



**UFRPE**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**EFEITO DO FLUXO DE ÁGUA, ESTÍMULO VEGETAL E VOLUME  
DE POROS DO SOLO NA MOBILIDADE DE *Pratylenchus coffeae***

ANNA HOZANA FRANCILINO

RECIFE - PE  
2016

ANNA HOZANA FRANCILINO

**EFEITO DO FLUXO DE ÁGUA, ESTÍMULO VEGETAL E VOLUME  
DE POROS DO SOLO NA MOBILIDADE DE *Pratylenchus coffeae***

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do grau de *mestre* em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Conservação de água e solo

ORIENTADORA: Profa. Dra. Elvira Maria Regis Pedrosa

RECIFE - PE  
2016

Ficha catalográfica

F815e Francilino, Anna Hozana  
Efeito do fluxo de água, estímulo vegetal e volume de poros do solo na mobilidade de *Pratylenchus coffeae* / Anna Hozana Francilino. – Recife, 2016.  
42 f. : il.

Orientadora: Elvira Maria Regis Pedrosa.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, 2016.  
Inclui referências.

1. Coluna de solo 2. *Dioscorea cayennensis* 3. Nematóides das lesões radiculares I. Pedrosa, Elvira Maria Regis, orientadora  
II. Título

CDD 631

ANNA HOZANA FRANCILINO

**EFEITO DO FLUXO DE ÁGUA, ESTÍMULO VEGETAL E VOLUME  
DE POROS DO SOLO NA MOBILIDADE DE *Pratylenchus coffeae***

APROVADO EM \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

---

Profa. Dra. Elvira Maria Regis Pedrosa  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE  
**ORIENTADORA**

---

Prof. Dr. Ênio Farias França e Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE  
**MEMBRO**

---

Profa. Dra. Andrea Chaves Fiuza  
Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina - UFRPE  
**MEMBRO**

Ao meu querido Deus. A meus pais, Manoel Francelino Neto e Maria Cilene da Conceição Francelino, e o meu irmão Samuel Francelino.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu amado Deus por toda força, amor e coragem para trilhar mais essa jornada da vida, por ter inclinado a mim o seus ouvidos e pela doce presença do seu Espírito Santo todos os dias.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE e, em especial, ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola pelo apoio.

A CAPES, pelo apoio financeiro.

A professora Dra. Elvira Maria Regis Pedrosa e ao professor Dr. Ênio Farias França e Silva pela orientação, co-orientação e por toda paciência, dedicação e apoio que me deram para a realização desse trabalho.

A todos os professores que me acompanharam nessa etapa, por todo ensinamento.

Aos companheiros do Laboratório de Fitonematologia, Adelmo, Alain, Ana Karina, Diego, Mariana David, Mércia Cardoso, Patrícia Ângelo, Sandra Maranhão e a professora Dra. Lilian Guimarães, por todo ensinamento e experiência adquirida.

Aos colegas da pós-graduação, Carol Lima, Douglas Alberto, Danilo, Mara, Renato, Sísigo Acuña.

A toda minha família, em especial, meus pais, Nelzinho e Cilene, e meu querido irmão Samuel, por toda educação, cuidado, dedicação e amor. Ao meu namorado, Juarez Júnior pela felicidade e amor que me concede todos os dias. A minha prima Luana Fernandes por toda alegria e companheirismo.

Aos meus amigos e companheiros de casa, Fábio Ferreira, Gebson Pinheiro e Jhon Lennon pelo companheirismo, alegrias, aprendizado e força nos dias mais difíceis.

Aos amigos mais chegados que irmãos da Igreja Presbiteriana da Várzea pelo amável acolhimento, companheirismo e alegrias.

Finalmente agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“De longe trarei o meu conhecimento e ao meu Criador atribuirei a justiça.”

Jo 36:2

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2. OBJETIVO.....</b>   | <b>14</b> |
| 2. 1 Geral .....  | 14        |
| 2. 2 Específicos.....   | 14        |
| <b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>   | <b>15</b> |
| 3. 1 IMPORTÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO DOS NEMATÓIDES DO GÊNERO <i>PRATYLENCHUS</i> .....        | 15        |
| 3. 2 BIOLOGIA DE <i>PRATYLENCHUS</i> SPP. ....  | 16        |
| 3. 2. 1. Efeito de exsudatos radiculares no comportamento de <i>Pratylenchus</i> spp..... | 17        |
| 3. 3. MOVIMENTO DO FITONEMATOIDE NO SOLO.....   | 18        |
| 3. 4. MOVIMENTO DE ÁGUA NO SOLO.....  | 19        |
| 3. 4. 1 Fluxo de água em solo saturado .....  | 20        |
| 3. 4. 2 Fluxo de água em solo não saturado.....   | 20        |
| <b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>   | <b>22</b> |
| 4.1 LOCAL DE PESQUISA .....   | 22        |
| 4.2 OBTENÇÃO DAS POPULAÇÕES DE <i>PRATYLENCHUS</i> .....                                  | 22        |
| 4.3 OBTENÇÃO DE ISCAS DE INHAME E <i>TAGETES PATULA</i> .....                             | 22        |
| 4.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....   | 23        |
| 4. 4. 1 Colunas sem fluxo de água.....  | 24        |
| 4. 4. 2 Colunas com fluxo de água .....   | 26        |
| 4. 5. Análise estatística .....   | 27        |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>  | <b>29</b> |
| <b>6. CONCLUSÕES.....</b>   | <b>37</b> |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema de extração de *Pratylenchus coffeae* em funil de Baermann.....22
- Figura 2.** Plantas de *Tagetes patula* em casa de vegetação (A). Flor de *T. patula* (B). .....23
- Figura 3.** Data logger HOBO® OSENT utilizado para verificação de temperatura ambiente (A) e do interior da coluna (B). .....24
- Figura 4.** Esquema de utilização do dispositivo experimental para avaliar o movimento de *Pratylenchus coffeae* em estádio juvenil e adulto em colunas não saturadas preenchidas com areia lavada (FUJIMOTO et al., 2009 Adaptado). .....25
- Figura 5.** Esquema de utilização do dispositivo experimental para avaliar o movimento de *Pratylenchus coffeae* em estádios juvenil e adulto em colunas de areia lavada submetidas a fluxo de água (FUJIMOTO et al., 2009 Adaptado).....26
- Figura 6.** Distribuição de juvenis e adultos de *Pratylenchus coffeae* em função da direção e tipo de isca em colunas de areia lavada sem fluxo de água cinco dias após a injeção do nematoide. Coluna testemunha sem isca (A); Coluna com isca de raízes picotadas de *Tagetes patula* (B); Coluna com isca de túberas picotadas de inhame da costa (C). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as três condições de isca pelo teste  $X^2$  a 0.01% de probabilidade. ....29
- Figura 7.** Temperatura ambiente e do interior das colunas sem fluxo de água. ....31
- Figura 8.** Distribuição de juvenis e adultos de *P. coffeae* em colunas de areia lavada após fluxo de água com cinco dias após a injeção de nematoides. Entrada do fluxo (+), saída do fluxo (-). Coluna testemunha sem isca (A); Coluna com isca de raízes picotadas de *Tagetes patula* (B); Coluna com isca de túberas picotadas de inhame da costa (C). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as três condições de isca pelo teste  $X^2$  a 0.01% de probabilidade. ....32
- Figura 9.** Movimento de juvenis e adultos de *Pratylenchus coffeae* em colunas segmentadas preenchidas com areia lavada com flutuação de valores de  $C/C_0$  em função do volume de poros (FUJIMOTO et al., 2009; MIRANDA, 2001). Coluna testemunha sem isca (A); Colunas com raízes picotadas de *Tagetes patula* (B); Colunas com isca de túberas picotadas de inhame da costa (C). ....35
- Figura 10.** Temperatura ambiente e do interior das colunas com fluxo de água. ....37

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1.</b> Características físicas da areia lavada.....  | 24 |
| <b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância do número de <i>Pratylenchus coffeae</i> e taxa de detecção ( $C/C_0$ ) do nematoide em colunas segmentadas preenchidas com areia lavada sob fluxo de água. .... | 34 |
| <b>Tabela 3.</b> Número médio de <i>Pratylenchus coffeae</i> para a interação entre volume de poros (VP) e raízes usadas como iscas. ....  | 34 |

## RESUMO

Os fitonematoídeos estão entre os principais agentes causadores de doenças e danos às culturas cujo controle, na maioria dos casos, representa um processo difícil e contínuo. Uma das dificuldades é o modo como esses organismos estão disseminados na área, o que torna de amplo interesse estudos que simulem o movimento dos nematoídeos no solo, já que o transporte desses organismos é fortemente influenciado pelo movimento da água. No presente estudo foi avaliada a influência do fluxo de água ( $5 \text{ ml min}^{-1}$ ), do volume de poros do solo (VP) e de iscas constituídas por raízes picotadas de cravo de defunto (*Tagetes patula*) e cascas de inhame da costa (*Dioscorea cayennensis*) na mobilidade do nematoídeo das lesões radiculares (*Pratylenchus coffeae*) em colunas de solo deformado. A mobilidade de juvenis e adultos de *P. coffeae* foi monitorada em colunas confeccionadas em resina acrílica, preenchidas com areia lavada e com uma das extremidades exposta às iscas. Cinco dias após a infestação do solo nas colunas sem fluxo de água, a mobilidade de *P. coffeae* foi afetada significativamente pelas variáveis estudadas. Nas colunas com fluxo de água a mobilidade e direção do nematoídeo foi significativamente ( $P < 0,01$ ) afetada pelo tipo de isca e VP do solo. A taxa de lixiviação dos nematoídeos tendeu a aumentar gradualmente a partir de 1,4 VP. De modo geral, a maioria dos nematoídeos foram lixiviados pelo fluxo de água para a extremidade de saída da coluna (sentido negativo), embora colunas com iscas de raízes de *T. patula* tenham lixiviado mais nematoídeos. Por outro lado, na presença de cascas de inhame, alguns nematoídeos conseguiram resistir ao fluxo permanecendo no ponto de entrada de água e na seção onde estavam as cascas.

