



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM FITOPATOLOGIA**

**DIVERSIDADE DE NEMATOIDES EM SISTEMAS DE USO DO SOLO NOS
BIOMAS DE MATA ATLÂNTICA E CAATINGA E ASPECTOS TAXONÔMICOS E
FILOGENÉTICOS DA FAMÍLIA TELOTYLENCHIDAE**

LARISSA DE BRITO CAIXETA

BRASÍLIA-DF

2015

LARISSA DE BRITO CAIXETA

**DIVERSIDADE DE NEMATOIDES EM SISTEMAS DE USO DO SOLO NOS
BIOMAS DE MATA ATLÂNTICA E CAATINGA E ASPECTOS TAXONÔMICOS E
FILOGENÉTICOS DA FAMÍLIA TELOTYLENCHIDAE**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação
em Fitopatologia da Universidade de Brasília,
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Doutora em Fitopatologia

Orientador

Prof. Juvenil Enrique Cares, Ph.D.

BRASÍLIA-DF

2015

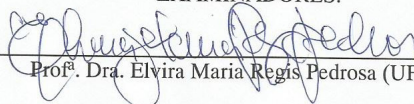
Trabalho realizado junto ao Departamento de Fitopatologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do Professor Juvenil Enrique Cares, com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPQ, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAMPEMIG), Embrapa-Semiárido, VALE S.A. e Universidade da Califórnia (UCR).

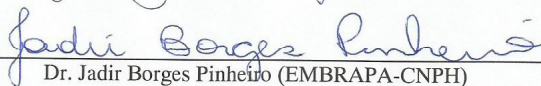
DIVERSIDADE DE NEMATOIDES EM SISTEMAS DE USO DO SOLO NOS BIOMAS DE MATA ATLÂNTICA E CAATINGA E ASPECTOS TAXONÔMICOS E FILOGENÉTICOS DA FAMÍLIA TELOTYLENCHIDAE

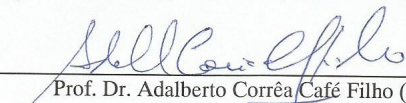
LARISSA DE BRITO CAIXETA


TESE APROVADA em 07/08/2015 por:

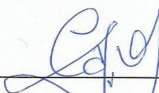
EXAMINADORES:


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


Dr. Jadir Borges Pinheiro (EMBRAPA-CNPH)


Prof. Dr. Adalberto Corrêa Café Filho (UnB)


Prof. Dr. Cleber Furlanetto (UnB)


Prof. Dr. Juvenil Enrique Cares
(Orientador - Presidente)

BRASÍLIA-DF
Agosto 2015

AGRADECIMENTOS

À Deus, por toda força que dele obtive para seguir em frente neste caminho.

Aos meus pais Luiz Sérgio e Maria Angélica, os quais sempre estiveram ao meu lado incentivando, apoiando e me confortando nos momentos difíceis.

Ao meu irmão, meus avós, tios, primos, familiares e namorado, obrigada pela torcida e incentivo.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Juvenil Enrique Cares, pela tranquilidade, confiança, orientação, apoio, amizade e ensinamentos;

Aos Dr. James Baldwin (Universidade da Califórnia), Dr. José Mauro (EMBRAPA Semiárido) e Dr^a Fátima Moreira (UFLA) pela colaboração e incentivo para o desenvolvimento de parte desta pesquisa;

À empresa VALE e EMBRAPA Semiárido, pela infra-estrutura e disponibilização das áreas de avaliação, as quais fizeram parte desta pesquisa.

À Universidade de Brasília e Universidade da Califórnia Riverside (UCR) pela disponibilização de infra-estrutura no desenvolvimento científico deste trabalho;

Aos funcionários da VALE e EMBRAPA Semiárido pela ajuda na realização dos trabalhos práticos de campo;

Aos colegas de laboratório, meus agradecimentos pela excelente ajuda e companheirismo na realização dos trabalhos de laboratório;

Aos Professores do curso de Pós-graduação em Fitopatologia, pelos ensinamentos, atenção e amizade;

Aos meus colegas de curso de pós-graduação pelos bons momentos vividos;

Aos meus amigos da fitopatologia, pelos bons conselhos e momentos de descontração;

À Universidade de Brasília e ao Departamento de Fitopatologia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e à fundação de amparo à pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento de parte da pesquisa;

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
INTRODUÇÃO	iv
OBJETIVO GERAL	vi
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	vi
Capítulo I. REVISÃO DE LITERATURA	2
• Diversidade de nematoides e seu uso potencial como bioindicadores ambientais	2
• Análise de dados em estudos de biodiversidade de nematoides	3
• Nematoides como indicadores de qualidade do solo em áreas degradadas por práticas antrópicas	8
• Importância dos nematoides da subordem Tylenchina	13
• Aspectos taxonômicos de nematoides da família Telotylenchidae <i>sensu</i> Siddiqi (2000), subfamília Telotylenchinae, <i>Tylenchorhynchus</i> e gêneros afins	15
• Referências Bibliográficas	19
Capítulo II. CARACTERIZAÇÃO DA NEMATOFAUNA EM VEGETAÇÃO NATIVA DA CAATINGA E EM ÁREAS SUBMETIDAS A DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS	30
RESUMO	30
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	32
• Localização das áreas de estudo e descrição do sistema de coleta.....	32
• Coleta de amostras nematológicas no solo.....	33
• Análises químicas e físicas do solo	34
• Processamento de amostras nematológicas.....	34
• Análise de dados.....	35
RESULTADOS	36
• Análise dos componentes químicos e físicos do solo	36
• Distribuição espacial da nematofauna.....	38
• Caracterização da nematofauna: abundância e diversidade	38
• Distúrbios	42
• Estrutura Trófica	42
• Via prevalente de decomposição da matéria orgânica	44
• Diagnóstico da cadeia alimentar do solo.....	44
• Relação entre a nematofauna e atributos do solo	46
DISCUSSÃO.....	48
CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
Capítulo III. DIVERSIDADE DA NEMATOFAUNA EM REMANCECENTES DA MATA ATLÂNTICA E OUTRAS FITOFISIONOMIAS E O SEU USO COMO INDICADOR DE QUALIDADE DOS SOLOS EM ÁREA DE MINERAÇÃO	63
RESUMO	63
ABSTRACT	63

INTRODUÇÃO	64
MATERIAL E MÉTODOS	66
• Localização e descrição dos sistemas de coleta	66
• Coleta de amostras nematológicas no solo.....	69
• Análises químicas e físicas do solo	71
• Processamento de amostras nematológicas.....	71
• Análise de dados.....	71
• Identificação de <i>Meloidogyne</i> spp. nas diferentes fitofisionomias	72
RESULTADOS	73
• Caracterização da nematofauna: abundância e diversidade	73
• Identificação das populações de <i>Meloidogyne</i> spp.	76
• Estrutura Trófica	76
• Distúrbios	77
• Diagnóstico da cadeia alimentar do solo.....	78
• Relação entre a nematofauna e variáveis ambientais	79
DISCUSSÃO.....	81
CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
Capítulo IV. TAXONOMIA INTEGRATIVA DE NEMATOIDES DA FAMÍLIA TELOTYLENCHIDAE SENSU SIDDIQI, 2000	98
RESUMO	98
ABSTRACT	99
INTRODUÇÃO	99
MATERIAL E MÉTODOS	101
• Origem das populações de nematoides em estudo.....	101
• Processamento de amostras nematológicas para estudos de microscopia óptica de luz e microscopia eletrônica de varredura.....	103
• Métodos moleculares: Extração de DNA, PCR e Sequenciamento	104
• Análise Molecular	105
• Combinando caracteres morfológicos e moleculares.....	106
RESULTADOS	106
• Identificação taxonômica com base em caracteres morfológicos e morfométricos da família Telotylenchidae	106
• Relações filogenéticas da família Telotylenchidae <i>sensu</i> Siddiqi, 2000.....	167
• Relações filogenéticas da subfamília Telotylenchinae e Macrotrophurinae <i>sensu</i> Siddiqi, 2000	169
DISCUSSÃO.....	172
CONCLUSÕES.....	177
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	179
CONSIDERAÇÕES FINAIS	186

RESUMO GERAL

Os nematoides são animais invertebrados pertencentes ao filo Nematoda. Vários índices e outros sistemas de mensurações ecológicas foram criados ou adaptados para explorar o potencial dos nematoides como bioindicadores de alterações ambientais e qualidade do solo. As comunidades de nematoides que habitam o solo são compostas por cinco grupos principais: parasitas de plantas, bacteriófagos, micófagos, predadores e onívoros, sendo que em solos cobertos por vegetação, geralmente os parasitas de plantas são os mais abundantes, com destaque para os membros da subordem Tylenchina, um dos grupos mais diversificados e de maior importância econômica em escala global. A taxonomia de nematoides se baseia principalmente em dados morfológicos e morfométricos. Como consequência do uso isolado destes caracteres, os sistemas de classificação dos nematoides têm sido efêmeros e não refletem com fidelidade as relações filogenéticas entre os táxons. A integração de caracteres morfológicos com dados moleculares, principalmente sequências dos genes do DNA ribossômico (rDNA), têm provocado profundas mudanças na interpretação da filogenia dos nematoides. O objetivo geral deste estudo foi contribuir para o incremento dos conhecimentos em biodiversidade de nematoides de solo, assim como aspectos taxonômicos de nematoides da subordem Tylenchina, pertencentes ao gênero *Tylenchorhynchus* e outros gêneros afins de várias regiões geográficas do mundo. Os objetivos específicos se basearam em proceder inventário da biodiversidade de nematoides em áreas naturais e cultivadas da Caatinga, na região do Vale do São Francisco, Petrolina-PE, como também em extinta área de mineração da empresa Vale S.A, convertida no “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio), localizado no bioma Mata Atlântica; buscar indicadores na comunidade de nematoides que possam ser empregados na avaliação das condições ecológicas do solo nessas áreas; combinar indicadores de impactos ambientais resultantes das comunidades de nematoides com outros indicadores resultantes de propriedades físicas e químicas do solo, visando uma melhor compreensão dos fatores que afetam a qualidade do solo; e, por fim, proceder estudos filogenéticos comparativos levando em consideração aspectos morfológicos, morfométricos e moleculares de populações de nematoides do gênero *Tylenchorhynchus* e outros gêneros afins do Brasil e de outras regiões do mundo. Como resultados, nas áreas da Caatinga, a retirada da vegetação nativa e a implantação dos cultivos de fruteiras e forrageiras influenciou as comunidades de nematoides, suprimindo a presença de alguns nematoides e promovendo a introdução de outros nas áreas cultivadas. Os índices ecológicos mostraram-se eficientes na indicação de distúrbios no solo, assim como atributos

do solo, tais como textura, acidez, matéria orgânica, micro e macro nutrientes, os quais desempenharam papéis essenciais na definição da estrutura da comunidade de nematoides do solo nos diferentes sistemas avaliados. Nas áreas do “CeBio”, foi demonstrado que a nematofauna respondeu às mudanças na cobertura vegetal do solo e às variações abióticas. O método multivariado de Análise de Componentes Principais mostrou-se eficiente no estudo das comunidades de nematoides. Os estudos filogenéticos comparativos levando em conta critérios morfológicos e moleculares advindos da avaliação de sequências do gene 28S do rDNA estabeleceu a importância do uso da identificação taxonômica integrativa na caracterização dos nematoides. Os dados obtidos neste estudo mostram uma tendência à monofilia da família Telotylenchidae, separando a subfamília Merliniinae da Telotylenchinae, portanto, indicando a necessidade de revisão do sistema vigente de classificação desta família, proposto por Siddiqi (2000).

Palavras chave: Bioindicadores, Taxonomia, Tylenchina.

GENERAL ABSTRACT

Nematodes are invertebrates belonging to the phylum Nematoda, one of the most abundant and diverse groups of animals on the planet. Due to the short life cycle and the different trophic habits, soil nematodes can reflect environmental changes, altering the structure and community composition. These are some of the features that qualify them as environmental biomarkers. Several indices and other ecological measurement systems were created or adapted to explore the potential of nematodes as bio-indicators of environmental changes and soil quality. The soil nematode communities are composed of five main trophic groups: plant parasites, bacterial feeders, fungal feeders, predators and omnivores. In plant covered soils, usually plant-parasitic nematodes are the most abundant, among them stand out members of the suborder Tylenchina. Tylenchina is one of the most diverse and economically important groups on a global scale, and nematological studies in Brazil indicate a wide variety of members of this suborder. Nematode taxonomy is based mainly on morphological and morphometric characters. As a result of isolated use of these characters, the systems of nematode classification have been ephemeral, and do not reflect faithfully the phylogenetic relationships among taxa. The integration of morphological characters with molecular data, especially sequences of genes of ribosomal DNA (rDNA), has caused profound changes in the

interpretation of nematode phylogeny. Therefore, the overall objective of the study was to contribute to the knowledge on the biodiversity of soil nematodes in the Atlantic Forest and Caatinga biomes, and on the taxonomic aspects of nematodes of the suborder Tylenchina, with focus on *Tylenchorhynchus* and related genera, from Brazil and several world geographic regions. The specific objectives aim to conduct inventories of nematode biodiversity in an extinct mining area of Vale Mining Company, now converted to the Centre for Research and Biodiversity Conservation of the Iron Quadrangle (CeBio), as well as in natural and cultivated areas of Caatinga biome in the region of Vale do São Francisco, Petrolina-PE. Both benchmark sites were under different levels of human intervention; to look for indicators on the nematode community that can be used to assess the soil ecological conditions in these areas; to combine indicators of environmental impacts from the nematode communities with other indicators resulting from physical and chemical properties of the soil, to improve knowledge on the factors affecting soil quality; to conduct comparative phylogenetic studies taking into account morphological, morphometric and molecular approaches of nematode populations of *Tylenchorhynchus* and related genera. Results indicated that in the areas of Caatinga, replacing native vegetation by fruit trees and forage crops influenced nematode communities, suppressing the presence of some nematodes and the introduction of other ones in cultivated area. The environmental indices were effective in indication of soil disturbance levels, as well as soil characteristics, such as texture, acidity, soil organic matter, micro and macro nutrients, which have played essential roles in defining structure of soil nematode communities. In areas of CeBio it was demonstrated that the nematode assemblages responded to changes in vegetation cover and soil abiotic factors. The multivariate method of Principal Component Analysis was an efficient tool in the study of nematode communities. The comparative phylogenetic studies taking into account morphological and molecular criteria, established the importance of using integrative taxonomic approach on the characterization of nematodes. The data indicate a tendency to monophyly of the family Telotylenchidae, separating the subfamily Merliniinae of Telotylenchinae, which indicates that the current system of classification proposed by Siddiqi (2000) needs to be revised.

Keywords: Bioindicators, Taxonomy, Tylenchina.

INTRODUÇÃO

Os nematoides são os animais mais abundantes do planeta e estão amplamente distribuídos por todos os biomas terrestres e aquáticos. As comunidades de nematoides de solo são poli específicas e são constituídas principalmente por cinco grupos tróficos: os parasitas de plantas, os bacteriófagos, os fungívoros, os predadores e os onívoros, sendo os dois primeiros os mais abundantes (Yeates *et al.*, 1993). Quanto maior a diversidade de nematoides em uma comunidade, mais numerosas são as possibilidades de interação entre as espécies componentes da cadeia alimentar, favorecendo a sustentabilidade dos solos (Cares & Huang, 2008).

O fato de viverem em comunidades multiespecíficas, em que cada espécie desempenha uma função e apresenta sensibilidade diferenciada aos estímulos do ambiente, confere aos nematoides a qualidade de excelentes indicadores de distúrbios ambientais, sejam impactos provocados por práticas agrícolas, por poluentes químicos e por outras atividades antropogênicas em ambientes terrestres e aquáticos (Huang & Cares, 2006; Cares & Huang, 2008).

Em vários biomas, incluindo alguns brasileiros, índices e outras variáveis ecológicas das comunidades de nematoides vêm sendo utilizados na avaliação das condições do solo em variadas circunstâncias, principalmente no que diz respeito aos impactos da intervenção antrópica na natureza. Estes estudos têm comparado: biomas; efeitos da intensidade do uso da terra, tomando os solos sob vegetação nativa como padrão referencial; sucessão ecológica; monitoramento da recuperação de áreas degradadas; alterações resultantes de fatores sazonais e espaciais; sistemas de cultivos; efeitos da cobertura com diferentes espécies vegetais ou cultivares; tipos de solo e diferentes fatores edáficos; níveis de fertilidade do solo (Mattos, 1999; Inomoto, 1995; Cares & Huang, 2008; Silva, 2008; Tomazini *et al.*, 2008) poluição ambiental resultante do uso de agroquímicos e outros poluentes, incluindo os metais pesados (Korthals *et al.*, 1996; Hans *et al.*, 2008). Entretanto, levando em consideração a grande diversidade de espécies de nematoides estimada, no Brasil as pesquisas nesta área ainda são escassas e os poucos estudos desenvolvidos têm sido majoritariamente restritos à região dos Cerrados, com pesquisas pontuais em outras regiões do país.

