**, v.27, p.1-64, 1898.