**Palavras-Chave:** Coluna de solo, *Dioscorea cayennensis*, nematoídeo das lesões radiculares, *Tagetes patula*.

## ABSTRACT

The plant-parasitic nematodes are among of the main plant diseases inducers causing serious damage to the crops. The control of these parasites is a challenging and complex task. Because the distribution approach of nematodes in field and the high influence of water movement on parasite transport in soil, researches simulating the nematode movement in soil have been strongly encouraged. In this study the effect on the lesion nematode *Pratylenchus coffeae* movement of water flux ( $5 \text{ ml min}^{-1}$ ), soil pore volume (PV) and baits of *Tagetes patula* root pieces and yam (*Dioscorea cayennensis*) root barks was evaluated in deformed soil columns. The juveniles and adults mobility was monitored in acrylic resin columns, filled with washed sand, with one of the extremity exposed to one of the baits. In soil with no water flux *P. coffeae* mobility was affected by any variable five days after nematode infestation, in soil with water flux nematode mobility and direction was significantly ( $P < 0.01$ ) affected by the bait and soil PV. The nematode leaching gradually increased from 1.4 PV. In general, most nematodes were leached to the extremity opposite to the bait through the water flux (negative way), despite columns with *T. patula* root pieces presented higher nematode leaching. In contrast, in columns with yam root barks some of the nematodes endure to the water flux remaining in the water injection site close to the root barks.

**Keywords:** Soil column, *Dioscorea cayennensis*, root lesion nematode, *Tagetes patula*, soil pore volume.

## 1. INTRODUÇÃO

Os fitonematoides estão entre os principais patógenos da agricultura mundial em função das perdas significativas que causam em culturas de elevada importância econômica. São encontrados em maior número na região da rizosfera e parasitam raízes e/ou caules de diferentes plantas hospedeiras, afetando o crescimento e desenvolvimento. Em razão das diversas características peculiares aos fitonematoides, o controle é muito complexo e a adoção de medidas de manejo apenas reduz sua população após a infestação da área. A prevenção constitui o princípio mais importante para contornar esse problema, visto que, os métodos de controle tradicionais são baseados no uso de produtos químicos caros que elevam os custos de produção.

Devido aos impactos econômicos mundiais para diferentes culturas, o gênero *Pratylenchus* ocupa o segundo lugar entre todos os nematoides fitoparasitas, apresenta uma ampla gama de hospedeiros e distribuição generalizada em diversas regiões com climas tropical, subtropical e temperado (GOULART, 2008). Esses nematoides são endoparasitas migradores que causam danos em raízes de uma ampla gama de culturas, devido à sua alimentação, movimentação ativa e liberação de enzimas e toxinas no córtex radicular. Conhecidos como nematoides das lesões radiculares, *Pratylenchus* spp. são considerados mundialmente como um dos maiores problemas em culturas de grande importância econômica.

No Nordeste do Brasil, a espécie *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann) Filipjev & Stekhoven foi assinalada em diversas culturas agrícolas, entre as quais o inhame da costa (*Dioscorea cayennensis* Lam.), causando a doença denominada de casca-preta, em gravioleira, causando a morte súbita, e as pratilencoses do milho doce e do cafeeiro (MOURA 1999; MOURA et al., 2002; 2004). Rotação e sucessão de culturas não hospedeiras ou antagônicas, a exemplo de espécies de *Crotalaria* e *Tagetes*, são os métodos mais promissores de manejo de *Pratylenchus* spp., pois promovem expressiva redução populacional do nematoide após um período de cultivo (GOULART, 2008).

*Pratylenchus* spp. movem-se aleatoriamente no solo até perceberem um estímulo químico atrativo (GOULART, 2008). Quando isso ocorre, passam a movimentar-se seguindo o gradiente de concentração em direção a fonte estimuladora. Porém, vários fatores influenciam a migração do nematoide no solo. A migração ativa ocorre somente quando as condições são favoráveis. Assim, os nematoides têm migração, desenvolvimento e

sobrevivência influenciados pelas diferentes condições ambientais, destacando-se entre estas, umidade (WALLACE, 1968), temperatura (GRIFFIN; JENSEN, 1997), pH (MELAKEBERHAN et al., 2004), conteúdo de água (TOWSON; APT, 1983) e estrutura do solo (EO et al., 2008).

As condições do solo são altamente relevantes para a mobilidade de *P. coffeae* e, conseqüentemente, para a eficiência de infecção às plantas. No campo, as condições do solo são afetadas por fluxos de água devido à chuva e irrigação, que podem afetar a etologia do fitonematoide como habitante do solo. No entanto, pouco ainda se sabe sobre a relação entre o movimento do fitonematoide no solo, ou sob fluxo de água no solo, em função das diferentes espécies de plantas, sendo de grande importância simular adequadamente essa movimentação em diferentes condições. O entendimento desse comportamento é fundamental para o estabelecimento de novas práticas para o controle da disseminação do fitoparasita. Nesse sentido, esse estudo busca avaliar o estímulo de materiais oriundos de plantas atrativas boas hospedeiras do nematoide e de plantas antagônicas sobre a capacidade de *P. coffeae* resistir ou ser lixiviado em colunas de solo com ou sem fluxo de água.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Geral**

Estudar o estímulo de materiais oriundos de plantas atrativas boas hospedeiras de *P. coffeae* e de plantas antagônicas sobre a mobilidade do nematoide em colunas de solo com ou sem fluxo de água.

### **2.2. Específicos**

- Determinar a mobilidade de *P. coffeae* no solo em condições de máxima retenção de água;
- Determinar se o fluxo de água afeta a mobilidade de *P. coffeae* no solo;
- Avaliar se o estímulo de cascas de túberas de inhame da costa e de fragmentos de raízes de *Tagetes patula* L. afeta a mobilidade e direção de *P. coffeae* no solo;
- Avaliar a taxa de lixiviação de *P. coffeae* no solo em função do volume de poros.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Importância e distribuição dos nematoides do gênero *Pratylenchus*

Os fitonematoides prejudicam as plantas pela ação nociva sobre o sistema radicular, afetando a absorção e a translocação de nutrientes, alterando a fisiologia da planta. Esses organismos também podem predispor a planta a doenças e a estresses ambientais ou atuarem como transmissores de outros patógenos (EMBRAPA, 2005). Amplamente disseminados no Brasil, são responsáveis pela redução na produção e no valor comercial de diversas culturas de importância econômica.

Dentre estes patógenos, o nematoide das lesões radiculares, representado pelas espécies do gênero *Pratylenchus*, é reconhecido como um dos principais agentes causadores de perdas agrícolas em culturas de importância econômica no Brasil, a exemplo da soja (*Glycine max* L.), citros (*Citrus sinensis* L.), milho (*Zea Mays* L.), café (*Coffea arábica* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e diversas ornamentais (TENENTE et al., 2002). O gênero *Pratylenchus* ocupa o segundo lugar em importância entre os fitonematoides, superado apenas pelo nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) (TIHOHOD, 2000).

Setenta espécies de *Pratylenchus* já foram registradas no mundo. No Brasil, considerando as perdas econômicas, os danos causados, a distribuição geográfica e o número de hospedeiros, as mais importantes são *P. brachyurus*, *P. zae* e *P. coffeae* (GOULART, 2008). Esta última é uma espécie de alta virulência, encontrada sempre associada a perdas econômicas significativas (INOMOTO et al., 1998; MOURA et al., 2002). Embora seja provavelmente nativo dos países banhados pelo Pacífico, especialmente do litoral, do qual pode ter sido disseminado por meio de materiais oriundos de plantações infectadas (NGUYEN, 2010), *P. coffeae* tem distribuição pantrópica (CABI/EPPO, 2007).

No Nordeste brasileiro, *P. coffeae* foi reportado pela primeira vez por Moura e Monteiro (1995) em inhame da costa provocando sintomas semelhantes aos da doença “casca-preta”, originalmente causada pelo endoparasito migrador *Scutellonema bradys*. A doença é caracterizada por uma camada de tecidos necrosados, de coloração negra, cuja intensidade torna-se maior quando a temperatura de armazenamento das túberas mantém-se entre 24 a 31 °C, que favorece o aumento populacional do nematoide no interior da túbera, favorecendo também a incidência de organismos oportunistas.

Embora existam vários métodos alternativos para o controle deste fitonematoide, a eficiência é, em vários casos, inferior à observada para aqueles que empregam substâncias

nematicidas de origem sintética com elevada toxicidade (DINARDO-MIRANDA et al., 2008), o que torna urgente o desenvolvimento de medidas que visem reduzir a multiplicação e disseminação desses parasitas. Segundo Goulart (2008), plantas não hospedeiras ou antagônicas a certos nematoides, inclusive *Pratylenchus* spp., apresentam propriedades repelentes, como determinadas espécies de *Crotalaria* e *Tagetes*, e são excelentes opções para uso de rotação/sucessão, pois promovem expressiva redução populacional dos nematoides.

### **3.2. Biologia de *Pratylenchus* spp.**

Nematoides do gênero *Pratylenchus* são parasitas obrigatórios de órgãos vegetais subterrâneos (raízes, tubérculos, túberas, rizomas ou fruto hipógeo), migradores, de corpo fusiforme e tamanho microscópico, raramente excedendo a 0,9 mm de comprimento (FERRAZ, 1999). Segundo Roman; Hirschmann (1969), *P. coffeae* possui comprimento dos adultos variando de 0,43 a 0,6 mm, mas segundo Loof (1991) a média é de 0,9 mm.

O ciclo de vida de *Pratylenchus* spp. é simples e relativamente rápido, normalmente ocorrem várias gerações em uma única safra da cultura hospedeira. Altas populações podem ser detectadas nas raízes infectadas, logo no início do ciclo da cultura, porém essas podem se tornar extremamente baixas, especialmente na ausência da cultura hospedeira (LOOF, 1991).

Segundo Ferraz (1999), o ciclo de vida é formado pelo ovo, quatro estádios juvenis e a forma adulta. A infecção pode ocorrer por quase todos os estádios juvenis, exceto o primeiro estádio (J1) e pelos adultos. A fêmea deposita os ovos no interior das raízes ou no solo próximo à superfície das raízes. Em média, cada fêmea produz 80 a 150 ovos durante toda a vida. O tempo necessário para completar o ciclo de vida é de três a quatro semanas, porém varia muito, dependendo principalmente da temperatura, umidade, espécie de planta hospedeira e da espécie de *Pratylenchus* (TIHOHOD, 1997; FERRAZ; MONTEIRO, 1995; CASTILLO; VOVLAS, 2007). A eclosão dos juvenis é influenciada pela temperatura e ocorre sem a necessidade de estímulos das raízes das plantas, embora alguns exsudatos radiculares estimulem a eclosão (KARSSSEN; MOENS, 2006). Fatores químicos e físicos como umidade e aeração do solo, pH e produtos químicos orgânicos e inorgânicos contidos na água do solo também influenciam o processo de eclosão (TIHOHOD, 2000).