A grandiosidade da abundância, diversidade e importância dos nematoides também contrasta-se com o insignificante volume de conhecimentos taxonômicos acumulados sobre tais organismos e, mais ainda, com o baixo número de pesquisadores envolvidos com essa área. Em comparação ao sistema de classificação de outros metazoários, a classificação dos nematoides encontra-se em um estágio pouco avançado, principalmente pelas limitações dos caracteres

morfológicos e morfométricos obtidos por meio da microscopia ótica e de varredura. Como consequência do uso de caracteres inadequados e da má interpretação destes, os sistemas de classificação ao longo da história da nematologia têm sido efêmeros e não refletem com fidelidade as relações filogenéticas entre os táxons.

A partir do final da década de 1990, a integração de caracteres morfológicos com informações de sequências de genes (18S, 28S e ITS) do DNA ribossomal (rDNA) de nematoides pertencentes a diferentes grupos tróficos provocaram profundas mudanças na interpretação da filogenia do filo Nematoda (Blaxter *et al.*, 1998; De Ley & Blaxter, 2002; De Ley & Blaxter, 2004; Holterman *et al.*, 2006). Porém, para a confirmação ou rejeição das atuais hipóteses de filogenia para os nematoides se faz necessária a validação de caracteres morfológicos, morfométricos, moleculares e a busca de novos táxons, principalmente de grupos poucos estudados.

OBJETIVO GERAL

Contribuir para o incremento dos conhecimentos em biodiversidade de nematoides de solo e seu uso como bioindicadores de qualidade ambiental em áreas sob intervenção antrópica (sistemas agrícolas e atividades de mineração); assim como contribuir para a taxonomia de nematoides da subordem Tylenchina, especialmente de *Tylenchorhynchus* e gêneros afins no contexto global.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proceder levantamento da biodiversidade de nematoides em áreas naturais e cultivadas da Caatinga, na região do Vale do São Francisco, Petrolina-PE e em extinta área de mineração, situada no município de Sabará-MG, sob domínio de Mata Atlântica, todas sob diferentes níveis de intervenção antrópica;
- Buscar indicadores na comunidade de nematoides que possam ser empregados na avaliação das condições ecológicas do solo nessas áreas;
- Combinar indicadores de impactos ambientais resultantes das comunidades de nematoides com outros indicadores resultantes de propriedades físicas e químicas do solo, visando uma melhor compreensão dos fatores que afetam a qualidade do solo;
- Proceder estudos filogenéticos, integrando os aspectos morfológicos, morfométricos e moleculares de populações de nematoides do gênero *Tylenchorhynchus* e outros afins.

Capítulo I

Revisão de Literatura

REVISÃO DE LITERATURA

Diversidade de nematoides e seu uso potencial como bioindicadores ambientais

A diversidade de organismos nos ecossistemas pode ser alterada significativamente após serem submetidos a processos de degradação do ambiente natural. Dentre estes processos inclui-se os que se caracterizam pelo uso não sustentável do solo, como a conversão de florestas em áreas cultivadas, produção agrícola intensiva, erosão do solo e atividades de mineração. Os programas de preservação de diversidade biológica têm-se centrado em plantas, animais vertebrados e insetos, dando pouca atenção aos organismos microscópicos do solo (Silva, 2008).

No Brasil, poucas pesquisas são desenvolvidas para determinar a relação entre a diversidade microbiana, o funcionamento do solo, os benefícios para as plantas e a sustentabilidade dos ecossistemas (Figueira, 2008). No entanto, nematoides têm sido amplamente utilizados em estudos ecológicos em ambientes aquáticos e terrestres ao redor do mundo e têm apresentado boas respostas aos mais variados manejos empregados no solo (Freckman & Ettema, 1993; Neher *et al.*, 2005; Mulder *et al.*, 2005; Shukurov *et al.*, 2005; Pen-Mouratov *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2010; Martín *et al.*, 2014).

Os nematoides são os animais mais abundantes do planeta e estão amplamente distribuídos por todos os biomas terrestres e aquáticos. São invertebrados, na maioria pequenos e de corpo filiforme e pertencem ao filo Nematoda, o qual compreende as classes Chromadorea e Enoplea (De Ley & Blaxter, 2004). Os nematoides pertencentes à classe Chromadorea são quase exclusivamente terrestres, raramente sendo de água doce ou marinha, ao passo que, os pertencentes à classe Enoplea ocupam nichos nos três habitats (Bongers & Ferris, 1999). Os nematoides estão distribuídos em 19 ordens, das quais 13 estão associadas ao solo (Cares & Huang, 2008).

Os nematoides são considerados eficientes bioindicadores de alterações ambientais ocorridas no solo e em ambiente aquático, para isso concorrendo algumas características fundamentais como: i) são encontrados em abundância em múltiplos e variados biomas; ii) apresentam diversidade trófica; iii) possuem ciclo biológico relativamente curto; iv) constituem comunidades multiespecíficas, ocorrendo tanto interações entre os seus membros, quanto entre estes e outros componentes da biota do solo; v) certos táxons, ou grupos de táxons, comprovadamente apresentam sensibilidade diferenciada frente a distúrbios ocorridos no ambiente; vi) são integradores de propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e, vii)

podem ser identificados e quantificados sem maiores dificuldades, pelo menos até o nível genérico (Cares, 2006).

Análise de dados em estudos de biodiversidade de nematoides

Segundo Goulart *et al.* (2003), o uso da biodiversidade, via indicadores biológicos de qualidade ambiental em agroecossistemas é muito importante para identificar o efeito dos sistemas de manejo sobre a biodiversidade dos solos; definir estratégias de manejo mais sustentáveis; construir uma base de dados biológicos para subsidiar estudos sobre impacto de sistemas antropizados nas propriedades físicas e químicas, na ciclagem de nutrientes e na dinâmica da matéria orgânica em solos.

Estudos de diversidade em comunidades de nematoides são geralmente desenvolvidos a partir de dados qualitativos, baseados nas identificações taxonômicas e, quantitativos, que expressam o número de indivíduos de cada táxon, ou seja, a abundância (Goulart, 2009). Assim, a partir destes dados, a diversidade da nematofauna pode ser mensurada utilizando alguns índices matemáticos aplicados em estudos ecológicos diversos, dos quais os mais frequentes são descritos abaixo:

A abundância total é avaliada pela contagem do número total de nematoides em uma amostra com volume conhecido de solo. A abundância absoluta é o número total de indivíduos pertencentes a um determinado táxon ou grupo trófico de uma amostra ou conjunto de amostras, enquanto que a abundância relativa representa o valor percentual do número de indivíduos pertencentes a um determinado táxon ou grupo trófico com relação ao total de indivíduos presentes em uma amostra ou conjunto de amostras (Cares & Huang, 2008).

Entre outros métodos possíveis para se calcular a diversidade, consideram-se os índices a seguir. Riqueza de gêneros (d), obtido pela fórmula: $d = (S-1)/\log N$, em que S = número de gêneros, N = número total de nematoides em cada amostra (Magurran, 1988). Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'), obtido pela fórmula: $H' = -\sum P_i \times \log(P_i)$, sendo P_i = abundância relativa do gênero “ i ” (Pielou, 1977). Índice de equitatividade de Shannon (J') calculado por $J' = H'/H'_{\max}$, em que $H'_{\max} = \log S$ (Elliot, 1990). Estes dois índices atribuem maior peso para nematoides abundantes e para aqueles raros, como os predadores e onívoros. Índice de diversidade de Simpon (D_s), obtido por: $D_s = 1 - \sum (P_i)^2$. Índice de equitatividade de Simpon (E_s), em que $E_s = D_s/D_{s_{\max}}$, em que $D_{s_{\max}} = 1 - 1/S$ (Elliot, 1990). Diferentemente dos índices de Shannon, os índices de diversidade de Simpson atribuem maior peso para nematoides altamente abundantes, como os parasitas de plantas e os bacteriófagos (Pielou, 1977).

A estrutura trófica da nematofauna é avaliada levando em conta a proporção de cada grupo trófico dentro da comunidade, sendo os parasitas de plantas (PP), micófagos (FF), bacteriófagos (BF), predadores (PR) e onívoros (OM) (Yeates *et al.*, 1993) e geralmente é dominada pelos parasitas de plantas, seguidos dos bacteriófagos ou dos fungívoros. As vias de decomposição da matéria orgânica podem ser avaliadas pelas relações: (FF/BF)(Freckman & Ettema, 1993), que indica a via prevalente da decomposição da matéria orgânica e (FF + BF)/PP(Wasilewska, 1994), que indica a prevalência dos processos de decomposição ou de herbivoria.

Bongers(1990) classificou os nematoides de solo de acordo com a estratégia de vida em colonizadores (c) e persistentes (p), sendo os colonizadores, equivalentes aos estrategistas “r” e os persistentes ao estrategistas “K”. Os colonizadores (c) produzem muitos ovos pequenos, apresentam ciclo de vida curto e exploram rapidamente habitats ricos em nutrientes. Em contraste, os persistentes (p) produzem poucos ovos, apresentam longo ciclo de vida e dificilmente reagem positivamente a condições de alta disponibilidade de nutrientes. Nesse sistema de classificação, os nematoides são alocados em uma escala colonizador-persistente (c-p), que varia de 1 (c) a 5 (p), como descrito a seguir.

O grupo c-p-1 é representado por nematoides com um curto ciclo de vida, resultando em um explosivo crescimento populacional sob condições de riquezas de nutrientes, por exemplo, acompanham o crescimento populacional de bactérias em solos enriquecidos, sendo ativos, portanto, apenas em condições de alta atividade microbiana. São relativamente tolerantes a estresse induzido por poluição e são capazes de produzir um estágio de sobrevivência “dauer larvae” à medida em que a atividade microbiana é reduzida. Este grupo é composto de bacteriófagos das famílias Rabditidae, Diplogasteridae e Panagrolaimidae.

O grupo c-p-2 é representado também por nematoides que apresentam curto ciclo de vida e alta taxa de reprodução, porém não formam “dauer larvae” e ocorrem tanto em condições de riqueza como de pobreza de alimentos. São tolerantes a poluentes e outros distúrbios. Este grupo é composto pelos menores nematoides da Tylenchidae, principalmente, os que se alimentam de células epidérmicas de plantas; os micófagos da Aphelenchoidea e Anguinidae e os bacteriófagos da Cephalobidae, Plectidae e Monhysteridae.

O grupo c-p-3 é caracterizado por nematoides com características intermediárias entre os grupos 2 e 4. Têm um longo tempo de geração e são relativamente sensíveis a distúrbios. Este grupo é composto de bacteriófagos das famílias Teratocephalidae, Araeolaimidae e Chromadoridae; os maiores nematoides da Tylenchomorpha, que se alimentam em camadas

mais profundas nas raízes, os da Diplogasteridae que são micófagos e os predadores da Tripylidae.

O grupo c-p-4 inclui nematoides maiores, e são caracterizados por um longo tempo de geração e apresentam cutícula permeável e sensível a poluentes. Os nematoides não predadores deste grupo são relativamente sésseis, enquanto que os predadores necessitam de maior mobilidade. Este grupo é composto de predadores maiores, bacteriófagos da Alaimidae e Bathyodontidae, os dorilaimidas menores e os parasitas de plantas da família Trichodoridae.

O grupo c-p-5 é composto por dorilaimidas maiores, incluindo os onívoros, predadores e parasitas de plantas. Este grupo apresenta longo ciclo de vida, grande longevidade e baixa taxa de reprodução. Produzem poucos, porém grandes ovos e sua mobilidade é baixa. Com uma cutícula permeável, são muito sensíveis a poluentes e a outros distúrbios.

Como um indicativo da fase de sucessão ecológica em que se encontra uma comunidade de nematoides e como medida de distúrbios em que se encontra o ambiente, foram propostos alguns índices ecológicos, dos quais incluem: Índice de maturidade (MI), que leva em consideração apenas os nematoides de vida livre, incluindo todos os valores c-p (Bongers, 1990); Índice de parasitas de plantas (PPI), que leva em consideração apenas os nematoides parasitas de plantas (Bongers, 1990); Índice de maturidade considerando apenas valores c-p variando de 2 a 5 (MI2-5), que exclui também os parasitas de plantas (Bongers & Bongers, 1998); e o Índice de maturidade modificado (mMI), que leva em consideração nematoides de vida livre e parasitas de plantas (Yeates, 1994). Para a obtenção desses índices, é considerada a frequência relativa dos táxons na comunidade de nematoides e o conceito da estratégia de vida de cada um deles, onde se adota a escala colonizador-persistente (c-p) que varia de 1 (colonizador) a 5 (persistente) (Bongers, 1990).

O índice de maturidade (MI), aplicado a todos os nematoides de solo, exceto os parasitas de plantas, é obtido pela seguinte fórmula, de acordo com Bongers (1990), $MI = \sum v(i) \times f(i)$, em que i = valor c-p atribuído ao táxon considerado e $f(i)$ = frequência relativa do gênero ou família "i". O índice de parasitas de plantas é obtido pela mesma fórmula, porém considerando apenas os nematoides parasitas de plantas (Bongers, 1990). Por sua vez, o índice de maturidade modificado (mMI), proposto por Yeates (1994), é obtido pela mesma fórmula, porém considerando os nematoides de todos os hábitos alimentares presentes na comunidade.

Ferris *et al.* (2001) apresentaram proposta de utilização de outros índices para caracterizar comunidades de nematoides, com base na presença e abundância de grupos

taxonômicos com o mesmo hábito alimentar e com a mesma função na cadeia alimentar. Assim, estes determinados grupos, também nomeados de “guildas”, podem ser considerados importantes indicadores da condição ecológica do solo. Além disso, as guildas reúnem nematoides que apresentam o mesmo valor c-p (1-5).

Desta forma, os autores apresentaram três diferentes condições de cadeias alimentares e identificaram as guildas funcionais de nematoides associadas, as quais são indicadoras da condição da cadeia alimentar, descritos a seguir. O Índice de enriquecimento (“enrichment index”: EI), que apresenta a localização da cadeia alimentar na trajetória de “enriquecimento” nutricional do solo, foi elaborado com ênfase em nematoides bacteriófagos e micófagos de crescimento rápido com valores c-p 1 e 2 e é calculado pela seguinte fórmula: $(EI = 100 \times (e / (e + b)))$. De forma semelhante, o índice de estrutura (“structure index”: SI) indica a localização da cadeia alimentar na trajetória da “estruturação” da comunidade e foi elaborado com ênfase em nematoides predadores e onívoros de crescimento lento e baixa reprodução com valores c-p 3, 4 e 5, calculado pela fórmula: $SI = 100 \times (s / (s + b))$. Por fim, o Índice de canal de decomposição (CI) que indica a via de decomposição predominante no solo, comparando o tamanho das populações dos nematoides que se alimentam de bactérias com os que se alimentam de fungos, é calculado pela seguinte fórmula: $CI = 100 \times [0,8Fu2 / (3,2Ba1 + 0,8Fu2)]$, onde Ba1 e Fu2 são as abundâncias de nematoides das guildas de bacteriófagos com valor c-p igual a 1 e de micófagos com valor c-p igual a 2, respectivamente.

Os valores de e , s e b são as abundâncias de nematoides de guildas que representam “enriquecimento”, “estrutura” e condição “basal”, respectivamente. As guildas que representam “enriquecimento” são: bacteriófagos com valor c-p igual a 1 (Ba1) e micófagos com valor c-p igual a 2 (Fu2). As guildas que representam “estrutura” são: bacteriófagos com valor c-p que varia de 3 a 5 (Ba3, Ba4 e Ba5), micófagos com valor c-p que varia de 3 a 5 (Fu3, Fu4 e Fu5), onívoros com valor c-p que varia de 3 a 5 (Om3, Om4 e Om5), carnívoros (predadores) com valor c-p que varia de 2 a 5 (Ca2, Ca3, Ca4 e Ca5). As guildas que representam condição basal são: bacteriófagos com valor c-p 2 (Ba₂) e micófagos com valor c-p 2 (Fu₂). Esses componentes são calculados com base na abundância das “guildas” respectivas (n) e seus pesos específicos (k).

Os índices indicados anteriormente permitem realizar o denominado perfil faunal, que é a representação gráfica bidimensional feita com os valores médios dos índices EI e SI (Figura 1.1).