Para sobreviver no solo, nematoides do gênero *Pratylenchus* necessitam enfrentar e vencer diversas “ameaças”, tais como inimigos naturais (parasitas e predadores), variações de temperatura, umidade e pH do solo, e morte ou ausências da planta hospedeira. Fatores edáficos bióticos e abióticos influenciam muito na sobrevivência de espécies de *Pratylenchus*

no solo, bem como o desenvolvimento, reprodução e danos na cultura hospedeira. Muitas plantas daninhas são hospedeiras de espécies de *Pratylenchus*, contribuindo para a manutenção das populações no campo. A fase do ovo é a mais resistente e capaz de sobreviver por longos períodos na ausência de cultura hospedeira. Tanto os ovos quanto os juvenis apresentam mecanismos de sobrevivência em certas condições do solo (GOULART, 2008).

### **3.2.1. Efeito de exsudatos radiculares no comportamento de *Pratylenchus* spp.**

Os nematoides estabelecem uma relação parasítica com seu hospedeiro mediante o sucesso nas diversas fases dessa interação. Uma das fases iniciais é a atração que a planta exerce sobre o nematoide, decorrente da presença de compostos orgânicos produzidos e liberados pelas raízes. As fases seguintes envolvem o reconhecimento e penetração do nematoide na planta, movimentação pela região cortical e estabelecimento do sítio de alimentação, onde o nematoide pode permanecer ou não até atingir a maturidade e reproduzir-se (FARIA et al, 2003). A atração e reconhecimento acontecem graças aos sinais emitidos pelas raízes, na forma de compostos orgânicos como exsudatos, secreções e mucilagens (COOMANS, 1979; PROT, 1980). Porém, algumas plantas apresentam efeito antagônico a fitonematoides como as crotalárias e os cravos-de-defunto (*Tagetes* spp.) (FERRAZ et al., 2010).

O cravo-de-defunto é uma planta eficiente no controle de diversos fitonematoides, principalmente espécies de *Meloidogyne* e de *Pratylenchus* (HOOKS et al., 2010). Dentre as espécies cultivadas, *T. erecta* L. e *T. patula* L. são as mais estudadas no controle desses fitopatógenos (FERRAZ et al., 2010). Plantas como *Tagetes* spp. possuem mecanismos protetores que previnem a atração, penetração, migração, formação de sítio alimentar, nutrição, reprodução ou a sobrevivência dos nematoides, excretando substâncias nematicidas, como no caso do  $\alpha$ -tertienila, e são classificadas como plantas antagonistas, armadilhas, não hospedeiras ou resistentes. Plantas não hospedeira não liberam exsudatos atrativos no solo, ao contrário, liberam repelentes, de forma que os nematoides não migram em sua direção e não tentam estabelecer parasitismo (FRAGOSO et al., 2007). Vários estudos apresentam resultados com o uso de *Tagetes* spp. reduzindo populações de fitonematoides (ZAVALETA-MEJIA et al., 1993; MACHADO et al., 2007).

Kaplan e Keen (1980) verificaram que plantas de *T. erecta* são protegidas contra fitonematoides devido à natureza dos exsudatos radiculares. Isso ocorre devido ao efeito

supressivo dos exsudatos radiculares de *Tagetes* spp. sobre várias espécies de nematoides. Jagdale et al. (1999) relataram que o cultivo de *Tagetes* sp. reduziu a população de *P. penetrans* (Cobb), porém, não houve diferença significativa na população do nematoide quando partes da planta foram incorporadas ao solo como tratamento. Ploeg (2000) verificou que a incorporação ao solo de raízes de *T. patula* 'Single Gold' reduziu o número de galhas e a população final de *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood em raízes de tomateiro, mas essa redução foi inferior em comparação com aquela alcançada com o cultivo das plantas. Marahatta et al. (2012) constataram que *T. patula* controlou *Meloidogyne* spp. mais eficientemente quando cultivado em área com a presença dos nematoides de segundo estágio (J2) do que em estágio inativo (ovos). Porém, Morais (2014) observou que a incorporação das partes aéreas de *T. patula* e *T. erecta* não reduziu as populações de *P. coffeae* em raízes e túberas de inhame, em casa de vegetação. Nematoides,

### **3.3. Movimento de fitonematoide no solo**

Embora algumas espécies de fitonematoides eclodam no interior da planta hospedeira, e, conseqüentemente, tenha que migrar através dos tecidos da planta, no solo, após a eclosão do ovo, o fitonematoide se move em filmes de água que cobrem as partículas de solo, movimentando-se através de espaços de poros, cujo tamanho depende do tamanho dos poros do solo. Durante a locomoção há pouca perturbação das partículas, exceto em solos saturados de água. Uma vez que o nematoide não pode espremer-se através de espaços mais estreitos do que o próprio diâmetro do corpo, fica confinado à geometria do solo existente. Segundo Wallace (1968), os nematoides movem-se ao longo de uma pista sinusoidal através de partículas do solo mostrando uma mudança progressiva na curvatura ao longo do seu comprimento.

Devido ao hábito migrador os nematoides do gênero *Pratylenchus* são móveis no solo e no interior das raízes da planta hospedeira. Permanecem migradores durante todo o ciclo de vida e movimentam-se ativamente no solo até atingir o sistema radicular, podendo retornar ao solo (AGRIOS, 1997; FERRAZ; MONTEIRO, 1995). No solo, possuem capacidade de se movimentar por uma distância não maior que 1 a 2 m a partir da rizosfera da planta que infectam, porém muitas operações agrícolas, especialmente aquelas que envolvem trânsito de máquinas e veículos, favorecem a dispersão mais acentuada desses fitonematoides no campo. A migração ativa no solo ocorre somente quando a umidade, a textura e a temperatura do solo são favoráveis (WALLACE, 1973; CASTILLO; VOVLAS, 2007).

A faixa ótima de temperatura está por volta de 15°C a 30°C, faixas entre 5°C a 15°C e 30°C a 40°C podem torná-los inativos (FERRAZ, 2001), e temperaturas fora desses limites podem ser letais aos nematoides, dependendo do tempo de exposição. A umidade do solo deve estar por volta de 40% a 60% da capacidade de campo, pois solos saturados são desfavoráveis. Solos argilosos são desfavoráveis por dificultarem a movimentação e encharcarem facilmente, solos arenosos facilitam a movimentação por serem mais drenados, porém, as oscilações de umidade são maiores (FERRAZ et al., 2010). Geralmente, as plantas sofrem mais danos causados pelo nematoide em solos arenosos do que em solos de textura mais fina. Em condições favoráveis podem levar a planta à morte por colapso do sistema radicular (GOMES, 2005).

A textura do solo é um dos principais fatores que influenciam a distribuição de espécies de *Pratylenchus*. Endo (1959) demonstrou que solos arenosos favorecem *P. brachyurus*. A incidência de *P. penetrans* foi relacionada positivamente com a porcentagem de areia no solo e a quantidade de chuva (JORDAAN et al., 1989). Esta incidência da textura do solo é determinada por uma macroporosidade superior, o que produz uma maior circulação de ar e uma conseqüente aceleração dos processos biológicos (ARÉVALO et al., 2007).

Apesar do comportamento parasitário, fitonematoides gastam uma parte considerável do seu ciclo de vida no solo. Além da planta hospedeira, o tipo de solo também é conhecido por ser um fator importante que afeta a distribuição de nematoides (FAJARDO et al., 2011). As partículas do solo variam em tamanho, natureza e agregação em todas as dimensões (horizontal e vertical), fornecendo habitats inumeráveis para uma vasta diversidade de organismos. Assim, de acordo com Bongers e Ferris (1999), os organismos maiores vivem naturalmente nos canais do solo ou criam túneis e câmaras, enquanto os organismos menores, incluindo os nematoides, são principalmente aquáticos e vivem no filme de água entre as partículas de solo. O seu tamanho permite o movimento pelos poros entre partículas ou entre agregados, sem atividade de construção de túnel.

#### **3.4. Movimento de água no solo**

O solo é um material natural, sólido e poroso. Normalmente o espaço poroso do solo no campo é ocupado por quantidades variáveis de uma solução aquosa denominada água no solo e de uma solução gasosa denominada ar no solo; o solo nesta situação é dito estar não saturado. Quando o espaço poroso do solo está totalmente cheio de água, o solo é dito estar saturado (LIBARDI, 2005).

O potencial total de água no solo representa o somatório dos trabalhos realizados quando o volume ou massa infinitesimal de água num estado padrão é levada isotérmica, isobárica e reversivelmente para o estado considerado no solo, sendo que a tendência espontânea da água no solo como toda matéria no universo é assumir estados de menor energia potencial (HILLEL, 1980). O potencial de água no solo é o somatório dos potenciais que atuam na fase líquida do solo.

### 3.4.1 Fluxo de água em solo saturado

O solo contém uma grande quantidade de poros e canais de diversos tamanhos pelos quais a água pode fluir. A exata geometria destas aberturas é desconhecida, então são utilizadas médias aproximadas para definir equações de fluxo que descrevem o movimento de água em um meio poroso. O primeiro pesquisador a empregar este método foi Henry Darcy em 1856 (JURY, 1991).

Darcy mediu o volume de água que fluiu por unidade de tempo em colunas preenchidas de areia saturadas com o comprimento de água e área quando uma diferença de pressão hidrostática era aplicada por ele, e desenvolveu a seguinte equação:

$$q = -K_0 \frac{\Delta\psi_t}{\Delta z} \quad (1)$$

Em que,  $K_0$  é uma constante que diz respeito à transmissão da água através do solo na condição de saturação, ou seja, é uma propriedade do solo que traduz quão rápido ou devagar a água atravessa o solo, quando saturado. Por esse motivo,  $K_0$  é denominada condutividade hidráulica do solo saturado. O sinal negativo na Equação (1) indica que o fluxo de água se dá em direção a um decréscimo do potencial hídrico. A lei de Darcy pode ser generalizada para aplicar entre dois pontos quaisquer de um meio poroso saturados contanto que a diferença de potencial total da água entre os dois pontos seja conhecida (JURY, 1991).

### 3.4.2. Fluxo de água em solo não saturado

Quando o solo está parcialmente saturado, uma fase de ar está presente e o fluxo de água em canais é drasticamente modificado, comparando-se a solos saturados. Em solo não saturado, a fase líquida é ligada parcialmente através de superfícies sólidas e parcialmente por uma interface com o ar. Como o conteúdo de água diminui a pressão do líquido diminui e a água é restringida a canais mais tortuosos e mais estreitos (JURY, 1991).

Em 1907, Edgar Buckingham propôs uma modificação da lei de Darcy para descrever o fluxo de solo não saturado: a força motriz (*driving*) para fluxo de água em condição isoterma, rígida, em solos não saturados que não contém membrana de soluto e potencial de pressão de ar zero, é a soma dos potenciais matriciais e gravitacionais; a segunda, a condutividade hidráulica do solo não saturado é uma função do conteúdo de água ou potencial matricial (JURY, 1991). A então “equação de Darcy- Buckingham” descreve o movimento de água num meio poroso não saturado e é expressa como:

$$q = -K(\theta) \frac{d\psi_t}{dz} \quad (2)$$

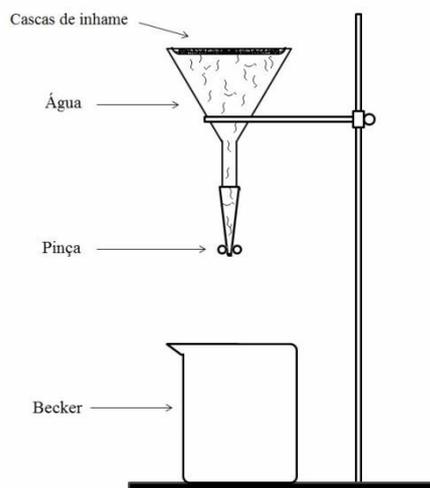
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Local de pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada na cidade de Recife-PE. O experimento foi realizado no Laboratório de Fitonematologia pertencente ao Departamento de Agronomia da UFRPE.

### 4.2. Obtenção das populações de *Pratylenchus*

Para a obtenção das populações de *Pratylenchus*, túberas comerciais de inhame da costa, infectadas pelo nematoide foram obtidas no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – CEASA, Recife. As túberas de inhame foram submetidas à extração de nematoides por meio da técnica do funil de Baermann (Figura 1). As cascas de inhame foram colocadas sobre uma tela forrada com papel toalha apoiada sobre um funil acoplado a uma mangueira cirúrgica de borracha fechada com uma pinça ao final, onde é colocado água no funil até que cubra parcialmente o fundo da tela contendo as cascas. Os nematoides se movimentaram pela ação da gravidade e decantaram no fundo do funil. Transcorridas 24 horas de repouso, a água contendo juvenis e adultos de *P. coffeae* foi escoada para um Becker, contada em microscópio e acondicionada em geladeira.



**Figura 1.** Esquema de extração de *Pratylenchus coffeae* em funil de Baermann.

### 4.3. Obtenção de iscas de inhame e *Tagetes patula*

Túberas sadias de inhame da costa foram obtidas no comércio local da cidade de Recife. A obtenção de plantas de *T. patula* procedeu-se mediante semeadura em vasos com

capacidade de 4L em casa de vegetação (Figura 2). Aos 25 dias após a emergência, quando apresentavam sistema radicular bem desenvolvido, as plantas foram conduzidas ao Laboratório de Fitonematologia para remoção das raízes. Raízes de *T. patula* e cascas de túberas de inhame foram picotadas separadamente para condução do experimento.



**Figura 2.** Plantas de *Tagetes patula* em casa de vegetação (A). Flor de *T. patula* (B).

#### 4.4. Condução do experimento

A movimentação de *P. coffeae* na fase juvenil e adulto foi estudada em colunas segmentadas confeccionadas em resina acrílica com 2,2 cm de diâmetro interior, 3 cm<sup>2</sup> de secção transversal, 11 cm de comprimento e volume de 41,8 cm<sup>3</sup>, preenchidas com areia lavada em função da densidade de 1,6 g cm<sup>-3</sup> em máxima retenção de água no solo, com e sem fluxo de água com presença de raízes de inhame e *T. patula* para avaliação da atração ou repulsão dos nematoides, respectivamente.

A variação da umidade da areia lavada ao longo do período de estudo foi medida pelo método padrão da estufa (EMBRAPA, 1997). A temperatura do ambiente e do interior da coluna foi verificada ao longo do experimento com auxílio de um data logger HOBO<sup>®</sup>, marca OSENT (Figura 3).



(A)



(B)

**Figura 3.** Data logger HOBO® OSENT utilizado para verificação de temperatura ambiente (A) e do interior da coluna (B).

A areia lavada utilizada para o preenchimento das colunas foi esterilizada por autoclavagem sob temperatura de 120 °C à pressão de uma atmosfera, durante 2 horas. Posteriormente a areia foi seca em estufa a 65 °C por 24 horas e foram realizadas as análises de densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total e volume de poros como apresentado na Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1.** Características físicas da areia lavada.

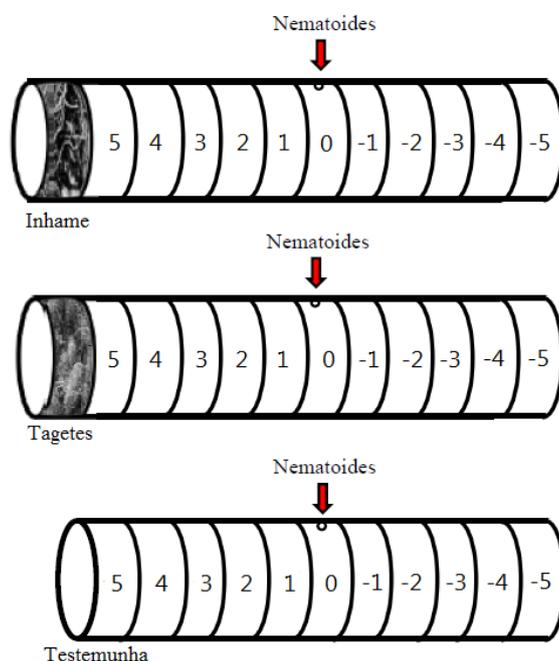
| Características físicas                         | Tipo de solo |
|---|--------------|
|   | Areia lavada |
| Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )        | 1,64         |
| Densidade das partículas ( $\text{g cm}^{-3}$ ) | 2,58         |
| Porosidade (%)                                  | 36,4         |
| Volume de poros (mL)                            | 15           |

#### 4.4.1. Colunas sem fluxo de água

Colunas segmentadas em 11 anéis de 1 cm de comprimento cada, foram utilizadas para avaliar a mobilidade de juvenis e adultos de *P. coffeae* em areia lavada sem fluxo de água. As colunas foram preenchidas com areia lavada em função da densidade ( $1,6 \text{ g cm}^{-3}$ ). Foi adicionado um anel de 1 cm de comprimento, separado por uma tela ao final de cada coluna para inserção de raízes picotadas de inhame e *T. patula*. Os valores positivos da coluna a partir do ponto de injeção (0 cm) indicam a movimentação dos nematoides em direção às raízes, assim como os valores negativos da coluna indicam a movimentação em direção contrária as raízes estudadas. Uma coluna sem a presença de raízes foi usada como

testemunha (Figura 4).

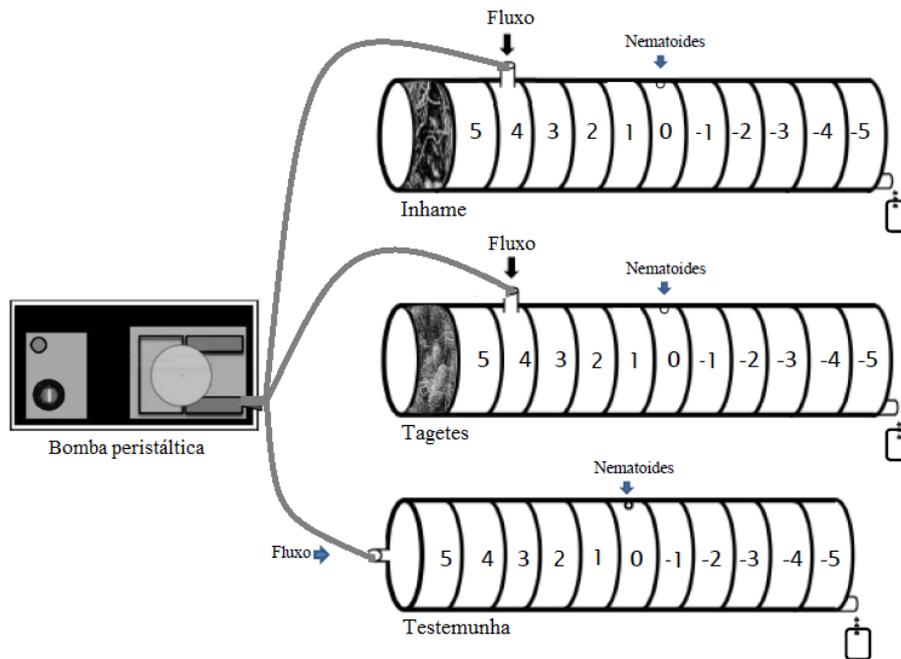
Antes de inserção da suspensão de nematoides, a coluna preenchida com areia lavada foi saturada com auxílio de um dosador de soro acoplado ao início da coluna, com água esterilizada, por 24 horas e posteriormente o excesso de água foi drenado a fim de que a areia lavada ficasse umidificada até sua máxima retenção de água, de forma a apresentar um filme de água entre as partículas de areia que permitisse a mobilidade dos nematoides. Foram inseridos no centro de cada coluna 1 ml de água contendo  $1000 \pm 100$  juvenis e adultos de *P. coffeae* com auxílio de uma seringa (FUJIMOTO et al., 2009 Adaptado). Após um período de cinco dias de repouso, as colunas foram desmontadas e o volume de areia lavada que preenchia cada anel foi colocado sobre funis de Baermann onde os nematoides se movimentaram pela ação da gravidade e decantaram no fundo do funil. Transcorridas 24 horas de repouso, a água contendo juvenis e adultos foi escoada para tubos Falcon, devidamente identificados, e contada com auxílio de microscópio. Cada experiência foi repetida três vezes, totalizando 33 (anéis com areia) + 2 (anéis com inhame e *T. patula*) amostras para cada repetição.



**Figura 4.** Esquema de utilização do dispositivo experimental para avaliar o movimento de *Pratylenchus coffeae* em estágio juvenil e adulto em colunas não saturadas preenchidas com areia lavada (FUJIMOTO et al., 2009 Adaptado).

#### 4.4.2. Colunas com fluxo de água

Nesta etapa as colunas segmentadas, com as mesmas características utilizadas no experimento sem fluxo, foram submetidas a um fluxo de água (Figura 5). Nas extremidades das colunas foram inseridas telas que permitiram a dispersão uniforme do fluxo de água ao longo da coluna e impediram que a areia escapasse pelo ponto de saída. Após o preenchimento foram submetidas à saturação, com água esterilizada, por 24 horas com o auxílio de um dosador de soro e posteriormente o excesso de água foi drenado a fim de que a areia lavada ficasse umidificada até sua capacidade de campo. Em seguida, raízes de *T. patula* e cascas de inhame picotadas foram inseridas nas extremidades das colunas e 1 ml de água contendo  $1000 \pm 100$  juvenis e adultos de *P. coffeae* foram injetados no centro da coluna com auxílio de uma seringa. Transcorridos cinco dias após a injeção, uma bomba peristáltica, inserida na coluna, permitiu a passagem do fluxo de água constante com vazão ajustada para  $5 \text{ ml min}^{-1}$ . Um tubo plástico ligado no ponto de saída conduziu o fluxo de água para frascos coletores de 15 ml cada (FUJIMOTO et al., 2009 Adaptado).