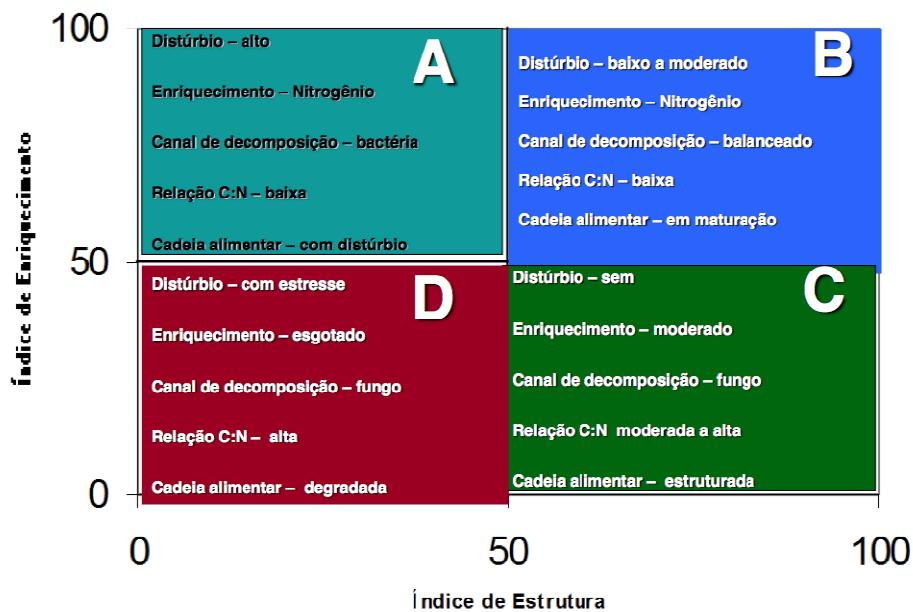


Figura 1.1. Representação gráfica da condição estruturada e enriquecida da rede trófica do solo (Ferris *et al.*, 2001).

As análises multivariadas também têm apresentado uma destacada importância em estudos de comunidades de nematoides. Estudos relacionados vêm crescendo gradativamente nos últimos anos, produzindo, com certa frequência, resultados distintos daqueles obtidos através de análise univariada (Provete *et al.*, 2011). A importância deste método é dada quando se objetiva entender a influência de vários fatores na explicação de um fenômeno.

Um dos métodos multivariados mais utilizados em estudos da ecologia de nematoides é a análise de componentes principais. Segundo Provete *et al.* (2011), componentes principais são as combinações lineares das variáveis, eixos ortogonais (independentes) que resumem (explicam) a variação dos objetos, e como tal podem ser consideradas como “novas” variáveis que poderão ser usadas em análises posteriores. O número de componentes principais é igual ao número de variáveis. O primeiro componente principal resume a maior variação dos dados, o segundo, a segunda direção de maior variação dos dados e assim por diante. Assim, os componentes principais, dispostos num espaço de duas dimensões, podem representar a variação ocorrida, suficiente para indicar algum padrão a ser interpretado (Goulart, 2009).

O escalonamento multidimensional (Multidimensional Scaling - MDS), também de grande importância nos estudos ecológicos, trata-se de uma técnica para a análise de dados de similaridade (ou dissimilaridade) entre um conjunto de objetos (Borg & Groenen, 1997). Segundo Young & Hamer (1987), o MDS se refere a um conjunto de métodos de análise de dados que explicitam a estrutura dos dados de maneira espacial, facilitando sua inspeção, análise e interpretação até mesmo pelo olhar humano relativamente destreinado. A análise

leva em conta o ranque das distâncias, e portanto não presume a linearidade entre as amostras, uma característica desejável quando se analisa dados de comunidades de espécies. Ao contrário da PCA, o MDS permite escolher o número de eixos que se deseja produzir previamente à análise, porém, não fornece a percentagem de explicação de cada eixo, já que o número de eixos é escolhido previamente pelo usuário (Provete *et al.*, 2011).

Nematoides como indicadores de qualidade do solo em áreas degradadas por práticas antrópicas

Os primeiros relatos de estudos do efeito de distúrbios nas comunidades de nematoides no solo deram-se a partir dos anos 60 (Bassus, 1960). A partir de então, em trabalhos publicados principalmente nos últimos vinte anos, desenvolvidos nas mais diferentes regiões geográficas do mundo, são relatadas significativas mudanças na composição de comunidades de nematoides do solo ao longo do tempo, à medida que os sistemas de vegetação nativa locais vão sendo substituídos por outros tipos de manejo (Wasilewska, 1994; Neher & Campbell, 1994; Korenko & Schmidt, 2007, Pen-Mouratov *et al.*, 2010; Martín *et al.*, 2014).

A nematofauna em agroecossistemas compreende as espécies nativas que sobreviveram ao manejo agrícola; espécies que podem ter sido introduzidas pela atividade humana e as espécies que chegaram através da dispersão natural (Yeates & Bongers, 1999). Não só os ciclos agrícolas anuais, mas também os ciclos mais longos de uso da terra têm influência na proporção dos vários táxons de nematoides que formam a fauna em um determinado tempo.

Na Nigéria, após a derrubada da vegetação nativa e estabelecimento de culturas agrícolas, Caveness (1972) observou queda de 85% nas populações de nematoides parasitas de plantas, após a retirada da vegetação nativa, concluindo que as práticas agrícolas favoreceram algumas espécies de nematoides, como *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann, 1898) Filipjev e Schuurmans Stekhoven, 1941, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e *Helicotylenchus pseudorobustus* (Steiner, 1914) Golden, 1956, em detrimento de outras, como por exemplo dos gêneros *Helicotylenchus* Steiner, 1945, *Scutellonema* Andrassy, 1958, *Xiphinema* Cobb, 1913, *Paratylenchus* Micoletzky, 1922 e *Criconemoides* Taylor, 1936.

Freckman e Ettema (1993), nos Estados Unidos, estudaram comunidades de nematoides em ecossistemas naturais e agroecossistemas sob diferentes níveis de intervenção humana e observaram que nematoides bacteriófagos foram os mais abundantes em todas as

áreas, enquanto os micófagos foram mais abundantes em vegetação nativa, e os parasitas de plantas apresentaram a menor abundância em cultivo orgânico. Nematoides onívoros e predadores representaram uma pequena proporção da comunidade em todas as áreas. Os autores concluíram que na vegetação nativa foi encontrada a maior riqueza de táxons e diversidade, enquanto que a área cultivada sem uso de produtos químicos industrializados apresentou um baixo índice de diversidade de Shannon-Weaver e que a matéria orgânica causou supressividade aos nematoides parasitas de plantas.

Na República Tcheca, Hánel (1995) realizou estudo de comunidades de nematoides em quatro áreas com vegetação nativa e em áreas de culturas trigo/batata; pousio após cultura de milho; campo e floresta. O maior índice de diversidade de Shannon-Weaver foi obtido para a área de campo e o menor para a área cultivada. Altos valores de índices de maturidade foram obtidos para a área de campo, indicando uma comunidade de nematoides mais estável. Os índices de diversidade e maturidade apresentaram pequenas diferenças para a área de floresta em relação à área de campo.

Hánel (2003), também na República Tcheca, em estudos sobre as alterações nas comunidades de nematoides após a interrupção do uso agrícola do solo, concluiu que, juntamente com a vegetação nativa, muitas populações de nematoides são capazes de se recuperar do estresse causado pelo cultivo agrícola, em um período relativamente curto, após a interrupção da agricultura intensiva no local por 30 anos.

Na China, Zhi *et al.* (2008) ao avaliarem a implementação de vegetação exótica para a estabilização das dunas de areia na região do Tengger Desert, observaram que praticamente todos os táxons de nematoides foram mais abundantes em sítios sob vegetação implantada do que em sítios sob o solo descoberto, evidenciando a grande influência da vegetação sobre a composição da nematofauna.

Em estudos pioneiros sobre a diversidade de fitonematoides no Brasil, Zamith & Lordello (1957) compararam a fauna em áreas cultivadas e com vegetação remanescente do bioma Mata Atlântica, no município de Piracicaba (SP). Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que nas áreas cultivadas estavam ausentes algumas espécies da fauna original e que ocorrera a introdução e dispersão de outras, provavelmente por meio de material vegetal, implementos agrícolas infestados, água de irrigação ou drenagem superficial da água de chuva. Os autores relataram ainda que nas áreas com vegetação original a fauna nematológica foi mais rica em diversidade que nas áreas cultivadas.

Em áreas sob o domínio do bioma Cerrado, em estudos de levantamento da nematofauna, Cares & Huang (1991) observaram que dos 42 gêneros de nematoides parasitas

de plantas, 37 estiveram associados com a vegetação nativa do cerrado, 24 com plantas nativas de mata de galeria, 23 com áreas cultivadas com plantas perenes e 13 com plantas cultivadas anuais, confirmando maior diversidade dos parasitas de plantas em solos menos perturbados.

Inomoto (1995) relatou em remanescentes da Mata Atlântica do estado de São Paulo, a presença de espécies de fitonematoides que não ocorreram em áreas contíguas ocupadas com eucalipto (*Eucalyptus* sp.), milho (*Zea mays* L.), café (*Coffea arabica* L.), mangueira (*Mangifera indica* L.), citros (*Citrus* sp.), banana (*Musa acuminata* Simm. & Sherp), pessegueiro (*Prunus persica* L.) e pinheiro (*Pinus* sp.), razão pela qual foram consideradas prováveis constituintes da fauna original dos solos do local estudado. Na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro, Lima *et al.*(2005) também relataram a presença de importante espécies parasitas de plantas em áreas nativas, a saber, *M. javanica*(Treub) Chitwood, *M. exigua* Goeldi, *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood e *M. enterolobii* Yang & Eisenback, 1983 (= *M. mayaguensis* Rammah & Hirschmann, 1988).

Na Amazônia, Huang *et al.* (1998) estudaram as comunidades de nematoides em cinco sistemas de uso da terra (floresta perturbada, culturas anuais, pastagens, capoeiras e sistemas agroflorestais) e observaram que os nematoides parasitas de plantas constituíram o grupo trófico mais abundante, constituindo cerca de 30 a 75% da abundância total, seguido dos bacteriófagos (10 a 25%), enquanto que os fungívoros, os predadores e os onívoros ocuparam menos de 20% da abundância. A abundância total de nematoides foi maior nas pastagens, seguida da floresta perturbada e das capoeiras, sendo inferior nos sistemas agroflorestais e nas culturas anuais. A diversidade de nematoides avaliada pela riqueza de gêneros, pelos índices de diversidade de Shannon-Weaver, de Simpson e pela equitatividade dos dois índices de diversidade, mostrou que a capoeira apresentou maior diversidade, seguida de sistema agroflorestal, floresta perturbada, culturas anuais e, por fim, pastagem. O índice de maturidade (MI) indicou maiores distúrbios de solo nas pastagens e nas culturas anuais, seguido das capoeiras, dos sistemas agroflorestais e menores na floresta.

Também na região do Cerrado, Mattos (1999) comparou quatro sistemas com vegetação nativa (cerrado, cerradão, mata de galeria e campo limpo) e quatro sistemas cultivados (eucalipto, café, milho e tomate) e concluiu que pelo índice de maturidade (MI e MI 2-5), foi possível identificar pequenos distúrbios nos quatro sistemas nativos, moderados nos sistemas com culturas perenes e alto nível de distúrbio nos sistemas com culturas anuais.

Neste estudo os parasitas de plantas também dominaram nos quatro sistemas de vegetação nativa, enquanto que os bacteriófagos foram mais abundantes nos sistemas cultivados.

Silva (2008) ao estudar o efeito do uso agrícola em dois locais da Mata Atlântica no estado de São Paulo, observou que a retirada da vegetação primária e a implantação dos cultivos de plantas perenes ou anuais, proporcionou intenso processo de redução da diversidade de fitonematoides e da introdução de novos táxons, o que resultou em baixa similaridade entre os locais de vegetação primária e aqueles cultivados, demonstrando-se elevada influência da atividade agrícola sobre a comunidade de fitonematoides.

Em estudos comparando sistemas agrícolas, Tomazini *et al.* (2008) estudaram a estrutura trófica e os índices de maturidade de comunidades de nematoides ocorrentes em áreas contíguas de Mata Atlântica natural preservada e de culturas perenes (bananeira, citros, pessegueiro) e anuais (milho x leguminosas) em rotação em Piracicaba (SP). Os valores de diversidade trófica (T) não se prestaram à clara distinção entre os cinco sistemas, mas os de índice de maturidade (MI), índice de maturidade modificado (mMI) e índice de parasitas de plantas (PPI) indicaram menor ocorrência de distúrbios na mata e no pomar cítrico em relação às demais áreas cultivadas.

Mondino *et al.* (2009) compararam vários sistemas de produção orgânica, abacaxi, feijão, consórcio milho-feijão e araruta (*Maranta arundinacea* L.), instalados após três anos de pousio, e concluíram que o sistema araruta apresentou índices que permitiram qualificá-lo como o sistema mais estável nesta área, devido aos valores elevados dos índices de Shannon, Equitatividade, índices de maturidade (IM, IM2-5) e altos valores de índice de estrutura (SI).

Cardoso (2010) caracterizou a estrutura trófica da nematofauna em área cultivada com cana-de-açúcar e em remanescente de Mata Atlântica, na Zona da Mata Norte de Pernambuco. A autora observou que a diversidade de nematoides foi maior na área remanescente de Mata Atlântica, prevalecendo as famílias Dorylaimidae e Rhabditidae, enquanto que os nematoides que prevaleceram na área cultivada com cana-de-açúcar foram *Pratylenchus* sp. e *Helicotylenchus* sp.

Além de estudos em agroecossistemas, estudos de comunidades de nematoides também são utilizados na avaliação de impactos ambientais ocasionados pelas práticas de mineração. Segundo Korthals *et al.* (1996), estas atividades antrópicas podem resultar em alterações nas comunidades de nematoides de modo indireto, pela substituição da vegetação nativa por áreas de mineração ou por aumento nos teores dos componentes químicos gerados pelas atividades mineradoras.

Análise da composição da comunidade de nematoides levando em conta a estratégia de vida com base na representação dos grupos colonizador - persistente (c-p) serviu como ferramenta para determinar o impacto da contaminação do solo por metais pesados sobre a nematofauna (Bongers & Ferris, 1999). Sánchez-Moreno & Navas (2007), ao estudar o impacto causado pelo rompimento de uma barragem contendo metais pesados residuais (Cu, Pb, Zn, Ni), utilizando nematoides como indicadores, observaram que a composição da comunidade de nematoides e os índices de diversidade foram fortemente afetadas pelo conteúdo de metais pesados no solo (especialmente por Pb, Cu e Zn).

Pen-Mouratov *et al.* (2008), em uma metalúrgica na República do Uzbequistão, avaliaram o efeito da distância de uma fonte de poluição por metais pesados (As, Cd, Pb, Cu e Zn), na comunidade de nematoides ao longo de um transecto de 15 km e concluíram que a poluição ambiental ocasionada por excesso destes componentes químicos teve grande influência na composição da nematofauna, uma vez que foram observados menor abundância total e menores índices de maturidade em áreas com os mais altos teores de metais pesados.

Na Península Ibérica, Martín *et al.* (2014) exploraram a nematofauna de uma área de mineração de chumbo, ativa desde o final do século III A.C. até o final do século XX, juntamente com áreas agrícolas contíguas, caracterizando o conteúdo de Pb e outras variáveis do solo (N, P, K, S, CaCO₃, pH, matéria orgânica, fração granulométrica, etc.), usando métodos geoestatísticos multivariados em relação à diversidade de nematoides. Os autores concluíram que embora a diversidade de nematoides foi ampla em todas as áreas avaliadas, a diversidade e abundância reduziram-se significativamente na área de mineração assim como nas áreas agrícolas, notando redução na abundância de predadores em ambas as áreas, enquanto onívoros mostraram-se reduzidos apenas na área agrícola, e bacteriófagos exibiram uma resposta diferencial para ambas as perturbações antrópicas. Quanto aos atributos do solo, a abundância total de nematoides, grupos tróficos e grupos c-p foram correlacionados negativamente com conteúdos de Pb, e uma relação positiva foi encontrada com conteúdos de N, P e K.

Segundo Cares & Huang (2008), a diversidade de nematoides é negativamente afetada com a intensificação das atividades antrópicas e, independente do sistema de uso da terra, em biomas brasileiros as comunidades são dominadas por fitonematoides, principalmente os da subordem Tylenchina. Levando em consideração a grande extensão territorial e a elevada diversidade de ambientes destes biomas, fica evidenciada a necessidade de um maior esforço amostral e conhecimentos taxonômicos para revelar a diversidade desse importante grupo de organismos.