**Figura 5.** Esquema de utilização do dispositivo experimental para avaliar o movimento de *Pratylenchus coffeae* em estádios juvenil e adulto em colunas de areia lavada submetidas a fluxo de água (FUJIMOTO et al., 2009 Adaptado).

Neste estudo, o volume efluente coletado da coluna foi definido como volume de poro (VP), calculado pela Eq. (1), onde os valores relacionaram o volume da coluna ( $41,8 \text{ cm}^3$ ) e

da porosidade da areia lavada. Sabendo que, quando o solo é saturado com água em uma coluna, VP é o volume de água necessário para substituir a água do solo a partir do fluxo de entrada da coluna até o ponto de saída.

$$VP = \alpha V \quad (1)$$

Em que:

VP = volume de poros; L<sup>3</sup>;

$\alpha$  = porosidade do solo utilizado, decimal; e

V = volume da coluna, L<sup>3</sup>.

Cada ensaio constituiu em três repetições, em que a água de drenagem no ponto de saída foi recolhida a intervalos de 0,1 a 3,0 VP (volume de poros) divididos em 30 alíquotas para cada coluna. Os juvenis e adultos de *P. coffeae* presentes na água de drenagem coletada foram contados utilizando microscópio estereoscópico. O número de nematoides acumulados assim obtido foi dividido pelo inicial número de juvenis injetado ( $C/C_0$ ) para calcular a taxa de detecção, conforme Fujimoto et al., 2009 e Miranda, 2001. Os nematoides encontrados no ponto de saída foram contados como "C". Cada ensaio foi repetido três vezes. A progressão do avanço da solução de nematoide foi acompanhada medindo-se a concentração do C. Após a coleta de efluentes, as colunas foram desmontadas e o volume de areia que preenchia cada anel foi colocado em funis de Baermann para a extração e observação da movimentação dos nematoides ao longo da coluna após o fluxo de água.

#### 4. 5. Análise estatística

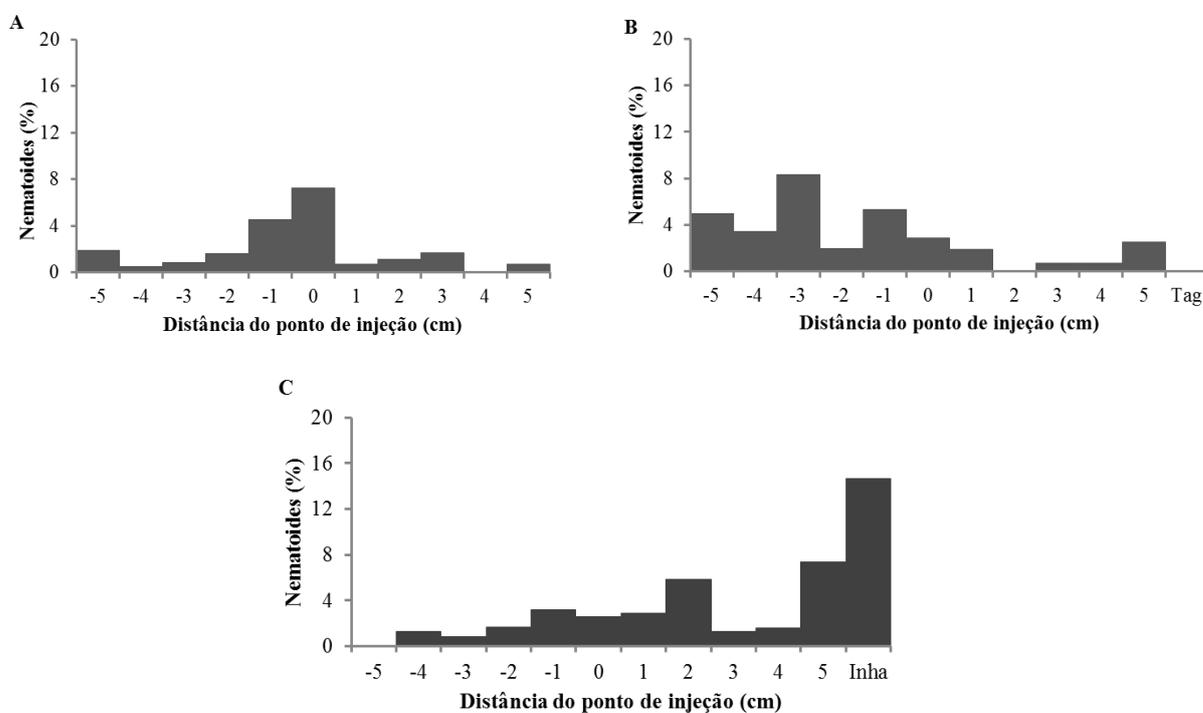
Para avaliação da direção do nematoide foram conduzidos dois experimentos: com e sem fluxo. Em cada um desses experimentos (com e sem fluxo) os tratamentos foram arranjos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 11 (Direção: -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5)  $\times$  3 (Isca: *T. patula*, inhame, sem isca) com três repetições. No experimento com fluxo o volume de poros, representado por 30 alíquotas para cada coluna, foi dividido em três classes: 1 (de 0,1 a 1,0 VP), 2 (de 1,1 a 2,0 VP) e 3 (de 2,1 a 3,0 VP), de forma que o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (Volume de poros: 1, 2, 3)  $\times$  3 (Isca: *T. patula*, inhame, sem isca) com três repetições. Para cada experimento os dados foram analisados separadamente. O teste de qui-quadrado ( $X^2$ ) foi aplicado para comparar as frequências de distribuição do nematoide de acordo com a direção tomada em função da isca. Para as demais avaliações, os dados foram submetidos à análise de variância e transformados para  $\sqrt{(x+0.5)}$  para atender aos

pressupostos da ANOVA. Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAS (versão 7.0.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tipo de raiz como a direção influenciou significativamente ( $P < 0,01$ ) a mobilidade de *P. coffeae* nas colunas de solo sem fluxo de água após cinco dias da injeção do nematoide (Figuras 6).

Na coluna testemunha, quando *P. coffeae* foi inserido no centro das colunas preenchidas com areia lavada sem a presença de raízes, a maioria de juvenis e adultos (aprox. 7,3 %) permaneceram ainda no ponto 0 cm após os cinco dias de injeção, além do mais, a movimentação, quando ocorreu, se deu para ambos os lados (positivo e negativo), sendo que poucos nematoides atingiram as extremidades da coluna (Figura 6A).



**Figura 6.** Distribuição de juvenis e adultos de *Pratylenchus coffeae* em função da direção e tipo de isca em colunas de areia lavada sem fluxo de água cinco dias após a injeção do nematoide. Coluna testemunha sem isca (A); Coluna com isca de raízes picotadas de *Tagetes patula* (B); Coluna com isca de túberas picotadas de inhame da costa (C). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as três condições de isca pelo teste  $X^2$  a 0.01% de probabilidade.

A migração aleatória de *P. coffeae* para ambos os lados da coluna pode ser explicada pelo fato de que, após a entrada de nematoide de hábito migrador (como *P. coffeae*) no solo, os mesmos migram ativamente no solo até encontrarem um sistema radicular adequado para sua alimentação. Entretanto, não houve estímulo (positivo ou negativo) que estimulasse o nematoide a migrar no solo, tornando a movimentação muito lenta. Contudo, se pode especular que se o número de dias após a injeção dos nematoides fosse maior, a população de nematoides se distribuiria ao longo de toda a coluna, assim como os resultados apresentados por Fujimoto et al. (2010) quando estudando a mobilidade de juvenis de *M. incognita* em colunas de areia sem fluxo de água. Esses pesquisadores observaram maior porcentagem de nematoide no ponto de inserção até o 5º dia após a injeção e ao 7º dia a população de nematoide apresentou-se completamente distribuída para ambos os lados da coluna com número de indivíduos semelhantes em cada seção da coluna.

Por outro lado, nas colunas com raízes de *T. patula*, após cinco dias a maioria dos nematoides migrou em sentido negativo as raízes (Figura 8B). Apenas 24,5 (2,5 %) juvenis e adultos migraram até + 5 cm a partir do ponto de injeção e nenhum nematoide foi encontrado junto às raízes. O maior número de nematoides foi encontrado a -1 e -3 cm de distância do ponto de injeção com 51,3 (5,3%) e 78,7 (8,3 %) indivíduos, respectivamente. Além do mais, no ponto de saída da coluna foram encontrados 5% dos nematoides injetados. Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de que plantas de *Tagetes* possuem compostos com atividades nematicidas que são liberados pelas raízes.

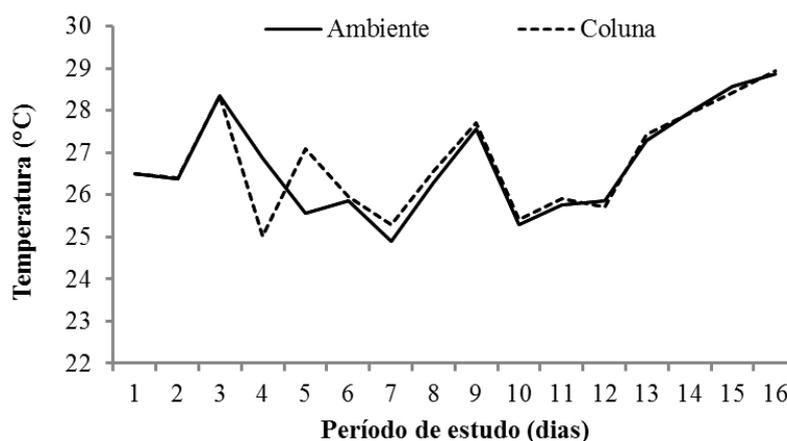
Hooks et al. (2010) relatam que além da produção de compostos alelopáticos liberados por plantas de *Tagetes*, outros mecanismos sugeridos como responsáveis pela supressão de nematoides incluem a ação na forma de planta não hospedeira ou má hospedeira, de planta-armadilha, e estimulação de inimigos naturais. O efeito nematicida de plantas de *Tagetes* pode ser observado em trabalhos semelhantes ao realizado por Franzener (2005) que, estudando o efeito de extrato aquoso de *T. patula* sobre ovos e juvenis de *M. incognita* em tomateiro e *in vitro*, observou que o extrato de raiz promoveu a mortalidade de até 68 % dos juvenis *in vitro* e que aplicações semanais do extrato promoveram efeito positivo no desenvolvimento das plantas de tomateiro e negativos na formação de galhas e na população do nematoide.

Quando a mobilidade de *P. coffeae* foi avaliada em colunas com presença de cascas de inhame sadias, observou-se um maior deslocamento desses nematoides em direção ao sentido das cascas (sentido positivo). Após cinco dias da injeção de nematoides, apenas 24,5 (2,6 %)

nematoides foram encontrados no ponto de injeção (0 cm), enquanto que o maior número de nematoides foi encontrado a + 5 cm de distância e nas cascas de inhame com valores de 68,6 (7,3%) e 139,2 (14,6 %) indivíduos, respectivamente. Isso pode ser explicado pelo fato de que o inhame é uma hospedeira suscetível a *P. coffeae* que é responsável por grande parte dos danos à cultura (MOURA, 1997; SANTANA et al., 2003; GARRIDO et al., 2004).

Houve uma pequena diminuição na umidade das colunas de apenas 0,04 g de água após os cinco dias de injeção dos nematoides, não interferindo na sua mobilidade e migração. Os dados de temperatura durante a condução do experimento com colunas sem fluxo de água são apresentados na Figura 7. A temperatura ambiente apresentou  $\pm 26,73$  °C, enquanto que à temperatura do interior da coluna apresentou  $\pm 26,60$  °C, com variação de apenas 0,13 graus na maior parte do período de avaliação, compreendendo a faixa ótima de temperatura no solo para a atividade dos nematoides conforme Ferraz, 2001.

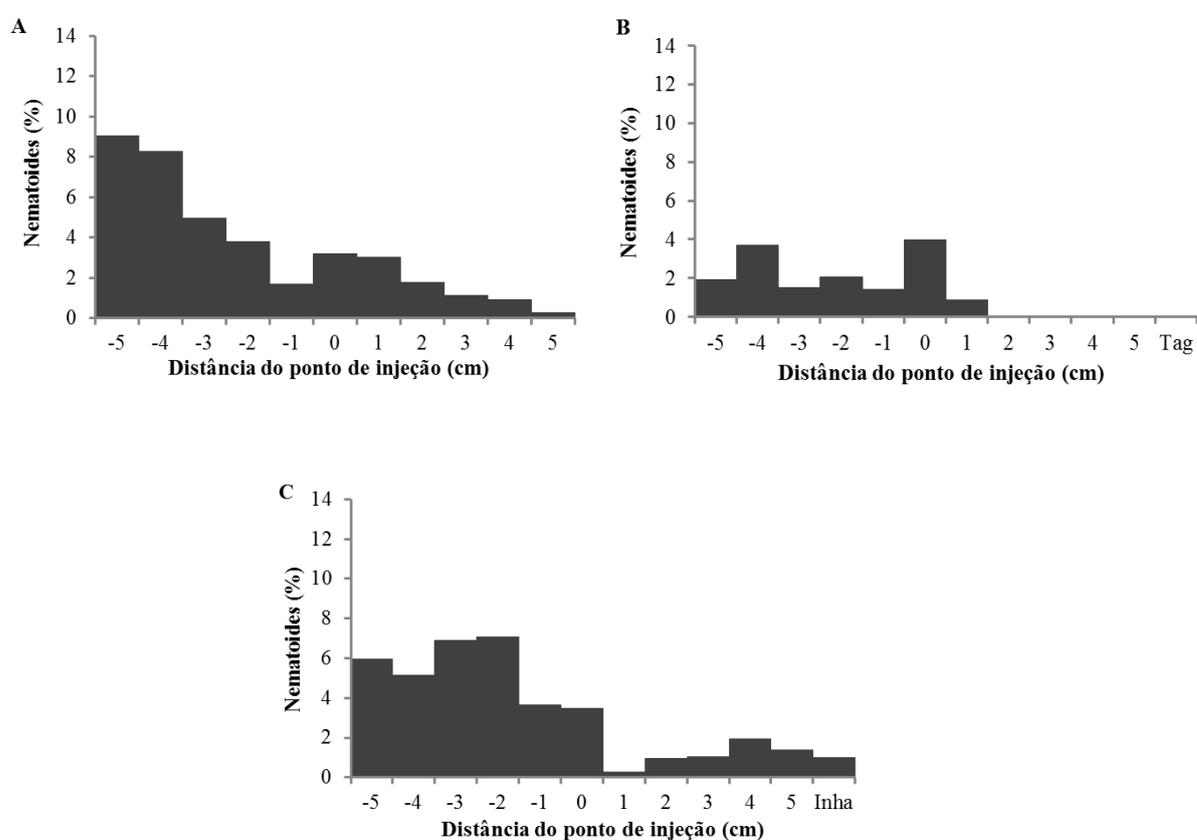
Diferentes faixas de temperatura dentro do intervalo ótimo podem ter efeitos diferentes sobre a eficiência do parasitismo de fitonematoides. Em trabalhos como realizado por Campos et al., 2011, foi observado que a temperatura do solo (de 20 °C e 32°C) proporcionou sucesso de parasitismo de *M. javanica* em cultivar susceptível (EMBRAPA 20) e nas resistentes (MGBR-46 e BRSMG Garantia) de soja e que temperaturas acima de 24°C favoreceram as relações desse nematoide nas cultivares estudadas.



**Figura 7.** Temperatura ambiente e do interior das colunas sem fluxo de água.

A migração de *P. coffeae* em colunas segmentadas preenchidas com areia lavada foi influenciada pelo fluxo de água cinco dias após a injeção de nematoide (Figura 8). De modo geral a maioria dos nematoides foram lixiviados pelo fluxo de água para a extremidade de

saída da coluna (sentido negativo) independente das raízes testadas. Na coluna sem isca (Figura 8A) o número de nematoides aumentou gradualmente para o ponto de saída da coluna. O maior número de nematoides foi detectado a -5 cm a partir do ponto de injeção com um total de 101,7 (9,1 %) nematoides. Poucos nematoides mudaram-se para o ponto de entrada de água (0,3 % a + 5 cm). Fujimoto et al. (2010) observaram tendência similar, em que, poucos juvenis de *M. incognita* migraram para o ponto de entrada de água da coluna e a taxa de detecção de juvenis aumentou com o tempo no ponto de saída do fluxo (31,1%, 43,5% e 57,3% no terceiro, quinto e sétimo dias, respectivamente).



**Figura 8.** Distribuição de juvenis e adultos de *P. coffeae* em colunas de areia lavada após fluxo de água com cinco dias após a injeção de nematoides. Entrada do fluxo (+), saída do fluxo (-). Coluna testemunha sem isca (A); Coluna com isca de raízes picotadas de *Tagetes patula* (B); Coluna com isca de túberas picotadas de inhame da costa (C). A distribuição dos nematoides em relação ao ponto de injeção diferiu entre as três condições de isca pelo teste  $X^2$  a 0.01% de probabilidade.

Em colunas com a presença de raízes de *T. patula*, os nematoides, quase em sua totalidade, foram movidos em direção à extremidade de saída da coluna para onde o fluxo de água foi escoado (Figura 8B). A maioria dos nematoides foi detectada ainda no ponto de injeção (44,6 indivíduos) e apenas 9,7 (0,9 %) juvenis e adultos de *P. coffeae* permaneceram a +1 cm de distância do ponto de injeção resistindo ao fluxo de água. Possivelmente os nematoides já migraram para o lado oposto as raízes antes da aplicação do fluxo pelo efeito nematicida liberado pelas raízes e após a aplicação do fluxo de água foram lixiviados facilmente.

Em colunas com a presença de cascas de inhame, alguns nematoides conseguiram resistir ao fluxo permanecendo no ponto de entrada de água e na seção onde estavam as cascas de inhame. Foram detectados 12,7 nematoides juntos às cascas de inhame, mesmo após a aplicação do fluxo de água. Porém, o maior número de *P. coffeae* foi detectado a -2 e -3 cm de distância totalizando 88,6 (7,1 %) e 86,2 (6,9 %) nematoides, respectivamente. A -5 cm de distância foram detectados 74,3 nematoides representando 5,9 % de juvenis e adultos de *P. coffeae* (Figura 8C).

De modo geral, foi observado que após o fluxo de água, colunas com presença de raízes de *T. patula* lixiviou mais nematoides, permanecendo em seu interior apenas 173,1 indivíduos de *P. coffeae*, o que representa 15,4 % do número inicial de nematoides injetados. Provavelmente compostos liberados pelas raízes de *Tagetes* ajudaram a repelir maior número de nematoides que as outras condições testadas. Já em colunas com cascas de inhame, 484,9 (39 %) indivíduos resistiram ao fluxo de água aplicado permanecendo no interior da coluna, seguido pela coluna sem isca com 428,6 (38,2 %) indivíduos. A influência de fluxos de água é evidente em solos com maior número de inter-agregados como a areia, o que explica o arraste da maioria dos nematoides para o ponto de saída de água. Segundo Fujimoto et al. (2010), se juvenis são facilmente transportados em fluxo de água no solo após uma chuva excessiva, os mesmos podem deixar a zona radicular e diminuir a chance de parasitismo.

Nas colunas com fluxo, isoladamente o volume de poros da coluna e as raízes utilizadas como iscas afetaram significativamente ( $P < 0,01$ ) a mobilidade de *P. coffeae* nas colunas de areia lavada quando submetidas ao fluxo de água ( $5 \text{ ml min}^{-1}$ ) após cinco dias de injeção do nematoide, como também foi significativa a interação desses fatores (Tabelas 2 e 3).