Importância dos nematoides da subordem Tylenchina

Membros da subordem Tylenchina pertencem à classe Chromadorea, sub-classe Chromadoria, ordem Rhabditida (De Ley & Blaxter, 2002). São mundialmente distribuídos em ambientes marinhos, terrestres e de água doce e evoluíram para variados grupos tróficos, incluindo os bacteriófagos, fungívoros, predadores, parasitas de plantas e os parasitas de animais, principalmente invertebrados. A subordem Tylenchina é um dos grupos mais diversificados de nematoides, contando com aproximadamente 3.734 espécies distribuídas em 333 gêneros, 31 famílias, 9 superfamílias e 4 infraordens (Tabela 1.1). É inquestionável a importância econômica dos nematoides da subordem Tylenchina, uma vez que a infraordem Tylenchomorpha abriga acima de 90% dos nematoides parasitas de plantas.

Tabela 1.1. Classificação e diversidade da Subordem Tylenchina Thorne, 1949 (adaptado de Baldwin, não publicado).

Infraordens	Superfamílias	Famílias/ Subfamílias	Número	
			Gêneros	Espécies
1. Panagrolaimorpha De Ley & Blaxter, 2002	1.Panagrolaimoidea	1.Panagrolaimidae	13	76
		2.Chambersiellidae	5	12
	2.Strongyloidoidea	2.Rhabdiasidae	3	52
		4.Strongyloididae	2	42
		5.Alloionematidae	2	13
		6.Steinernematidae	2	46
2. Cephalobomorpha De Ley & Blaxter, 2002	3.Cephaloboidea	7. Cephalobidae		
		Cephalobinae	19	155
		Acrolobinae	6	12
		8. Elaphonematidae	3	9
		9. Osstellidae	4	14
		10. Alirhabditidae	1	2
		11. Biccirronematidae	3	9
3. Tylenchomorpha De Ley & Blaxter, 2002	4. Aphelenchoidea	12. Aphelenchidae	2	46
		13. Aphelenchoididae	25	330
	5. Criconematoidea	14. Criconematidae	13	408
		15. Hemicycliophoridae	6	203
		16. Tylenchulidae	10	178
	6. Spaerularoidea	17. Anguinidae	15	125
		18. Sphaerulariidae	26	180
		19. Neotylenchidae	6	37
		20. Iotonchidae	16	63
	7. Tylenchoidea	21. Hoplolaimidae	30	584
		22. Meloidogynidae	4	89
		23. Pratylenchidae	11	268
		24. Belonolaimidae	29	438
		25. Tylenchidae	42	210
	8. Myenchoidea	26. Myenchidae	2	3
	4. Drilonematomorpha De Ley & Blaxter, 2002	9. Drilonematoidea	27. Drilonematidae	16
28. Ungellidae			13	64
29. Homungellidae			2	13
30. Scolecophilidae			1	3
31. Creagrocercidae			1	1
Total	9	31	333	3734

Estudos taxonômicos e filogenéticos da subordem Tylenchina têm sido focados principalmente em nematoides parasitas de plantas de importância econômica, como nematoides de cisto (*Heterodera* spp. e *Globodera* spp.), nematoides das galhas

(*Meloidogynespp.*) e nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus spp.*). Por outro lado, estes estudos muitas vezes ignoram a grande diversidade de não parasitas de plantas ou parasitas de plantas de pouca importância agrícola (Holterman *et al.*, 2006; Subbotin *et al.*, de 2008). Para tanto, informação taxonômica e resolução deste grupo de nematoides exige uma representação mais ampla, incluindo grupos pouco conhecidos como exemplo, nematoides da família Telotylenchidae (Bert *et al.*, 2010; Atighi *et al.*, 2013; Handoo *et al.*, 2014), conhecidos também como “stunt nematodes”.

A posição taxonômica dos “stunt nematodes” dentro da subordem Tylenchina ainda é controversa. Tal esforço, visando uma análise taxonômica mais robusta de grupos pouco estudados, é crucial para o entendimento da filogenia da subordem Tylenchina.

Aspectos taxonômicos de nematoides da família Telotylenchidae sensu Siddiqi (2000), subfamília Telotylenchinae, *Tylenchorhynchus* e gêneros afins

O gênero *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 e gêneros relacionados, fazem parte do grupo “stunt nematodes” e representam um dos maiores grupos de nematoides parasitas de plantas dentro da subordem Tylenchina. São classificados como ectoparasitas migratórios e estão relacionados a diversas culturas e plantas nativas (Siddiqi, 2000). Várias espécies foram reportadas causando danos em culturas, tais como, *Tylenchorhynchus claytoni* Steiner, 1937 e *Bitylenchus maximus* (Allen, 1955) Siddiqi, 1986, na cultura do milho (Barker, 1974) e tabaco (Graham, 1954); *Tylenchorhynchus annulatus* (Cassidy, 1930) Golden, 1971 e *Tylenchorhynchus nudus* Allen, 1955 em sorgo (Starr, 1922) e *Tylenchorhynchus clarus* em alfafa (Noel & Lownsbery, 1978). Além disso, espécies de *Tylenchorhynchus*, *Merlinius* e *Amplimerlinius* já foram relacionados a perdas moderadas em arroz, batata, trigo e feijão (Golden *et al.*, 1987; Handoo *et al.*, 2007; Ramzan *et al.*, 2008). No Brasil os “stunt nematodes” têm sido constantemente relatados em diferentes biomas (Huang & Cares, 1991; Cares & Huang, 2008; Rodrigues, 2011), contudo sem grandes ameaças e danos para as culturas às quais foram estes assinalados.

A classificação do grupo “stunt nematodes” tem sido marcada por frequentes alterações, pois compartilham uma série de caracteres que dificultam a correta interpretação das relações filogenéticas entre ele. A primeira abordagem taxonômica para o grupo foi feita por Allen (1955), em época na qual todas as espécies então descritas eram pertencentes apenas ao gênero *Tylenchorhynchus*. O autor destacou que até a data este gênero era composto por 34 espécies, se diferenciando amplamente pelos caracteres morfológicos. Contudo, devido às características morfológicas distintas, estas 34 espécies estão atualmente

separadas em 11 gêneros: *Amplimerlinius*, *Bitylenchus*, *Geocenamus*, *Merlinius*, *Nagelus*, *Neodolichorhynchus*, *Pratylenchoides*, *Quinisulcius*, *Sauertylenchus*, *Scutylenchus* e *Tylenchorhynchus* (Siddiqi, 2000).

As tentativas de classificação do grupo em diferentes gêneros são baseadas em vários caracteres morfológicos, onde os principais estão relacionados à sobreposição da glândula esofagiana, ao número de linhas no campo lateral, aos órgãos reprodutores do macho e características do término da cauda de fêmeas (Jairajpuri & Hunt, 1984; Gómez-Barcina *et al.*, 1992; Carta *et al.*, 2010). Assim, diferentes classificações foram propostas, de acordo com a importância que cada autor atribuía a estes caracteres na sua abordagem taxonômica (Fortuner & Luc, 1987; Siddiqi, 2000; Geraert, 2011). Como resultados, somaram-se mais 23 gêneros (Tarjan, 1973; Brzeski & Dolinski, 1998; Handoo, 2000; Ganguly *et al.*, 2013), compondo a família Telotylenchidae ou subfamília Telotylenchinae, ambas criadas por Siddiqi (1960) (Geraert, 2011).

Em geral, algumas posições taxonômicas dentro da infraordem Tylenchomorpha necessitam de uma clara resolução, especialmente nas categorias taxonômicas inferiores (família e gênero), como é o caso da família Telotylenchidae, que está constantemente em discussão e ainda há controversas quanto a seu posicionamento. Maggenti *et al.* (1987) considerou a família Dolichodoridae Chitwood em Chitwood & Chitwood, 1950 separadamente da família Belonolaimidae Whitehead, 1960, esta com duas subfamílias Belonolaiminae Whitehead, 1960 e Telotylenchinae Siddiqi, 1960. Siddiqi (1986, 2000) tratou esses grupos como três famílias diferentes: Dolichodoridae, Belonolaimidae e Telotylenchidae Siddiqi, 1960, que, juntamente com Psilenchidae Paramonov, 1967 foram incluídos na superfamília Dolichodoroidea Chitwood em Chitwood & Chitwood. Andrassy (2007) também reconheceu estas três famílias, mas incluiu-as na superfamília Hoplolaimoidea Filipjev, 1934. Decraemer & Hunt (2006), Geraert (2011) e Hunt *et al.* (2013) consideraram essas famílias (exceto para Psilenchidae) a nível de subfamília e as colocaram em conjunto com outras quatro subfamílias: Brachydorinae Siddiqi, 2000, Meiodorinae Siddiqi, 1976, Macrotriphurinae Fotedar & Handoo, 1978 e Merliniinae Siddiqi, 1971 na família Dolichodoridae.

Em uma revisão recente, considerando os dados morfológicos e moleculares congruentes, Sturhan (2012) retirou a subfamília Merliniinae de Telotylenchidae *sensu* Siddiqi, 2000 e o gênero *Pratylenchoides* Winslow, 1958 de Pratylenchidae Thorne, 1949 e definiu a família Merliniidae como proposto anteriormente por Ryss (1993). De acordo com Sturhan (2012), a família Merliniidae consiste em duas subfamílias: Merliniinae com os

gêneros *Geocenamus* Thorne & Malek, 1968, *Merlinius* Siddiqi, 1970, *Paramerlinius* Sturhan de 2012, *Macrotylechus* Sturhan de 2012, *Amplimerlinius* Siddiqi, 1976 e *Nagelus* Thorne & Malek, 1968, e Pratylenchoidinae Sturhan de 2012 com o gênero *Pratylenchoides*. Subbotin *et al.* (2006) e Sturhan (2012), após estudos moleculares envolvendo membros da Dolichoroidea, concluíram que a construção da superfamília Dolichodoroidea *sensu* Siddiqi de 2000 já não se justifica.

Dentre os diferentes agrupamentos para a subfamília Telotylenchinae propostos, os três mais acatados pelos taxonomistas são apresentados na sequência. Fortuner & Luc (1987) reconheceram os seguintes gêneros: *Tylenchorhynchus* (= *Bitylenchus*, *Telotylenchus* Siddiqi, 1960) e sete outros gêneros, *Trophurus* Loof, 1956, *Trichotylenchus* Whitehead, 1960, *Nagelus* Thorne & Malek, 1968, *Paratrophurus* Arias, 1970, *Merlinius* Siddiqi, 1970, *Triversus* Sher, 1974 e *Amplimerlinius* Siddiqi, 1976. De acordo com Siddiqi (2000) a subfamília Telotylenchinae contém os gêneros *Tylenchorhynchus*, *Bitylenchus* Filipjev, 1934, *Trophurus*, *Telotylenchus*, *Trichotylenchus*, *Paratrophurus*, *Histotylenchus* Siddiqi, 1971, *Quinisulcius* Siddiqi, 1971, *Telotylenchoides* Siddiqi, 1971, *Uliginotylenchus* Siddiqi, 1971, *Sauertylenchus* Sher, 1974, e *Neodolichorhynchus* Jairajpuri & Hunt, 1984. Por outro lado, Geraert (2011) reconhece os seguintes gêneros como constituintes da sufamília Telotylenchinae: *Histotylenchus*, *Neodolichorhynchus*, *Paratrophurus*, *Quinisulcius*, *Sauertylenchus*, *Telotylenchus*, *Trichotylenchus*, *Trophurus*, e *Tylenchorhynchus*.

Dentre os gêneros apresentados para a família Telotylenchinae, a posição taxonômica de alguns deles dentro deste grupo também encontra-se ainda pouco estabelecida, principalmente quando se trata de gêneros que agrupam muitas espécies, como é o caso do gênero *Tylenchorhynchus* (Handoo *et al.*, 2014). Este gênero inclui atualmente 133 espécies nominais, embora ainda apresente grande dificuldade na interpretação da variabilidade morfológica existente entre estas espécies (Geraert, 2011). Ademais, enquanto a variabilidade morfológica foi uma ferramenta de grande importância para o agrupamento taxonômico deste grupo, as suas relações, quando baseadas em caracteres moleculares se tornaram ainda menos definidas. Desta forma, com a adoção de uma abordagem molecular juntamente com os caracteres morfológicos, o sistema de classificação deste grupo pode ser gradativamente ajustado (Subbotin *et al.*, 2006; van Megen *et al.*, 2009; Handoo *et al.*, 2014).

A utilização de análise filogenética molecular permite que as relações monofiléticas da maioria dos táxons possam ser testadas, para assim melhorar os sistemas de classificação baseados apenas em caracteres morfológicos desses nematoides. Por exemplo, recentemente, a presença de deirídeos combinados com os resultados de estudos filogenéticos moleculares

(Subbotin *et al.*, 2006; Van Megen *et al.*, 2009) foram usadas por Sturhan (2012) como principais argumentos para excluir a subfamília Merliniinae da família Telotylenchidae e restabelecer a família Merliniidae Siddiqi, 1971.

Dados moleculares, principalmente com sequências de DNA ribossomal (18S rRNA, espaçador transcrito interno – ITS e fragmentos da expansão D2-D3 do gene 28S rRNA) são constantemente utilizados para análise filogenética deste grupo (Subbotin *et al.*, 2006; Carta *et al.*, 2010; Handoo *et al.*, 2014). Isto por que o baixo grau de polimorfismo na unidade de transcrição do rDNA permite a caracterização de cada espécie e faz com que este DNA seja útil para a comparação interespecífica (Subbotin *et al.*, 2006). Além disso, as repetições das diferentes regiões de codificação do rDNA já mostraram distintas taxas de evolução (Handoo *et al.*, 2014).

De maneira geral a maioria das filogenias moleculares mostraram que nematoides parasitas de plantas de importância econômica dentro da Tylenchomorpha foram filogeneticamente relacionados a nematoides micófagos e outros associados a insetos (De Ley & Blaxter, 2002; De Ley & Blaxter, 2004; Subbotin *et al.*, 2006). Também, é importante mencionar que essas filogenias foram baseadas em abordagem de um único gene nuclear que codifica para o rRNA da subunidade pequena do ribossomo (SSU rDNA ou 18S) ou da subunidade grande do ribossomo (LSU rDNA ou 28S). Por isso, algumas relações filogenéticas dentro Tylenchomorpha ainda estão para ser resolvidas, especialmente nos níveis taxonômicos inferiores. A fim de testar rigorosamente a hipótese da origem do parasitismo, uma filogenia mais abrangente é necessária, especialmente incluindo táxons sub-representados, bem como sequências de DNA a partir de múltiplos genes (Subbotin *et al.*, 2006).

Para suprir a carência de conhecimentos taxonômicos e resolver a grande dificuldade na interpretação da variabilidade morfológica existente, principalmente de membros da Tylenchomorpha pouco representados até o momento, como de populações de *Tylenchorhynchus* spp. e gêneros afins da Telotylenchidae, se faz necessário estudos filogenéticos integrativos, levando em consideração características morfológicas, morfométricas e moleculares. Com isso, em um futuro próximo espera-se que possam ser esclarecidas relações importantes entre os grupos e até mesmo resolver posições taxonômicas conflitantes existentes entre estes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.W. 1955. A review of the nematode genus *Tylenchorhynchus*. University of California Publications in Zoology 61:129-166.

ANDRÁSSY, I. 2007. Free-living nematodes of Hungary (Nematoda errantia). Vol. II. Hungarian Natural History Museum. Budapest, Hungary. 496 pp.

ATIGHI, M.R.; POURJAM, E.; PEREIRA, T.J.; OKHOVVAT, S. M.; ALIZADA, B. A.; MUNDO-OCAMPO, M.; BALDWIN, J.G. 2013. Redescription of *Filenchusannulatus* (Siddiqi; Khan, 1983) Siddiqi, 1986 based on specimens from Iran with contributions to the molecular phylogeny of the Tylenchidae. Nematology 15(2):129-141.

BARBOSA, A.C.G. 2010. Caracterização geoquímica marinha e avaliação do impacto das atividades antrópicas e de exploração de petróleo sobre os sedimentos da plataforma continental do estado de Sergipe e sul do estado de Alagoas. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 122pp.

BARKER, K.R. 1974. Influence of geographic area and previous crop on occurrence and densities of plant-parasitic nematodes in North Carolina. Plant Disease Reporter 58: 991-995.

BASSUS, W. 1960. Die Nematodenfauna des Fichtenrohhumus unter der Einfluss der Kalkdüngung. Nematologica 5:86-91.

BERT, W.; OKADA, H.; TAVERNIER, I.; BORGONIE, G.; HOUTHOOFD, W. 2010. Morphological, morphometrical and molecular characterisation of *Filenchus fungivorus* n. sp., a fungivorous nematode from Japan in a most likely polyphyletic genus (Nematoda: Tylenchina). Nematology 12: 235-246.