Dentro dos tratamentos com colunas sem isca não foi observada diferença estatística para o número médio de *P. coffeae* entre os volumes de poros estudados (Tabela 3). Porém, a média de nematoides diferiu entre os volumes de poros com a presença de raízes de *T. patula*,

ocorrendo um decréscimo no número de indivíduos coletados com o aumento do volume de poros. Para colunas com iscas de casca de inhame foi registrada diferença significativa apenas em 2,0 VP. Dentro de 1,0 VP foi observada diferença estatística entre os tipos de iscas, sendo que colunas com *T. patula* apresentaram maior número de nematoides (8,86 indivíduos). Para volume de poros 2,0 e 3,0 não houve diferença entre colunas sem isca e com cascas de inhame, mas estas diferiram de colunas com *T. patula* (Tabela 3).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância do número de *Pratylenchus coffeae* e taxa de detecção (C/C<sub>0</sub>) do nematoide em colunas segmentadas preenchidas com areia lavada sob fluxo de água.

| Causa de variação    | GL  | Nº Nematoides       |         | Taxa C/C <sub>0</sub> |         |
|----------------------|-----|---------------------|---------|-----------------------|---------|
|                      |     | F                   | P>F     | QM                    | P>F     |
| Volume de poros (VP) | 2   | 7,15 <sup>**</sup>  | 0,0009  | 10,64 <sup>**</sup>   | <0,0001 |
| Raízes (Rz)          | 2   | 62,05 <sup>**</sup> | <0,0001 | 56,75 <sup>**</sup>   | <0,0001 |
| VP x Rz              | 4   | 11,36 <sup>**</sup> | <0,0001 | 13,88 <sup>**</sup>   | <0,0001 |
| Resíduo              | 261 |                     |         |                       |         |
| C.V                  | (%) | 44,2                |         | 15,1                  |         |

Para análise estatística os dados foram transformados para  $\sqrt{(x+0.5)}$ . <sup>\*\*</sup> significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

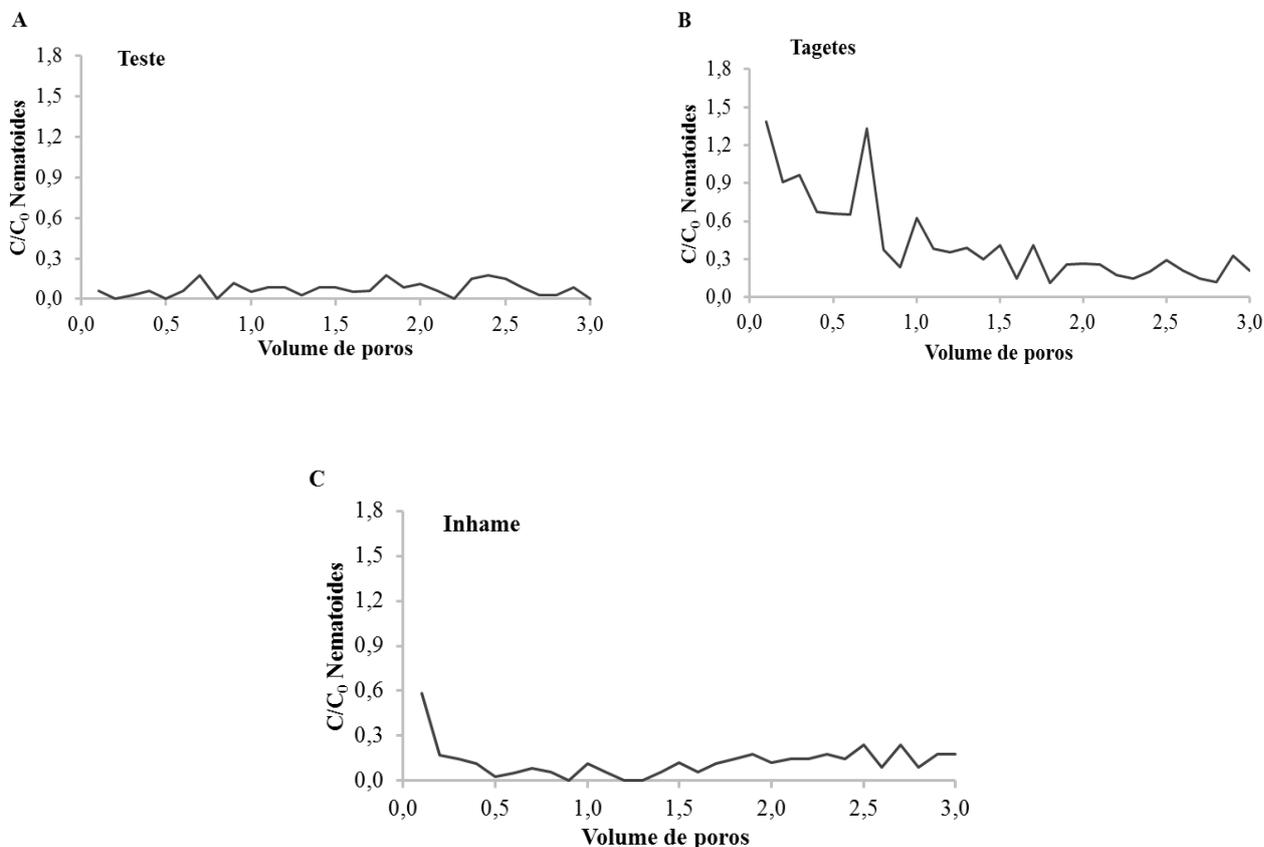
**Tabela 3.** Número médio de *Pratylenchus coffeae* para a interação entre volume de poros (VP) e raízes usadas como iscas.

| Iscas                 | Volume de poros (VP) |         |         |
|-----------------------|----------------------|---------|---------|
|                       | 1                    | 2       | 3       |
| Sem isca              | 0,63 Ac              | 1,0 Ab  | 0,86 Ab |
| <i>Tagetes patula</i> | 8,86 Aa              | 3,43 Ba | 2,36 Ca |
| Inhame                | 1,60 Ab              | 0,96 Bb | 1,83 Ab |

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha e de letras minúsculas na mesma coluna para a variável observada, não diferem entre si, ao nível de 5 % de significância, pelo teste de Tukey.

Em colunas sem isca não foi observado tendência clara na taxa de detecção dos nematoides em função do volume de poros. Em média, 25 nematoides foram lixiviados das colunas, permanecendo o maior número de indivíduos no interior da coluna. Esse resultado pode ser atribuído à distribuição aleatória que os indivíduos podem ter assumido na coluna após o 5º dia de injeção dos nematoides (Figura 9A). Fujimoto et al., (2009) estudando a migração de juvenis de *M. incognita* vivos e mortos em colunas de solo sob fluxo de água, também relatam que 90 % de juvenis (vivos) permaneceu no interior da coluna sem ser transportados junto ao fluxo de água, e que nematoides podem assumir formas irregulares que

mudam constantemente com o movimento permitindo que não sejam lixiviados por fluxos de água tão facilmente.



**Figura 9.** Movimento de juvenis e adultos de *Pratylenchus coffeae* em colunas segmentadas preenchidas com areia lavada com flutuação de valores de  $C/C_0$  em função do volume de poros (FUJIMOTO et al., 2009; MIRANDA, 2001). Coluna testemunha sem isca (A); Colunas com raízes picotadas de *Tagetes patula* (B); Colunas com isca de túberas picotadas de inhame da costa (C).

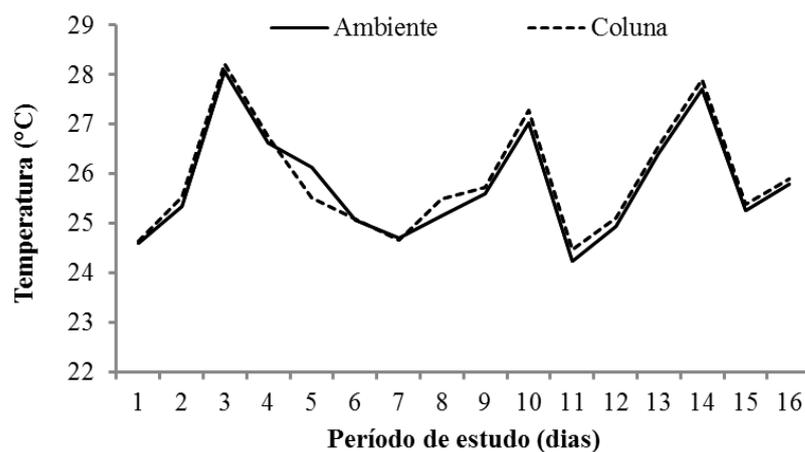
Quando os nematoides foram submetidos a fluxo de água, em colunas com presença de raízes de *T. patula*, juvenis e adultos de *P. coffeae* foram encontrados na água de drenagem a partir de 0,1 VP diminuindo gradualmente com o aumento do volume de poros a partir de 0,7 VP (Figura 9B). Em média, 147 indivíduos passaram através da coluna após 45 trocas de água nos poros da areia. Supõe-se que, a maioria dos nematoides, durante os cinco dias após a injeção, já teria migrado para o ponto de saída da coluna em sentido contrário as raízes, pelo efeito repelente que as mesmas causam, antes da aplicação do fluxo de água, como observado

no experimento sem fluxo e por esse motivo a maioria dos indivíduos foram coletados nos primeiros volumes de poros.

Em colunas com presença de cascas de inhame, observou-se presença de juvenis e adultos de *P. coffeae* já nos primeiro volumes de poros, porém em número menor que os valores encontrados em colunas com raízes de *T. patula*. Entretanto, de maneira geral, a taxa de detecção dos nematoides tendeu a aumentar gradualmente a partir de 1,4 VP. Em média, 44 nematoides foram lixiviados da coluna (Figura 9C). A maioria dos nematoides permaneceu no interior da coluna. Considerando que antes da aplicação do fluxo a maioria dos nematoides poderia ter sido atraída e estar próxima às cascas de inhame e que um tempo maior de aplicação de água seria necessário para lixiviar maior número de nematoides das raízes até o ponto de saída de água, é possível que os nematoides tenham migrado para poros mais estreitos, onde a influência do fluxo não foi tão forte, resistindo ao mesmo. Segundo Fujimoto et al. (2010), nematoides podem migrar para poros mais estreitos diminuindo a sua dispersão no solo pela água.

Antes da aplicação do fluxo de água foi observada pequena variação na umidade das colunas (0,03 g de água após os cinco dias de injeção dos nematoides), não interferindo na mobilidade e migração dos nematoides. Os dados de temperatura durante a condução do experimento com fluxo de água são apresentados na Figura 10. A temperatura da coluna foi de  $\pm 25,79$  °C, enquanto que a temperatura do ambiente foi de  $\pm 25,89$  °C, com variação de apenas 0,1 graus na maior parte do período de avaliação.

A variação da temperatura também se mostrou apropriada para a boa migração de *P. coffeae* no solo. Novamente Campos et al. (2011), estudando diferentes temperaturas do solo na infectividade de nematoides em culturas de soja, observaram que temperatura do solo em torno de 28 °C aumentou o sucesso de parasitismo de *Heterodera glycines* em cultivar de soja susceptível, enquanto que em culturas resistentes, o sucesso de parasitismo foram maiores na temperatura de 24 °C. Para *M. javanica*, a 28 °C a percentagem de sucesso de parasitismo de juvenis (J2) nas cultivares de soja foram maiores.