BLAXTER, M. L.; DE LEY, P.; GAREY, J. R.; LIU, L. X.; SCHELDEMAN, P.; VIERSTRAETE, A.; VANFLETEREN, J. R.; MACKAY, L. Y.; DORRIS, M.; FRISSE, L. M.; VIDA, J. T.; THOMAS, W. K. 1998. A molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. Nature 392: 775.

BONGERS, T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematodes species composition. *Oecologia* 83:14-19.

BONGERS, T.; BONGERS M. 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* 10: 239-251.

BORG, I.; GROENEN, P.J.F. 1997. Modern multidimensional scaling: Theory and applications. New York: Springer.

BRZESKI, M.W; DOLINSKI, C.M. 1998. Compendium of the genus *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 *sensu lato* (Nematoda: Belonolaimidae). *Russian Journal of Nematology* 6: 189-199.

CARDOSO, M.O. 2010. Relações entre a nematofauna e o grau de compactação do solo em área cultivada com cana-de-açúcar e em remanescente de Floresta Atlântica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 70pp.

CARES, J.E. 2006. Nematoides como indicadores ambientais de solo. Congresso Brasileiro de Nematologia. Campos de Goytacazes, RJ. Sociedade Brasileira de Nematologia 26:14-16.

CARES, J.E.; HUANG, S.P. 2008. Comunidades de Nematoides de Solo sob Diferentes Sistemas na Amazônia e Cerrados Brasileiros. In: Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O., Brussaard, L. (Org.). Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. 1 ed. Lavras, MG: UFLA, pp. 409-444.

CARES, J.H.; HUANG, S.P. 1991. Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of Central Brazil. *Journal of Nematology* 27: 237-243.

CARTA, L.K.; SKANTAR, A.M.; HANDOO, Z.A. 2010. Molecular rDNA phylogeny of Telotylenchidae Siddiqi, 1960 and evaluation of tail termini. *Journal of Nematology* 42(4):359–369.

CAVENESE, F. E. 1972. Changes in plant parasitic nematode populations on newly cleared land. *Nematologica* 2:1-2.

DE LEY, P.; BLAXTER, M. 2002. Systematic position and phylogeny. In: D.L. Lee (ed.) *The Biology of Nematodes*. Taylor and Francis, London: p. 1-30.

DE LEY, P.; BLAXTER, M. 2004. A new system for Nematoda: combining morphological characters with molecular trees, and translating clades into ranks and taxa. *Nematology Monographs and Perspectives*. Editors: Howard Ferris. Brill. 2:633-653.

DECRAEMER, W.; HUNT, D.J. 2006. Structure and classification. In: Perry, R. N. and Moens, M. (Eds). *Plant Nematology*. CABI, Wallingford, UK. p: 3-32.

ELLIOT, C.A. 1990. Diversity indices. In: *Principles of managing forests for biological diversity*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 370p.

FERRIS, H.; BONGERS T.; GOEDE, R.G.M. 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* 18: 13 - 39.

FIGUEIRA, A.F. 2008. Nematoides como indicadores de qualidade do solo em agroecossistemas no Cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica - RJ, 78pp.

FORTUNER, R.; LUC, M. 1987. A reappraisal of Tylenchina (Nemata). The family Belonolaimidae Whitehead, 1960. *Revue de Nématologie* 10:183-202.

FRECKMAN, D.W.; ETTEMA, C.H. 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 45: 239-261.

FUNGARO, M.H.P. 2000. PCR na Micologia. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 14: 12-16.

GANGULY S.; LAL M.; RATHOUR, K.S. 2013. A check-list of globally known species of *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 along with compendium of the Indian species. *Indian Journal of Nematology* 43: 47-60.

GERAERT, E. 2011. The Dolichodoridae of the world. Identification of the Family Dolichodoridae (Nematoda Tylenchinae). Gent Press, Ghent University. 520p.

GOLDEN, A.M.; MAQBOOL, M.A.; HANDOO, Z.A. 1987. Description of two new species of *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (Nematoda: Tylenchida), with details of morphology and variation of *T. claytoni*. *Journal of Nematology* 19: 58-68.

GÓMEZ-BARCINA, A.; SIDDIQI, M.R.; CASTILLO P. 1992. *Bitylenchus Filipjev*, 1934 (Nematoda: Tylenchida) with descriptions of two new species from Spain. *Journal of the Helminthological Society of Washington* 59: 96-100.

GOULART, A.M.C. 2009. Análise de dados em estudos de diversidade de nematoides. Brasília, Embrapa Cerrados.

GOULART, A.M.C.; MONTEIRO, A.R.; FERRAZ, L.C.B. 2003. Comunidade de nematoides em cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. *Nematologia Brasileira* 27(2): 129-137.

HANDOO, Z.A. 2000. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (Nematoda: Belonolaimidae). *Journal of Nematology* 32: 20-34.

HANDOO, Z.A.; KHAN, A.; ISLAM, S. 2007. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Merlinius* Siddiqi, 1970 (Nematoda: Tylenchida) with description of *Merlinus khuzdarensis* n. sp. associated with date palm. *Journal of Nematology* 9: 251–260.

HANDOO, Z.A.; PALOMARES-RIUS, J.E.; CANTALAPIEDRA-NAVARRETE, C.; LIÉBANAS, G.; SUBBOTIN S.A.; CASTILLO, P. 2014. Integrative taxonomy of the stunt nematodes of the genera *Bitylenchus* and *Tylenchorhynchus* (Nematoda, Telotylenchidae)

with description of two new species and a molecular phylogeny. *Zoological Journal of the Linnean Society* 172:231-264.

HÁNEL, L. 1995. Secondary successional stages of soil nematodes in cambisols of South Bohemia. *Nematologica* 41(2):197-218.

HÁNEL, L. 2003. Recovery of soil nematode populations from cropping stress by natural secondary succession to meadowland. *Applied Soil Ecology* 22:255-270.

HANS, D., ZHANG, X.; TOMAR, V. V. S.; LI Q.; WEN D. & LIANG W. 2008. Effects of heavy metal pollution of highway origin on soil nematode guilds in North Shenyang, China. *Journal of Environmental Sciences* 21:193-198.

HILLIS, D.M.; DIXON, M.T. 1991. "Ribosomal DNA: Molecular evolution and phylogenetic inference". *The Quarterly Review of Biology* 66 (4): 411–45.

HOLTERMAN, M.; VAN DER WURFF, A.; VAN DEN ELSEN, S.; BONGERS, T.; HOLOVACHOV, O.; BAKKER, J.; HELDER, J. 2006. Phylum-wide analysis of SSU rDNA reveals deep phylogenetic relationships among nematodes and accelerated evolution toward crown clades. *Molecular Biology and Evolution* 23: 1792-1800.

HUANG, S. P., CARES, J. E. 2006. Nematode communities in soils under different land-use systems in Brazilian Amazon and savanna vegetation. In: Moreira, F. M.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L. (Eds.) *Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems*. London. pp25-47.

HUANG, S.P.; CARES, J.E.; VIVAS, J.P. 1998. Nematode biodiversity of five different land use systems in two Brazilian tropical states, Rondônia and Acre. *Fitopatologia Brasileira* 23:305.

HUNT, D.J.; BERT, W.; SIDDIQI, M.R. 2013. Tylenchidae and Dolichodoridae. In: Manzanilla-López, R.H.; Marbán-Mendoza, N. (Eds.). *Practical Plant Nematology*. Montecillo, Mexico, Biblioteca Basica de Agricultura, pp. 209-250.

INOMOTO, M.M. 1995. Estudo taxonômico de nematoides parasitas de plantas coletados no “Campus” Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 95pp.

JAIRAJPURI, M. S.; HUNT, D. J. 1984. The taxonomy of Tylenchorhynchinae (Nematoda: Tylenchida) with longitudinal lines and ridges. *Systematic Parasitology* 6:261-268.

KORENKO, V.; SCHMIDT, C. 2007. Effects of agricultural practices in the rice crop system on nematode communities in Uruguay. *Nematologia Mediterranea* 34 : 151-159.

KORTHALS, G. W.; ALEXIEV, A. D.; LEXMOND, T. M.; KAMMENGA, J. E. & BONGERS T. 1996. Long-term effects of copper and pH on the nematode community in an agroecosystem. *Environmental Toxicology and Chemistry*.15:979–985.

LIMA, I.M.; SOUZA, R.M.; SILVA, C.P.; CARNEIRO, R.M.D.G. 2005. *Meloidogyne* spp. from preserved areas of Atlantic Forest in state of Rio de Janeiro, Brazil. *Nematologia Brasileira* 29(1):31-38.

MAGGENTI, A.R.; LUC, M.; RASKI, D.J.; FORTUNER, R.; GERAERT, E. 1987. A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 2. Classification of the suborder Tylenchina (Nemata: Diplogasteria). *Revue de Nématologie* 10: 135-142.

MAGURRAN, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. London: Croom Helm, 179 p.

MARTÍN J.A.R.; GUTIÉRREZ, C.; ESCUER, M.; GARCÍA-GONZÁLEZ, M.T.; CAMPOS-HERRERA, R.; ÁGUILA, N. 2014. Effect of mine tailing on the spatial variability of soil nematodes from lead pollution in La Union (Spain). *Science of the Total Environment* 473-474: 518-529.

MATTOS, J. K. A. 1999. Caracterização das comunidades de nematoides em oito sistemas de uso da terra nos cerrados do Brasil central. Tese (Doutorado em fitopatologia) Universidade de Brasília, 115pp.

MONDINO, E.A.; TAVARES, O.C.H.; EBELING, A.G.; FIGUEIRA, A.F.F.; QUINTERO, E.I.; BERBARA, R.L.L. 2009. Avaliação das comunidades de nematoides do solo em agroecossistemas orgânicos agroecossistemas orgânicos. *Acta Scientiarum. Agronomy* 31 (3):509-515.

MULDER, C.; SCHOUTEN, A.J.; HUND-RINKE, K.; BREURE, A.M. 2005. The use of nematodes in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 62:278-289.

NEHER, D.A.; CAMPBELL, C.L. 1994. Nematode communities and microbial biomass in soil with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology* 1:7-28.

NEHER, D.A.; WU, J.; BARBERCHECK, M.E.; ANAS, O. 2005. Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. *Applied Soil Ecology* 30:47-64.

NOEL, G.R.; LOWNSBERY, B.F. 1978. Effects of temperature on the pathogenicity of *Tylenchorhynchus clarusto* alfalfa and observations on feeding. *Journal of Nematology* 10: 195-198.

PEN-MOURATOV, S.; SHUKUROV, N.; STEINBERGER, Y. 2008. Influence of industrial heavy metal pollution on soil free-living nematode population. *Environmental Pollution* 152: 172-183.

PEN-MOURATOV, S.; SHUKUROV, N.; STEINBERGER, Y. 2010. Soil free-living nematodes as indicators of both industrial pollution and livestock activity in Central Asia *Ecological Indicators* 10:955-967.

PIELOU, E. C. 1977. *Mathematical Ecology*. Wiley, New York, USA.

PROVETE, D.B.; SILVA, F.R.; SOUZA, T.G. 2011. *Estatística Aplicada à Ecologia utilizando o R*. Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto – SP.

RAMZAN, M.; HANDOO, Z.A.; FAYYAZ S. 2008. Description of *Tylenchorhynchus qasimi* sp. n. with a new report of *T. kegasawai* Minagawa, 1995 from Pakistan. J. Nematol. 40: 20-25.

RODRIGUES, C.S. 2011. Comunidades de nematoides associadas às principais fitofisionomias do cerrado do Parque Nacional de Brasília. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Universidade de Brasília, Brasília-DF.

RYSS, A.Y. 1993. Phylogeny of the order Tylenchida (Nematoda). Russian Journal of Nematology 1:74-95.

SÁNCHEZ-MORENO, S.; CAMARGO, J.A.; NAVAS, A. 2006. Ecotoxicological assessment of the impact of residual heavy metals on soil nematodes in the Guadiamar River basin (Southern Spain). Environmental Monitoring and Assessment 116:245-262.

SHUKUROV, N.; PEN-MOURATOV, S.; STEINBERGER, Y. 2005. The influence of soil pollution on soil microbial biomass and nematode community structure in Navoiy industrial park, Uzbekistan. Environment International 32:1-11.

SIDDIQI, M.R. 1960. *Telotylenchus*, a new nematode genus from North India (Tylenchida Telotylenchinae n.subfam.). Nematologica 5:73-77.

SIDDIQI, M.R. 1986. Tylenchida parasites of plants and insects. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, 645p.

SIDDIQI, M.R. 2000. Tylenchida parasites of plants and insects, 2nd ed. Wallingford, UK, CABI Publishing, 833p.

SILVA, R. A. 2008. Estudo da fauna fitonematológica na Mata Atlântica do estado de São Paulo e na Floresta Amazônica do estado do Mato Grosso. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 93pp.

STARR, J.L. 1992. Nematode pathogen of sorghum. In: de Millano WAJ, Frederiksen RA, Bengston GD, eds. Sorghum and millet diseases: a second world review. Patancheru, India: International Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), 179-185.

STURHAN, D. 2012. Contribution to a revision of the family Merliniidae Ryss, 1998, with proposal of Pratylenchoidinae subfam. n., *Paramerlinius* gen. n., *Macrotylechus* gen. n. and description of *M. hylophilus* sp. n. (Tylenchida). Journal of Nematode Morphology and Systematics 15: 127-147.

SUBBOTIN, S.A.; RAGSDALE, E.J.; MULLENS, T.; ROBERTS, P.A.; MUNDO-OCAMPO, M.; BALDWIN, J.G. 2008. A phylogenetic framework for root lesion nematodes of the genus *Pratylenchus* (Nematoda): evidence from 18S and D2-D3 expansion segments of 28S ribosomal RNA genes and morphological characters. Molecular Phylogenetics and Evolution 48: 491-505.

SUBBOTIN, S.A.; STURHAN, D.; CHIZHOV, V.N.; VOVLAS, N.; BALDWIN, J.G. 2006. Phylogenetic analysis of Tylenchida Thorne, 1949 as inferred from D2 and D3 expansion fragments of the 28S rRNA gene sequences. Nematology8: 455-474.

TARJAN, A.C. 1973. A synopsis of the genera and species in the Tylenchorhynchinae (Tylenchoidea, Nematoda). Proceedings of the Helminthological Society of Washington 40: 123-144.

TOMAZINI, M. D.; FERRAZ, L. C. B.; MONTEIRO, A. R. 2008. Abundância e Diversidade de Nematóides em Áreas Contíguas de Vegetação Natural e Submetidas a Diferentes Tipos de Uso Agrícola. Nematologia Brasileira, Piracicaba. Vol. 32(3):220-230.

VAN MEGEN, H.; VAN DEN ELSEN, S.; HOLTERMAN, M.; KARSSSEN, G.; MOOYMAN, P.; BONGERS, T.; HOLOVACHOV, O.; BAKKER, J.; HELDER, J. 2009. A phylogenetic tree of nematodes based on about 1200 full-length small subunit ribosomal DNA sequences. Nematology11: 927-950.

WALL, J.W.; SKENE, K.R.; NEILSON, R. 2002. Nematode community and trophic structure along a sand dune succession. Biology and Fertility of Soils, Heidelberg, 35:293-301.

WASILEWSKA, L. 1994. The effects of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. *Pedobiologia* 38:111.

WU, H.C.; CHEN P.C.; TSAY, T.T. 2010. Assessment of nematode community structure as a bioindicator in river monitoring. *Environmental Pollution* 158:1741-1747.

YEATES, G. W. 1994. Modification and quantification of the nematode maturity index. *Pedobiologia* 38:97-101.

YEATES, G. W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIEVA, S. S. 1993. Feeding habits in nematode families – an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*. 25:315-331.

YEATES, G.W.; BONGERS, T. 1999. Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74:113-135.

YOUNG, F.W.; HAMER, R.M. 1987. *Multidimensional scaling: history, theory, and applications*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

ZAMITH, A.P.L.; LORDELLO, L.G.E. 1957. Algumas observações sobre nematoides em solo de mata e em solo cultivado. *Revista de Agricultura* 32 (2):183-188.

Capítulo II

Caracterização da nematofauna em vegetação nativa da Caatinga e em áreas submetidas a diferentes usos agrícolas

CARACTERIZAÇÃO DA NEMATOFAUNA EM VEGETAÇÃO NATIVA DA CAATINGA E EM ÁREAS SUBMETIDAS A DIFERENTES USOS AGRÍCOLAS

RESUMO

Neste estudo foi avaliada a diversidade e possível uso da nematofauna como indicador dos efeitos da intensidade de uso da terra e do estresse devido à salinidade natural, encontrada em solos de clima semiárido, tomando solos sob vegetação nativa do bioma Caatinga como padrão referencial. Além disso, foi correlacionada a nematofauna e atributos físicos e químicos, visando uma melhor compreensão dos fatores que afetam a qualidade do solo. A retirada da vegetação nativa e a implantação de cultivos de fruteiras e forrageiras afetaram as comunidades de nematoides, suprimindo e introduzindo nematoides nas áreas cultivadas. Os índices ecológicos foram eficientes na indicação de distúrbios nos solos, indicando maior diversidade da nematofauna no sistema fruteiras e forrageiras e menor diversidade no sistema solo salinizado, enquanto que o menor distúrbio foi observado no sistema Fruteiras e maior no sistema solo salinizado. Atributos como textura, acidez, matéria orgânica, micro e macro nutrientes desempenham papéis essenciais na definição da estrutura da comunidade de nematoides.

Palavras-chave: Biodiversidade, bioindicadores, Caatinga, nematoides

ABSTRACT

In this study the diversity of nematodes was evaluated, as well as their use as indicators of the effects of the intensity of land use and under stress due to natural salinity, in soils in semi-arid climate, taking soils under native Caatinga vegetation as standard referential. Moreover, it was correlated the nematode assemblages with physical and chemical attributes, for a better understanding of the factors that affect soil quality. As results, it was observed that with removal of native vegetation and the introduction of fruit trees and forage crops, the nematode communities were influenced by suppressing the presence of some nematodes and the introduction of others in cultivated areas. Moreover, the environmental indexes were effective in the indication of levels of soil disturbance, as well as the soil characteristics such as texture, acidity, and organic micro and macro nutrients, have played essential roles in defining the structure of soil nematode communities.

Keywords: Biodiversity, bioindicators, Caatinga, Nematodes

INTRODUÇÃO

A Caatinga (do Tupi-Guarani: caa (mata) + tinga (branca) = mata branca) é o único bioma exclusivamente brasileiro. Trata-se do principal bioma da região Nordeste do Brasil, estendendo-se pelo domínio de climas semiáridos, numa área de 850.000 Km², cerca de 6,83% do território nacional, englobando de forma contínua parte dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte do Norte de Minas Gerais (Almeida-Cortez *et al.*, 2013). Os solos desse bioma são rasos e caracterizados por baixa umidade armazenada, baixo teor de matéria orgânica, e em alguns casos por alta salinidade (Araújo-Filho, 2002), condições naturalmente impostas aos solos pertencentes aos climas semiáridos (Powers *et al.*, 1998). A salinização é afeta os recursos hídricos disponíveis em zonas áridas e semiáridas, o que limita o desenvolvimento e produtividade de plantas nessas áreas (Allakhverdiev *et al.*, 2000). Segundo Silva-Júnior *et al.* (2009), a salinização do solo tem sido considerada um dos indicadores de degradação ambiental na região semiárida ameaçando a sustentabilidade da agricultura.

O Vale do São Francisco é atualmente o principal polo exportador de frutas do país. A agricultura na região se destaca graças à irrigação artificial, possibilitada pela construção de açudes e canais. Alguns projetos de irrigação para a agricultura comercial são desenvolvidos na região do médio vale do São Francisco, o principal rio da região, juntamente com o Paraíba. Os ecossistemas do bioma nessa região encontram-se bastante alterados, com a substituição de espécies vegetais nativas por cultivos e pastagens. Aproximadamente 80% dos ecossistemas originais já foram alterados (IBAMA, 2010). Por outro lado, estudos sobre a biodiversidade do bioma Caatinga ainda são limitados, principalmente quando se tratam da micro e meiofauna do solo, merecendo destaque os nematoides, a despeito da sua grande relevância biológica e econômica.

Os nematoides são considerados os invertebrados mais abundantes, possivelmente um dos grupos mais diversificados do planeta. Os nematoides do solo são divididos principalmente em cinco grupos tróficos de acordo com a sua principal fonte de alimento: parasitas de plantas (PP), bacteriófagos (BF), fungívoros (FF), predadores (PR) e onívoros (OM) (Freckman & Caswell, 1985). Devido a esse conjunto de características, esses organismos são considerados eficientes bioindicadores de alterações ocorridas nas condições

do solo, como, por exemplo, as resultantes da substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas (Yeates & Bongers, 1999; Neher, 2001; Cares, 2006).

Com a intervenção humana nos ecossistemas por meio da agricultura, várias espécies de nematoides são introduzidas em novas áreas, podendo substituir populações nativas. Estas espécies exóticas podem ser favorecidas pelas novas condições ecológicas estabelecidas pelo cultivo contínuo da área, em alguns casos, tornando-se fitopatógenos. Por outro lado, nematoides que se encontram associados à vegetação nativa também podem se adaptar às condições dos solos submetidos a cultivos, ocorrendo em populações mais elevadas nesses solos do que nos respectivos solos sob vegetação nativa (Cares & Huang, 2008a).

Os estudos da diversidade de nematoides, tanto em áreas agrícolas como naquelas cobertas pela vegetação primária, têm despertado crescente interesse pelo progressivo aumento das perdas econômicas causadas pelos parasitas de plantas à atividade agrícola, como também pela possibilidade do uso da abundância, diversidade e diferentes grupos tróficos da nematofauna como bioindicadores de perturbação ecológica (Cares & Huang, 2008a; Goulart, 2009).

Considerando estes argumentos e a insuficiência de informações na literatura sobre a biodiversidade de nematoides no bioma Caatinga, os objetivos do presente estudo foram: (1) caracterizar a diversidade de nematoides presente em locais de vegetação primária da Caatinga; (2) Comparar a nematofauna associada à área nativa da Caatinga com as áreas cultivadas com fruteiras e forrageiras assim como áreas com estresse natural imposto pela alta salinidade; (3) avaliar o efeito do uso agrícola do solo sobre a diversidade, abundância e estrutura trófica da nematofauna dos locais estudados, com vistas à determinação de parâmetros químicos e biológicos que permitam aferir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas de produção de frutas e forrageiras do Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização das áreas de estudo e descrição do sistema de coleta

O estudo foi conduzido em março de 2012 no bioma Caatinga, em áreas de cultivo do campo experimental da Embrapa Semiárido em Petrolina (PE) e em áreas adjacentes dominadas por vegetação nativa, cujas coordenadas geográficas são 9° - 9' S e 40° - 29' O, e altitude de 365,5m.

O clima na região, segundo a classificação de Koppen (1996), é árido e com baixas precipitações, com médias anuais variando em torno de 300 a 800 mm. As temperaturas são

altas, com taxas elevadas de evapotranspiração e com um balanço hídrico negativo durante parte do ano. A insolação é muito forte, 2.800 horas/ano, e está aliada à baixa umidade relativa. Os solos são classificados como Luvisolos Crômicos e Neossolos Litólicos (Embrapa, 2013) sendo oriundos de rochas cristalinas, predominantemente rasos, pouco permeáveis, sujeitos a erosão e possui razoável fertilidade natural (EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 1999).

A vegetação nativa da região se caracteriza pela forte presença de plantas xerófitas e caducifólias, com predominância de cactáceas e bromeliáceas, as quais estão totalmente adaptadas ao clima seco. O extrato arbóreo apresenta espécies de até 12m de altura, o arbustivo, de até 5m e o extrato herbáceo apresenta vegetação de até 2m de altura. Entre as principais espécies constituintes da vegetação nativa de Caatinga, merecem destaque: *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.(aroeira), *Anadenanthera macrocarpa* Benth (angico), *Zizyphus joazeiro* Mart. (juazeiro), *Cereus jamacaru* P. (mandacaru), *Pilocereus gounellei* F.A.C.Weber (xique-xique) e *Opuntia brasiliensis* (Willd.) Haw. (xique-xique do sertão) (Almeida-Cortez, 2013).

Coleta de amostras nematológicas no solo

Foram selecionados 12 sítios de coletas, sendo três localizados em áreas de Caatinga preservada, quatro em fruteiras sob irrigação por gotejamento (bananeira (*Musa* spp.), mangueira (*Mangifera indica* L.), videira (*Vitis vinifera* L.), goiabeira (*Psidium guajava* L.), quatro em forrageiras cultivadas na região, resistentes à seca e destinadas à alimentação animal (capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), palma (*Opuntia ficus-indica* L.), leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) e gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.); além de um sítio localizado em solo salinizado, caracterizada por apresentar pouca drenagem, excesso de sais no solo e presença apenas de plantas rasteiras. As amostras coletadas foram separadas por sistemas de manejo, sendo dois naturais(Caatinga nativa e solo salinizado) e dois cultivados (fruteiras e forrageiras), totalizando quatro sistemas (Figura 2.1).

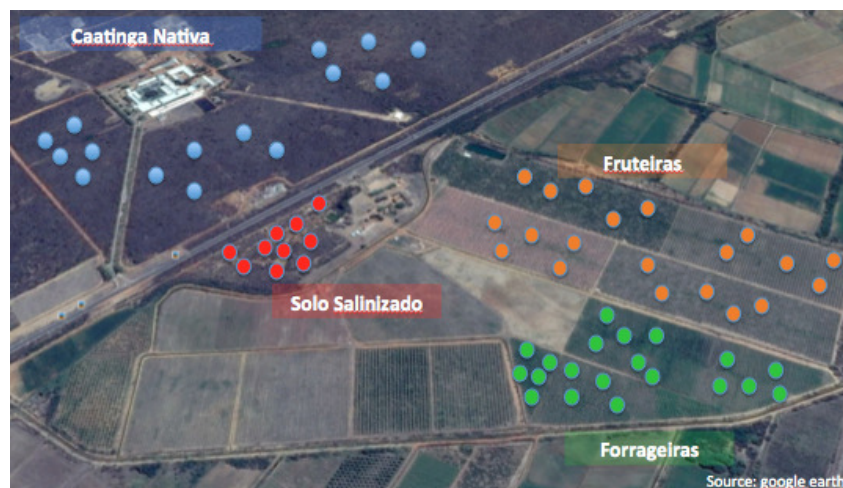


Figura 2.1. Distribuição das amostras nematológicas coletadas no Vale do São Francisco, nas adjacências da EMBRAPA Semiárido, totalizando quatro sistemas de manejo do solo: Caatinga Nativa (azul), Solo Salinizado (vermelho), Fruteiras (alaranjado) e Forrageiras (verde).

Foram coletadas 15 amostras compostas no sistema Caatinga nativa, 10 no sistema solo salinizado, 20 no sistema fruteiras e 20 no sistema forrageiras, totalizando 65 amostras nos quatro sistemas de amostragem. Cada amostra foi composta por cinco sub amostras, contendo aproximadamente 900 cm³ de solo, coletadas na profundidade de 0-20 cm. Após a coleta, o solo foi colocado em saco de polietileno devidamente etiquetado com as informações da amostra e a seguir, cada amostra foi acondicionada em caixa isotérmica.

Análises químicas e físicas do solo

Das 65 coletadas nos quatro sistemas, as análises químicas fundamentaram-se na determinação dos teores de macro e micronutrientes, pH e teor de matéria orgânica (M.O.); todas realizadas conforme metodologia da EMBRAPA (1997). Para as análises físicas, a densidade de partículas do solo foi determinada pelo método do balão volumétrico (MBV) (Flint & Flint, 2002). A densidade do solo foi determinada pelo método da proveta. A porosidade total foi calculada pela relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas. As diferentes classes texturais foram determinadas pelo método do densímetro, todas conforme a metodologia da EMPRAPA (1997).

Processamento de amostras nematológicas

As amostras de solo foram processadas seguindo as instruções de Cares & Huang (2008b). Os nematoides foram extraídos de 300 cm³ de solo por meio da técnica de flutuação-sedimentação-peneiramento (Flegg & Hooper, 1970). A suspensão de nematoides recuperada

na peneira de 37 μm foi centrifugada em gradiente de sacarose (Jenkins, 1964). Posteriormente, os nematoides foram mortos em banho-maria a 55 °C por um minuto.

Os nematoides de cada amostra foram fixados em formaldeído (3%) e infiltrados com glicerina (Seinhorst, 1959). Para a avaliação da abundância total, foi contado o número total de espécimes de cada amostra. Posteriormente, 100 espécimes, tomados ao acaso, de cada amostra foram montados em lâminas de microscopia para identificação dos espécimes a nível genérico. A identificação a nível de espécie foi feita para aqueles considerados importantes para a agricultura na região.

Análise de dados

Foram calculadas a abundância absoluta (N) e relativa (%) dos táxons ocorrentes, além do número de gêneros (S); estrutura trófica: parasitas de plantas (PP), bacteriófagos (BF), micófagos (FF), onívoros (OM) e predadores (PR) (Yeates *et al.*, 1993); riqueza de gêneros (d) (Magurran, 1988); índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') (Pielou, 1977) e de Simpson (D_s) (Elliot, 1990); índices de distúrbio: índice de maturidade (MI) (Bongers, 1990), índice de maturidade modificado (mMI) (Yeates, 1994) e índice de parasitas de plantas (PPI) (Bongers, 1990); relação Micófago/Bacteriófago (FF/BF) (Freckman & Ettema, 1993); Micófago + Bacteriófago/ Fitoparásita (FF+BF/PP) (Wasilewska, 1994) e índices para avaliação da condição da cadeia alimentar: canal de decomposição da matéria orgânica (CI); índice de estrutura (SI) e índice de enriquecimento (EI) (Ferris *et al.*, 2001). Os valores obtidos foram transformados para $\log(x+1)$ e comparados por análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, calculado pelo programa SISVAR (Ferreira, 2011).

Para verificar a influência dos diferentes sistemas de manejo do solo sobre a estrutura da nematofauna, utilizou-se o método de escalonamento multidimensional não métrico, Metric Multidimensional Scaling (MDS), seguido de uma análise de similaridade ANOSIM, para verificar se houveram diferenças significativas na composição da nematofauna entre os sistemas, sumarizados pela MDS. Esta análise testa se a similaridade é menor dentro do grupo que entre os grupos definidos *a priori* em uma matriz, não requerendo que os dados tenham distribuição normal multivariada e homogeneidade de variância (McCune & Grace, 2002). Para o cálculo da matriz de similaridade, os dados foram transformados para $\log(x+1)$, para reduzir o peso dos valores mais discrepantes. Todas estas análises foram realizadas através do software PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006).

Visando avaliar a possível correlação entre as variáveis físicas e químicas do solo e a nematofauna, foi determinado o grau de correlação linear simples entre os pares de dados obtidos pelo coeficiente de correlação de Pearson a 5% de probabilidade. Para esta análise foi utilizado o software SAS (Statistical Analysis System, 1999).

Para descrever a relação entre as variáveis físicas e químicas do solo e a nematofauna, foi aplicada uma análise multivariada de Ordenamento Linear em Componentes Principais (ACP). A ACP foi aplicada considerando os seguintes fatores como fontes potenciais de variabilidade ambiental: areia, silte, argila, porosidade, pH, matéria orgânica (M.O.) e sódio (Na). A escolha das variáveis utilizadas na ACP foi feita atendendo as premissas de normalidade univariada e a não colinearidade entre as variáveis (< 99%) (Legendre & Legendre, 1998). Posteriormente a matriz de dados foi padronizada para aplicação da ACP. Esta análise foi realizada utilizando o programa Statistica® versão 7.0 (Statsoft, Inc., 2007).

RESULTADOS

Análise dos componentes químicos e físicos do solo

De acordo com os resultados (Tabela 2.1), observou-se que o sistema Caatinga com vegetação nativa apresentou os menores valores para os macronutrientes e vários micronutrientes, enquanto que o sistema solo salinizado apresentou os valores mais elevados para a maioria dos elementos químicos. Já o sistema forrageiras apresentou maior teor de M.O. e P. Os componentes físicos se apresentaram homogêneos em todos os sistemas avaliados.

Tabela 2.1. Médias* das variáveis químicas e físicas do solo em sistemas de vegetação natural da Caatinga, fruteiras, forrageiras e solo salinizado na região do Vale São Francisco-PE.