**Figura 10.** Temperatura ambiente e do interior das colunas com fluxo de água.

## 6. CONCLUSÕES

- Na ausência de fluxo de água em areia lavada, fragmentos de raízes de *T. patula* e de cascas de inhame afetam a mobilidade de *P. coffeae*;
- Fragmentos de raízes de *T. patula* e de cascas de inhame afetam a mobilidade de *P. coffeae* em areia lavada com fluxo de  $5 \text{ ml min}^{-1}$  de água;
- A presença de cascas de inhame estimula *P. coffeae* a resistir ao fluxo de água;
- Embora fragmentos de raízes de *T. patula* tenha efeito repelente sobre *P. coffeae*, o fluxo de  $5 \text{ ml min}^{-1}$  de água lixivia o nematoide;
- A taxa de lixiviação de *P. coffeae* no solo aumenta gradualmente a partir de 1,4 volume de poros.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. Plant diseases caused by nematodes. In AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. San Diego: Academic Press, p. 565-597 1997.

ARÉVALO, G.E., C.L. ZÚÑIGA, V. BALIGAR, B. BAILEY, M. Canto. **Dinámica poblacional de nematodos asociados al sistema de cultivo tradicional de cacao en la amazonia peruana**. In Taller Pan- Amazónico sobre Biodiversidad del Suelo, Rio Branco, Acre, Brasil. p. 8, 2007.

BONGERS, T., FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 4, n. 6, 1999.

CABI/EPPO, *Pratylenchus coffeae*. **Distribution Maps of Plant Diseases**, Map, n. 816, CAB International, Wallingford, UK, 2007.

CAMPOS, H. D.; SILVA, J. R. C.; CAMPOS, V. P.; SILVA, L. H. C. P.; COSTA, L. A. S.; SILVA, W. J. R. Efeito da temperatura do solo na infectividade e reprodução de *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* em cultivares de soja. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 5, p. 900-907, 2011.

CASTILLO, P.; VOVLAS N. *Pratylenchus* (Nematoda, Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. **Nematology Monographs and Perspectives**, v. 6, 529 p. 2007.

COOMANS, A. The anterior sensilla of nematodes. **Revue de Nématologie** 2:259-83. 1979.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; PIVETTA, J. P.; FRACASSO, J. V. Influência da época de aplicação de nematicidas em soqueiras sobre as populações de nematoides e a produtividade da cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.1, p.179-190, 2008.

ENDO, B. Y. Response of root-lesion nematodes, *Pratylenchus brachyurus* and *P. zeae*, to various plants and soil types. **Phytopathology**, Dt. Paul, v. 49, p. 417-421, 1959.

EO, J., OTOBE, K., MIZUKUBO, T. Absence of geotaxis in soil-dwelling nematodes. **Nematology** 10, 147–149. 2008.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro: Embrapa, p. 212, 1997.

EMBRAPA, Embrapa Clima Temperado. **Cultivo do pessegueiro**. Sistemas de produção. Versão eletrônica, 2005.

FAJARDO, M. P.; ABALLAY, E. E.; CASANOVA, M. P. Soil properties influencing phytoparasitic nematode population on chilean vineyards. **Chilean Journal of Agricultural Research** 71 (2), 2011.

FARIA, C. M. D. R. et al. Mecanismos de ataque e defesa na interação nematoide-planta. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.11, p.373-410, 2003.

FERRAZ, L.C.C.B.; CHURATAMASCA, M.G.C. Comportamento de cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill) de crescimento determinado em relação ao nematoide *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949. **Científica**, São Paulo, v.11, n.1, p.8791, 1983.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, v. 1, p. 168-201, 1995.

FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus* – os nematoides das lesões radiculares. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 7, p. 157-195, 1999.

FERRAZ, L. C. C. B. As meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J. F. V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: EMBRAPA Soja; **Sociedade Brasileira de Nematologia**, p. 15-38. 2001.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de fitonematoides**. Viçosa: UFG, 2010. 306 p.

FRAGOSO, R. R. et al., **Interação molecular planta-nematoide**. Documentos/Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, 2007

FRANZENER, G. M. **Proteção de tomateiro a *Meloidogyne incognita* pelo extrato aquoso de *Tagetes patula***. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2005.

FUJIMOTO, T., HASEGAWA, S., OTOBE, K., MIZUKUBO, T., Effect of water flow on the mobility of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in columns filled with glass beads, sand or andisol. **Applied Soil Ecology** 43, 200 e 205, 2009.

FUJIMOTO, T., HASEGAWA, S., OTOBE, K., MIZUKUBO, T., The effect of soil water flow and soil properties on the motility of second-stage juveniles of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). **Soil Biology & Biochemistry**. 42, p. 1065-1072, 2010.

GARRIDO, M. da S.; SOARES, A. C. F.; COIMBRA, J. L.; SOUSA, C. da S. Adubos verdes no controle do nematoide *Scutellonema bradys* na cultura do inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam.). **Fitopatologia Brasileira**, Uberlândia, v.29, p. 241, 2004.

GOMES, C. B.; COFCEWICZ, E. T. Nematoides fitoparasitas do morangueiro.- in- Embrapa Clima Temperado: Sistema de produção do morango. **Sistemas de produção 5**. ISSN 1806-9207 Versão Eletrônica Nov, 2005.

GOULART, A. M. C. Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*). Planaltina, DF: **Documentos**, Embrapa Cerrados, p.30, 2008.

GRIFFIN, G. D., JENSEN, K.B. Importance of temperature in the pathology of *Meloidogyne hapla* and *M. chitwoodi* on legumes. **Journal of Nematology** 29, p. 112– 116., 1997.

- HILLEL, D. **Fundamentals of Soil Physics**. New York, Academic Press. p. 413, 1980
- HOOKS, C. R. R.; WANG, K.-H.; PLOEG, A.; McSORLEY, R. Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant-parasitic nematodes. **Applied Soil Ecology**, v. 46, p. 307-320, 2010.
- INOMOTO, M. M. et al. Effects of *Pratylenchus brachyurus* and *P. coffeae* in seedlings of *Coffea arabica*. **Journal of Nematology**, v. 30, p. 362-367, 1998.
- JAGDALE, G. B.; REYNOLDS, B.; BALL-COELHO, B.; POTTER, J. Nematicidal activity of marigold plant parts against root-lesion nematodes (*Pratylenchus penetrans*). **Journal of Nematology**, v. 31, p. 546-547, 1999.
- JORDAAN E. M., DE WAELE, D., VAN ROOYEN P. J. Endoparasitic Nematodes in Maize Roots in the Western Transvaal as Related to Soil Texture and Rainfall. **Journal of Nematology**; 21(3):356-360, 1989.
- JURY, W. A; GARDNER, W. R; GARDNER, W. H. **Soil Physics**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 328 p., 1991.
- KAPLAN, D. T.; KEEN, N. T. Mechanisms conferring plant incompatibility to nematodes. **Rev. Nématol.** 3:123-34. 1980.
- KARSSSEN, G.; MOENS, M. Root-knot nematodes. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Eds.). **Plant nematology**. Wallingford, UK: CAB International, p.59-90. 2006.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da Água no Solo**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP), 344p, 2005.
- LOOF, P. A. A. **The Family Pratylenchidae Thorne**,. In: Nickle, W. R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York, Marcel Dekker, p. 363-421. 1991.
- 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, 2007.
- MARAHATTA, S. P.; WANG, K.-H.; SIPES, B. S.; HOOKS, C. R. R. Effects of *Tagetes patula* on active and inactive stages of root-knot nematodes. **Journal of Nematology**, v. 44, p. 26-30, 2012.
- MELAKEBERHAN, H., DEY, J., BALIGAR, V.C., CARTER, T.E., Effect of soil pH on the pathogenesis of *Heterodera glycines* and *Meloidogyne incognita* on Glycine max genotypes. **Nematology** 6, 585–592. 2004.
- MIRANDA, J. H. **Modelo para a simulação da dinâmica de nitrato em colunas verticais de solo não saturado**. 79 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, 2001.

MORAIS, A. C. M. **Utilização de materiais orgânicos como estratégia para o manejo da casca preta do inhame.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2014.

MOURA, R. M & MONTEIRO. *Pratylenchus coffeae* on yam in Brazil. **Fitopatol. Bras.** 20:256. 1995.

MOURA, R. M. Doenças do inhame. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia:** doenças das plantas cultivadas, 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 463-471, 1997.

MOURA, R. M. 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, n. 6, p. 649-649, 2002.

MOURA, R. M. et al. Pratylenchose atípica assinalada no Estado do Rio Grande do Norte. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 692, 2004.

NGUYEN, T. T. **A comparative polyphasic study of 10 pratylenchus coffeae populations from vietnam.** 163 f. Tese (Doutorado) - Ghent University, Ghent, 2010.

PLOEG, A. T. Effects of amending soil with *Tagetes patula* cv. Single gold on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato. **Nematology**, v. 2, p. 489–493, 2000.

PROT, J. C. Migration of plant-parasitic nematodes towards. **Rev Nématol.** 3(2):305-18. 1980.

PROT, J.C.; S.D. VAN GUNDY. Effect of soil texture and the clay component on migration of *Meloidogyne incognita* second stage juveniles. **Journal of Nematology** 13:213-217, 1981.

ROMAN, J. HIRSCHMANN, H. Morphology and morphometrics of six species of *Pratylenchus*. **J. Nematol.** 1:363-86, 1969.

SANTANA, A. A. O.; MOURA, R. M ; PEDROSA, E. M. R. Efeito da rotação com cana de açúcar e *Crotalaria juncea* sobre populações de nematoides parasitos do inhame-da-costa. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.1, n.27, p.13-16, 2003.

TENENTE, R.C.V.; GONZAGA, V.; MELO, L.A.M.P.; TENENTE, M.S.M. Bibliografia Brasileira de Nematoides. Brasília: EMBRAPA-CERNAGEN, p.386 (**Documentos**,76). 2002.

TIHOHOD, D. **Guia prático de identificação de fitonematoides.** Jaboticabal: FCAV: FAPESP, p. 246 1997.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada.** 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 473 p., 2000.

TOWSON, A.J., APT, W.J., Effect of soil water potential on survival of *Meloidogyne javanica* in fallow Soil. **Journal of Nematology** **15**, 110–114. 1983.

WALLACE, H.R. The dynamics of nematode movement. **Annual Review of Phytopathology** **6**, 91–114, 1968.

WALLACE, H. R. **Nematode ecology and plant disease**. London: Edward Arnold, p. 228, 1973.

ZAVALETA-MEJIA, E.; CASTRO, A. A. E.; ZAMUDIO, G. V. Efeito del cultivo e incorporacion de *Tagetes erecta* L. sobre la poblacion e infeccion de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood em chile (*Capsicum annuum* L.). **Nematropica**, v. 23, p. 49-56, 1993.