Sistemas	M.O. g/kg	C.E. dS/m	pH Água	K	Ca	Mg	Na	Al	P	Cu	Fe	Mn	Zn
	cmolc/dm ³								mg/dm ³				
Nativa	3,86d	0,204b	5,39b	0,19b	1,21b	0,52c	0,02b	0,03a	2,54b	1,10b	32,15b	9,33c	4,37a
Fruteiras	6,62c	0,317b	5,64ab	0,26ab	1,66b	0,91b	0,03b	0,07a	5,66b	2,61b	31,40b	36,24b	8,31a
Forrageiras	10,92a	0,246b	5,28b	0,19b	1,50b	0,65bc	0,02b	0,04a	74,79a	1,42b	35,37b	22,87bc	2,64a
S.Salinizado	8,58b	5,11a	6,07a	0,32a	17,25a	11,29a	13,41a	0,04a	79,45a	11,04a	102,62a	103,33a	2,90a
Sistemas	DS kg/dm ³		DP		Porosidade Total(%)			Areia Total		Silte		Argila	
Nativa	1,35a		2,61a		48,18ab			701,55b		222,68a		66,54ab	
Fruteiras	1,33a		2,61a		48,90ab			752,19a		183,66ab		64,85ab	
Forrageiras	1,28a		2,56a		50,10a			749,69a		159,23b		91,09a	
S.Salinizado	1,31b		2,59b		48,54b			749,14a		195,13ab		48,01b	

(*): As médias são relativas às amostras de 300cm³ de solo.

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem a nível de 5% pelo teste de Tukey.

M.O.= Matéria orgânica (%), CE= condutividade elétrica, pH= Potencial hidrogênio iônico, K= Potássio, Ca= Cálcio, Mg= Magnésio, Na= Sódio, Al= Alumínio, P= Fósforo, Cu= Cobre, Fe= Ferro, Mn= Manganês, Zn= Zinco, DS= Densidade do solo, DP= Densidade de partículas.

Distribuição espacial da nematofauna

A análise de ordenação de escalonamento multidimensional métrico (MDS) possibilitou a observação da influência dos diferentes sistemas de manejo do solo sobre a estrutura da nematofauna. Por esta análise, foi gerado um gráfico em um espaço bidimensional (Figura 2.2), o qual se baseou na similaridade (matriz de distância) entre os dados de abundância/número de gêneros/espécies dos diferentes sistemas. Embora as amostras do sistema solo salinizado estiveram um tanto quanto dispersas, ocasionado pela baixa abundância e diversidade, se observa uma clara distinção entre os diferentes sistemas, principalmente as áreas de cultivo (Fruteiras e Forrageiras) e a vegetação de Caatinga nativa (Figura 2.2). A análise ANOSIM confirmou que a estrutura da nematofauna nesses sistemas apresentaram-se sobrepostos, contudo claramente diferentes ($R: 0,466, p = 0,001$).

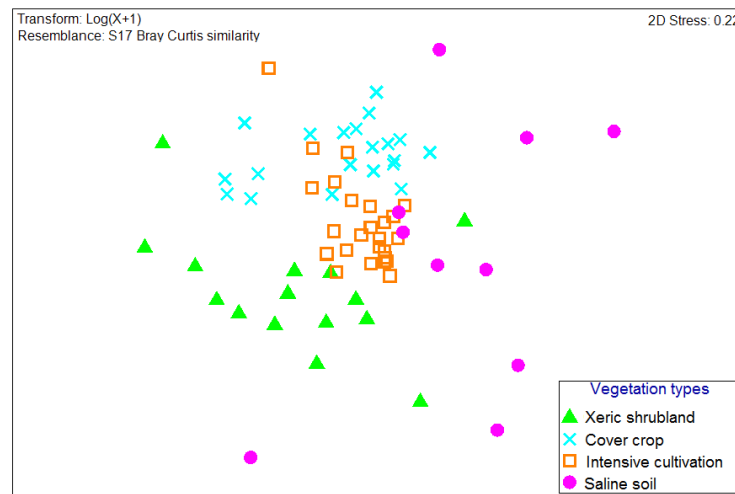


Figura 2.2. Análise de MDS (Metric Multidimensional Scaling) baseado na estrutura da nematofauna dos quatro diferentes tipos de manejo do solo na região do Vale São Francisco-PE. Os dados de abundância sofreram transformação do tipo $\log(x+1)$. Xeric shrubland = Caatinga nativa, Cover crop= Forrageiras, Intensive cultivation= Fruteiras, Saline soil= Solo salinizado.

Caracterização da nematofauna: abundância e diversidade

Ao todo, foram identificados nesse estudo 40 gêneros de nematoides, entretanto nem todos ocorreram nos quatro sistemas amostrados. Tanto a classe Enoplea como a Chromadorea foram representadas nas diferentes áreas estudadas (Tabela 2.2). Da classe Enoplea, subclasse Enoplia, identificaram-se somente gêneros pertencentes ao grupo trófico parasitas de plantas, filiados a somente uma família (Trichodoridae). Por outro lado, a subclasse Dorylaimia esteve representada por cinco famílias (Aporcelaimidae, Dorylaimidae, Longidoridae, Mononchidae e Nygolaimidae), e incluindo tanto táxons de vida livre como

parasitas de plantas. Quanto à classe Chromadorea, subclasse Chromadoria, foram identificados gêneros de 18 famílias (Ostellidae, Diplogasteridae, Diplogasteroididae, Anguinidae, Aphelenchidae, Aphelenchoididae, Telotylenchidae, Cephalobidae, Criconematidae, Hemicycliophoridae, Heterorhabditidae, Hoplolaimidae, Meloidogynidae, Panagrolaimidae, Pratylenchidae, Rhabditidae, Tylenchidae), compreendendo também tanto formas de vida livre quanto de parasitas de plantas.

Tabela 2.2. Gêneros de nematoides (e respectivos grupos tróficos) associados à vegetação nativa e aos diferentes tipos de manejo do solo na região do Vale São Francisco-PE.

Grupos tróficos	Valor C-P	Caatinga Nativa			Fruteiras			Forrageiras			Solo Salinizado		
		N	DP ^b	Dc (%)	N	DP ^b	Dc (%)	N	DP ^b	Dc (%)	N	DP ^b	Dc (%)
Predadores													
<i>Mononchus</i>	4	1,95	5,27	0,38	11,28	20,72	0,59	1,32	2,48	0,12	-	-	-
<i>Nygolaimus</i>	4	1,10	3,24	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		3,05	5,99	0,56	11,28	20,72	0,62	1,32	2,48	0,16	-	-	-
Onívoros													
<i>Aporcelaimus</i>	5	4,61	10,25	0,90	17,98	17,98	0,94	9,08	10,60	0,80	0,71	2,26	0,30
<i>Dorylaimus</i>	4	14,03	16,29	2,75	123,75	117,15	6,49	129,45	159,41	11,42	22,50	50,29	9,55
<i>Minidorylaimus</i>	4	-	-	-	0,52	1,92	0,03	1,12	2,57	0,10	-	-	-
<i>Laymidorus</i>	4	0,58	2,23	0,11	0,22	0,99	0,01	-	-	-	-	-	-
Total		19,21	16,96	3,55	142,47	124,59	7,85	139,65	160,74	16,68	23,21	49,99	11,18
Bacteróofagos													
<i>Cephalobus</i>	2	1,04	2,39	0,20	3,38	15,12	0,18	1,64	4,03	0,14	-	-	-
<i>Eucephalobus</i>	2	0,37	1,45	0,07	3,58	15,99	0,19	0,73	1,83	0,06	-	-	-
<i>Acrobelles</i>	2	170,64	171,22	33,46	132,06	342,02	6,93	325,90	541,69	28,74	28,00	58,73	11,88
<i>Pseudacrobelles</i>	2	1,06	2,27	0,21	10,79	33,97	0,57	1,09	3,95	0,10	-	-	-
<i>Acrobeloides</i>	2	1,82	4,39	0,36	2,20	8,38	0,12	0,11	0,49	0,01	-	-	-
<i>Drilocephalobus</i>	2	7,20	25,70	1,41	41,00	116,31	2,15	-	-	-	-	-	-
<i>Rhabditis</i>	1	6,39	20,29	1,25	48,70	48,47	2,56	145,10	152,20	12,80	93,51	162,70	39,69
<i>Mesorhabditis</i>	1	17,68	61,86	3,47	97,43	291,68	5,11	-	-	-	-	-	-
<i>Caudipilla</i>	1	17,04	61,92	3,34	3,81	9,96	0,20	-	-	-	-	-	-
<i>Panagrolaimus</i>	1	0,91	2,43	0,18	1,64	4,19	0,09	1,22	3,17	0,11	-	-	-
<i>Panagrobulus</i>	1	-	-	-	4,74	11,40	0,25	0,10	0,45	0,01	-	-	-
<i>Carinoscapter</i>	1	0,74	2,35	0,14	1,45	6,48	0,08	-	-	-	-	-	-
<i>Diplogaster</i>	1	0,13	0,52	0,03	3,16	9,93	0,17	-	-	-	-	-	-
<i>Rhabdontolaimus</i>	1	0,26	1,01	0,05	3,45	10,65	0,18	-	-	-	-	-	-
<i>Rhabditolaimus</i>	1	0,40	1,55	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		225,69	238,95	41,73	357,37	741,65	19,69	475,88	674,39	56,84	121,51	218,81	58,53
Micóofagos													
<i>Aphelenchoides</i>	2	11,33	21,50	2,22	12,51	25,69	0,66	23,38	33,85	2,06	1,71	3,68	0,73
<i>Aphelenchus</i>	2	7,28	10,55	1,43	3,56	15,41	0,19	-	-	-	0,50	1,58	0,21
<i>Ditylenchus</i>	2	-	-	-	-	-	-	0,20	0,89	0,02	-	-	-
Total		18,61	22,93	3,44	16,07	32,19	0,89	23,58	33,71	2,82	2,21	3,76	1,07
Fitoparasitas													
<i>Tylenchus</i>	2	11,78	26,21	2,31	58,36	104,79	3,06	10,69	18,73	0,94	6,10	10,16	2,59
<i>Aorolaimus</i>	3	201,83	384,80	37,32	3,21	7,36	0,18	29,32	57,71	3,50	-	-	-
<i>Potylenchulus</i>	3	-	-	-	263,90	378,60	13,85	-	-	-	0,20	0,63	0,08
<i>Potylenchus</i>	3	0,57	2,20	0,11	20,87	62,11	1,10	12,55	41,96	1,11	-	-	-
<i>Helicotylenchus</i>	3	32,12	62,18	6,30	45,82	78,07	2,40	7,20	14,90	0,64	0,71	2,26	0,30
<i>Trichodoros</i>	4	-	-	-	8,90	39,10	0,47	40,65	107,95	3,59	-	-	-
<i>Paratrichodoros</i>	4	-	-	-	9,95	23,03	0,52	2,80	5,92	0,25	-	-	-
<i>Criconema</i>	3	1,32	3,63	0,26	71,37	191,01	3,75	0,20	0,89	0,02	6,00	13,50	2,55
<i>Criconemoides</i>	3	10,40	40,28	2,04	119,96	358,47	6,30	64,25	197,90	5,67	18,00	38,24	7,64
<i>Meloidogyne</i>	3	-	-	-	207,26	286,46	10,88	-	-	-	-	-	-
<i>Tylenchorhynchus</i>	3	6,26	14,44	1,23	1,34	3,67	0,07	24,18	41,56	2,13	19,64	26,39	8,34
<i>Pratylenchus</i>	3	-	-	-	1,79	6,77	0,09	4,20	11,77	0,37	-	-	-
<i>Radopholus</i>	3	-	-	-	402,20	1798,69	21,11	-	-	-	-	-	-
<i>Hemicycliophora</i>	3	-	-	-	28,51	77,40	1,50	-	-	-	10,00	31,62	4,24
<i>Xiphidorus</i>	5	-	-	-	2,32	9,43	0,12	-	-	-	-	-	-
<i>Xiphinema</i>	5	10,00	36,02	1,96	41,80	91,49	2,19	0,79	1,97	0,07	-	-	-
Total		274,28	446,11	50,71	1287,56	2103,98	70,95	196,84	285,85	23,51	60,66	58,60	29,22
Abundância total		541	441	100	1815	2250	100	837	836	100	208	289	100

C-P= Valores tabelados para nematoides colonizadores (C) e persistentes (P),

N= Média da abundância absoluta de nematoides em 300 cm³ de solo em cada área avaliada,

DP^b = Número médio e desvio padrão de nematoides por 300 cm³ de solo em cada área avaliada,

Dc (%)= Dominância de cada táxon expresso em percentagem em cada área avaliada.

Quanto à abundância total da nematofauna (N), os sistemas de cultivo (Fruteiras e Forrageiras) apresentaram maior número de nematoides por cm³ de solo. As sequências decrescentes observadas na abundância em todos os sistemas foram: fruteiras (1815) > forrageiras (837) > caatinga nativa (541) > solo salinizado (208) (Tabela 2.2).

Entre os táxons mais abundantes, no conjunto das áreas estudadas, incluíram-se principalmente os de vida livre, *Acrobeles* sp., *Dorylaimus* sp. e *Rhabditis* sp. e parasitas de plantas, *Radopholus similis* (Cobb, 1913) Thorne, 1949; *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira, 1940; *Aorolaimus striatus* (Smit, 1971) Fortuner, 1987; *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback, 1983; e *Mesocriconema* sp. Alguns gêneros estiveram presentes em apenas um dos sistemas amostrados, como por exemplo *Rhabditolaimus* sp. e *Nygolaimus* sp., ambos exclusivos do sistema de vegetação nativa; *R. similis*, *R. reniformis*, *M. enterolobii* e *Xiphidorus* sp., todos exclusivos do sistema fruteiras; *Ditylenchus* sp., exclusivo do sistema forrageiras.

Os táxons *R. similis*, *R. reniformis*, e *M. enterolobii*, além de restritos às áreas de fruteiras, foram os de maior abundância neste sistema, representando, respectivamente, 22%, 15% e 11% dos nematoides identificados nesse sistema. Por outro lado, os demais gêneros exclusivos a um determinado sistema apresentaram baixa abundância relativa nos seus respectivos sistemas.

Na vegetação nativa, *A. striatus* apresentou maior abundância relativa com 37,3% dos nematoides identificados. No sistema forrageiras, *Acrobeles* sp. foi o táxon de maior abundância relativa (28,74%), seguido de *Rhabditis* sp. (12,80%). Em relação ao sistema salinizado, caracterizado por altos valores de salinidade, houve baixas abundâncias relativas para todos os nematoides.

A diversidade, mensurada pelo número de gêneros (S) e riqueza de gêneros (d) (tabela 2.3), mostrou padrões semelhantes entre os sistemas avaliados, indicando menor diversidade no sistema solo salinizado, do qual se diferenciou significativamente dos demais sistemas. Quanto à diversidade mensurada pelos índices de Shannon (H') e Simpson (Ds), as maiores médias foram encontradas nos sistemas fruteiras forrageiras, diferenciando dos sistemas Caatinga nativa e solo salinizado.

Tabela 2.3. Médias* das variáveis ecológicas das comunidades de nematoides do solo em quatro sistemas de vegetação natural da Caatinga, fruteiras, forrageiras e solo salinizado na região do Vale São Francisco-PE.

	Caatinga Nativa	Fruteiras	Forrageiras	Solo Salinizado
S	9,73 a	11,75 a	8,40 a	3,20 b
d	1,58 a	1,50 a	1,17 a	0,42 b
H'	1,22 b	1,62 a	1,48 a	0,75 c
Ds	0,57 b	0,70 a	0,69 a	0,41 c
MI	2,26 c	2,74 a	2,40 b	1,74 d
mMI	2,50 c	3,39 a	2,77 b	2,55 c
PPI	3,10 a	3,17 a	3,14 a	3,00 a

(*): As médias são relativas às amostras de 300cm³ de solo.

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem a nível de 5% pelo teste de Scott Knott. S= número de gêneros; d = riqueza de gêneros; H' = Índice de diversidade de Shannon-Weaver; DS = Índice de diversidade de Simpson; MI = Índice de maturidade; mMI = Índice de maturidade modificado; PPI = Índice de parasitas de plantas.

Distúrbios

Os valores de índices de maturidade (MI e mMI) indicou o sistema fruteiras como o sistema com menor nível de distúrbio, seguido do sistema Forrageiras. Já o PPI, referente à agregação de apenas parasitas de plantas, não permitiu uma clara separação entre os sistemas avaliados (Tabela 2.3).

Estrutura Trófica

Em relação ao conjunto dos sistemas estudados, os PP contribuíram com 54% da abundância total, seguidos dos BF (35%), enquanto que os demais grupos, FF, OM e PR, contribuíram, individualmente, com menos de 10% do total (Figura 2.3).

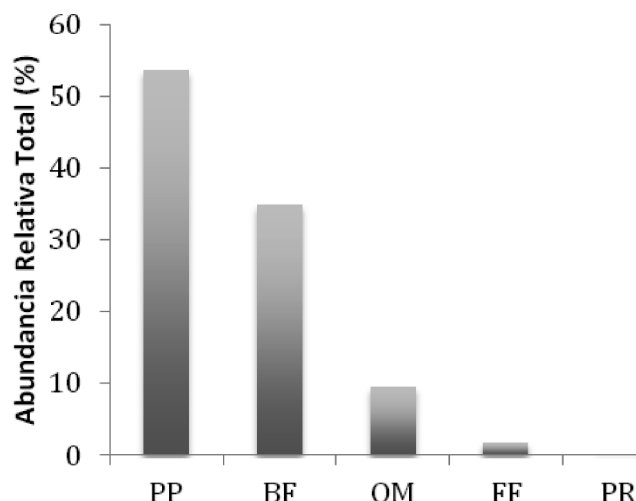


Figura 2.3. Composição da nematofauna nos quatro sistemas de manejo do solo no Vale do São Francisco, Petrolina (PE). PP= Parasitas de plantas, BF= Bacteriófagos, OM= Omnívoros, FF= Micófagos, PR= Predadores.

Ao comparar com o sistema Caatinga nativa, o sistema fruteiras mostrou maior abundância de PP e OM e uma menor abundância de BF, FF e de PR, enquanto o sistema forrageiras apresentou padrão inverso, com maiores abundâncias de BF e OM e menores abundâncias de PP e FF. Apesar de valores relativamente menores comparados aos demais sistemas, o solo salinizado teve maior abundância de PP.

O grupo trófico PP no sistema fruteiras correspondeu a 70,1% da abundância, diferindo estatisticamente dos demais sistemas (Tabela 2.2), a saber, solo salinizado (51,3%), Caatinga nativa (36,3%) e forrageiras (25,7%). O táxon *A. striatus* foi o mais abundante no sistema Caatinga nativa; *R. similis* no sistema fruteiras; *Mesocriconema* sp. no sistema forrageiras e *Tylenchorhynchus* sp. no sistema solo salinizado.

No sistema forrageiras, a população de BF correspondeu a 50,8%, diferindo-se estatisticamente do sistema Caatinga nativa (45%), solo salinizado (38,7%) e fruteiras (15,2%) (Tabela 2.2). Para esse grupo, o táxon *Acrobeles* sp. foi o que apresentou a maior abundância em todos os sistemas, exceto no solo salinizado, seguido do *Rhabditis* sp.

Em relação ao grupo trófico OM, o sistema forrageiras apresentou maior abundância (17,7%), diferindo estatisticamente dos sistemas fruteiras (12,6%), Caatinga nativa (9,3%) e solo salinizado (5,2%) (Tabela 2.3). Dentro desse grupo, o táxon *Dorylaimus* sp. foi o mais representativo em todos os sistemas amostrados. Além disso, foi possível observar uma maior proporção desse nematoide nos sistemas de cultivos, ao comparar com o sistema Caatinga nativa.

A abundância relativa de FF variou de 7,9% a 1,2%, sendo o táxon *Aphelenchoides* sp. o mais abundante em todos os sistemas, sem contudo haver diferenças entre os sistemas (Tabela 2.2). Entretanto, o grupo trófico PR foi que apresentou menor abundância em todos os sistemas estudados, contribuindo somente com 1% da abundância total.

Via prevalente de decomposição da matéria orgânica

O valor médio da relação (FF/BF) mostrou que em todos os sistemas estudados, a decomposição da matéria orgânica é feita em sua maioria por bactérias, sendo que esta relação não se mostrou discriminatória para os diferentes sistemas avaliados (Tabela 2.4). Por outro lado, a relação (BF + FF)/PP evidenciou que, em relação ao processo de consumo da matéria orgânica, a herbivoria foi predominante sobre a decomposição no sistema fruteiras.

Tabela 2.4. Via prevalente de decomposição da matéria orgânica em quatro sistemas de vegetação natural da Caatinga, fruteiras, forrageiras e solo salinizado na região do Vale São Francisco-PE.

	Caatinga Nativa	Fruteiras	Forrageiras	Solo Salinizado
FF/BF	0,15 a	0,18 a	0,13 a	0,14 a
(FF+BF)/PP	2,67 a	0,37 b	7,3 a	1,7 b

Médias relativas a amostras de 300cm³ de solo.

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem a nível de 5% pelo teste de Scott Knott. FF/BF= micófagos/bacteriófagos; (BF+FF)/PP= (bacteriófagos + micófagos)/parasitas de plantas;

Diagnóstico da cadeia alimentar do solo

O índice de SI foi maior no sistema fruteiras, o qual se diferenciou significativamente dos sistemas Caatinga nativa e solo salinizado. O índice EI também apresentou-se maior no sistema fruteiras, entretanto, diferenciando-se apenas do sistema Caatinga nativa. O índice CI foi maior no sistema Caatinga nativa, diferenciando significativamente dos sistemas fruteiras e solo salinizado (Tabela 2.4).

Tabela 2.4. Índices de Ferris *et al.* (2001) nos quatro sistemas de manejo do solo no Vale do São Francisco, Petrolina (PE).

	Caatinga Nativa	Fruteiras	Forageiras	Solo Salinizado
SI	41,88bc	85,26a	62,31ab	31,36c
EI	41,07b	84,29a	65,58ab	70,66a
CI	15,15a	2,75b	6,82ab	5,27b

(*): Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem a nível de 5% pelo teste de Tukey. SI=Índice de estrutura; EI= Índice de enriquecimento; CI= Índice de canal de decomposição da matéria orgânica.

Com base nos valores dos índices EI e SI, a distribuição dos quatro sistemas avaliados apresentados na figura 2.4 indicaram que o sistema solo salinizado, quadrante A, apresentou a cadeia alimentar com distúrbio alto, enriquecido e não estruturado, canal de decomposição dominado por bactérias e relação C/N baixa; os sistemas fruteiras e forrageiras, quadrante B, apresentaram-se com distúrbio baixo a moderado, enriquecido e estruturado, canal de decomposição balanceado, relação C/N baixa e com cadeia alimentar em condições de maturação; e o sistema Caatinga nativa, quadrante D, com distúrbio acentuado, enriquecimento esgotado, canal de decomposição com prevalência de fungos, relação C/N alta e cadeia alimentar degradada.

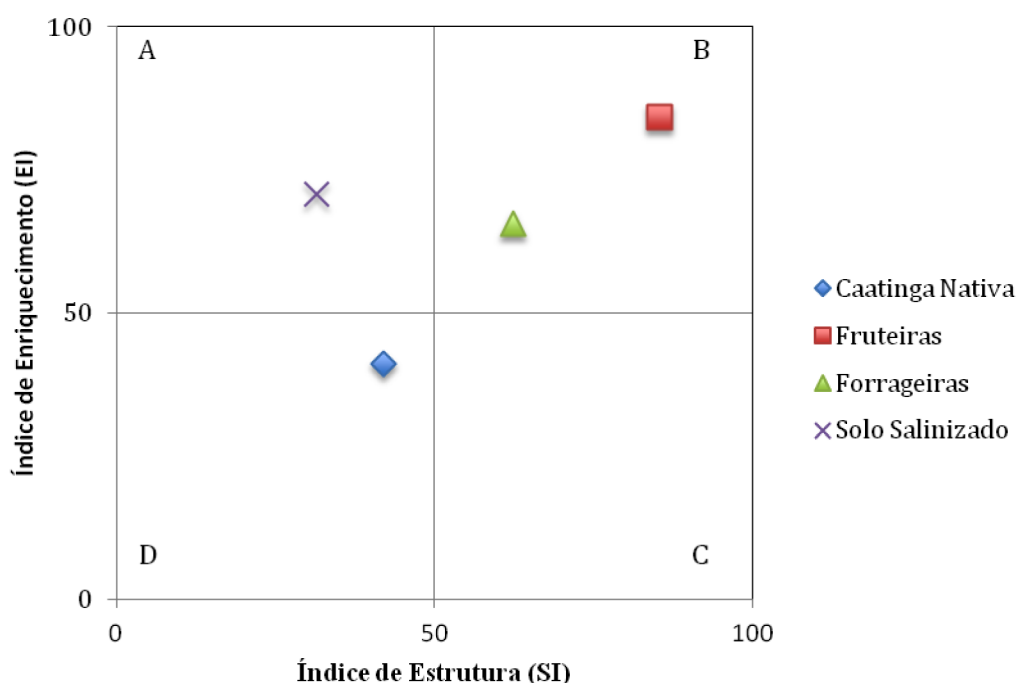
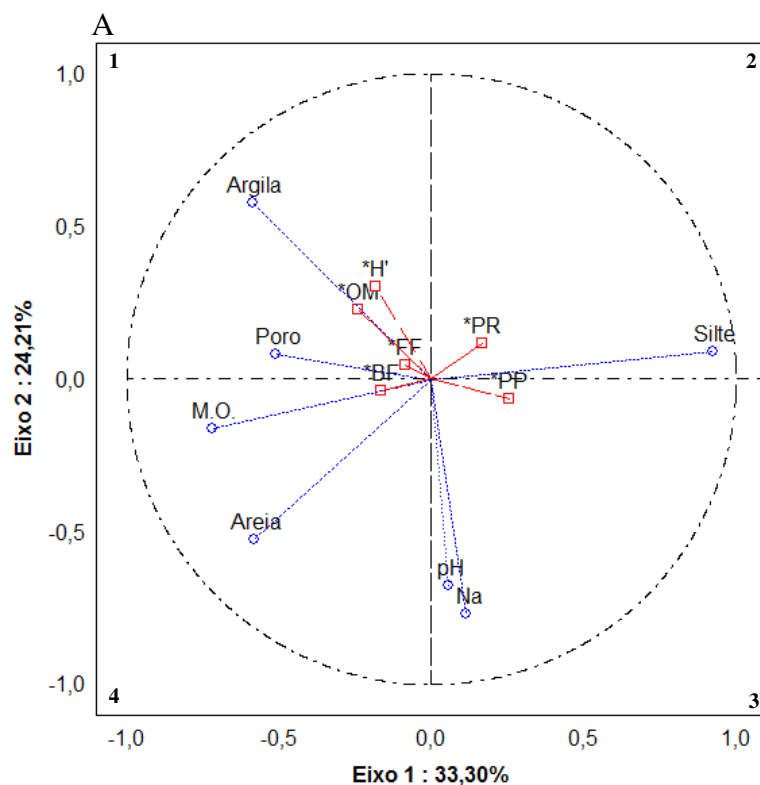


Figura 2.4. Distribuição dos quatro sistemas avaliados no Vale do São Francisco, Petrolina (PE), nos quatro quadrantes delimitados pelos índices de enriquecimento (EI) e de estrutura (SI) segundo Ferris *et al.* (2001).

Relação entre a nematofauna e atributos do solo

Para análise da relação entre a nematofauna e os atributos químico-físicos do solo nos sistemas estudados (Caatinga nativa, fruteiras, forrageiras e solo salinizado) a ACP (Figuras 2.5 a e b), fundamentou-se nos dados referentes à diversidade (H') e aos grupos tróficos (PP, FF, BF, PR e OM), juntamente com componentes físicos e químicos (areia, silte, argila, porosidade, pH, M.O. e Na), não incluindo as demais variáveis por resultarem em elevada colinearidade. Assim, foi possível pela ACP, a construção de 2 eixos principais, que juntos explicaram 57,51% de toda a variação dos dados. As variáveis que apresentaram maior correlação com o eixo 1 foram: silte ($r=0,92$) e M.O. ($r=-0,71$), enquanto que as que tiveram maior correlação com o eixo 2 foram: Na ($r=-0,76$) e pH ($r=-0,67$), sendo as principais variáveis que melhor separaram estes dois eixos.



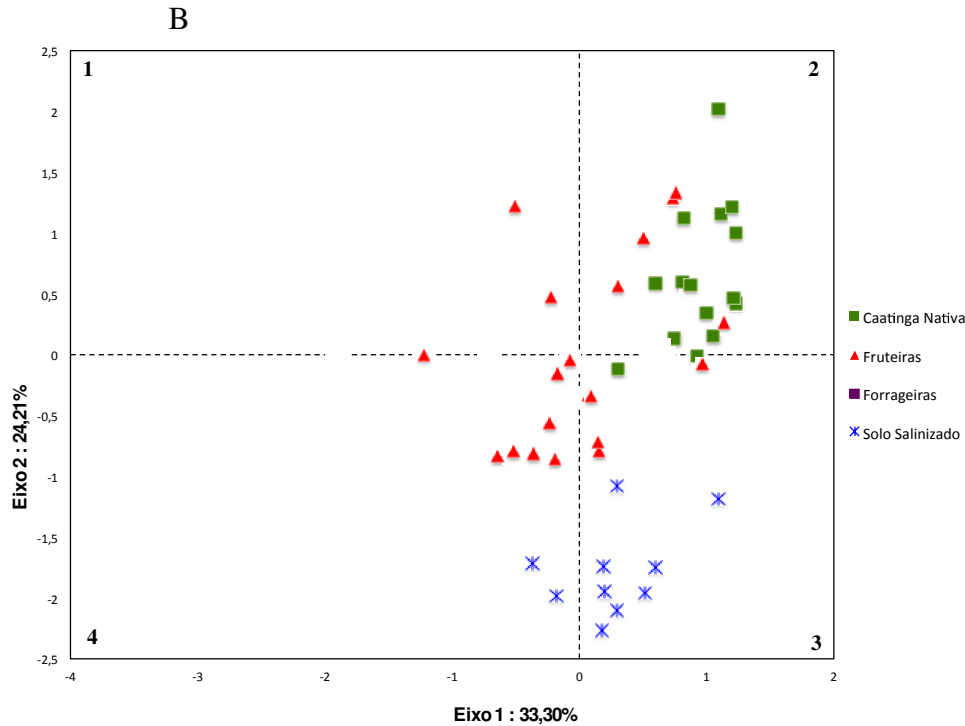


Figura 2.5. Diagrama de ordenação baseado na análise de componentes principais (ACP). **A)** Análise dos dados para diversidade (H') e grupos tróficos (PP, OM, BF, FF e PR) da nematofauna em relação aos atributos físicos e químicos do solo; **(B)** Ordenação para os sistemas avaliados (Caatinga nativa, fruteiras, forrageiras e solo salinizado) do Vale do Rio São Francisco. O eigenvalue do eixo horizontal é de 2,33, e explica 33,30% da variação dos dados e do eixo vertical é 1,69, e explica 24,21% da variação.

No quadrante 1 (Figura 2.5a), pode-se observar que a presença do grupo trófico OM, FF e H' se relaciona positivamente aos atributos argila e porosidade. Essa mesma região do quadrante foi ocupada principalmente por uma parte do sistema forrageiras (Figura 2.5b). No quadrante 2 (Figura 2.5a) o grupo trófico PR esteve positivamente correlacionados com silte e esta tendência foi observada principalmente no sistema nativo da Caatinga (figura 2.5b). No quadrante 3, grupo trófico PP esteve positivamente correlacionados com os atributos pH e Na, tendência apresentada principalmente no sistema solo salinizado. Por fim, o quadrante 4 (figura 2.5a), apresentou correlações positivas entre o grupo trófico BF areia e M.O., sendo observada esta tendência principalmente em parte dos sistemas fruteiras e forrageiras.

Pelas correlações obtidas pela ACP (Tabela 2.5), foi possível identificar que a variável M.O. correlacionou-se negativamente com os grupos tróficos PP e PR, contudo, os grupos tróficos BF e OM foram positivamente correlacionados com este atributo. O atributo químico Na esteve negativamente correlacionado com H' e com os grupos tróficos OM e PR. Da mesma forma, o pH também influenciou negativamente H' e os grupos tróficos BF, OM e PR, por outro lado, o grupo trófico PP esteve positivamente correlacionado com este atributo. A

porosidade apresentou positivamente correlacionados com H' e com o grupo trófico PPe negativamente correlacionada com os grupos tróficos PR e BF. Areia apresentou-se positivamente correlacionada com o grupo trófico BF e negativamente correlacionada com PP; silte se correlacionou positivamente com os grupos tróficos PP e PR e negativamente com os grupos FF BF e OM e também com H', enquanto que argila correlacionou-se com os grupos tróficos FF e OM e com H' e negativamente com os grupos PP e PR.

Tabela 2.5. Correlações entre as variáveis físicas e químicas do solo e as variáveis da nematofauna obtidas pela análise APC.

	PP	FF	BF	OM	PR	H'
Poro	0,100326	-	-0,113025	-	-0,117704	0,133133
M.O.	-0,261841	-	0,190762	0,276172	-0,162409	-
Areia	-0,133867	-	0,126491	-	-	-
Silte	0,264399	-0,103006	-0,198725	-0,154791	0,143486	-0,087219
Argila	-0,19578	0,161152	-	0,213204	-0,104202	0,130529
pH	0,119769	-	-	-0,196123	-0,128455	-0,132722
Na	-	-	-	-0,28701	-0,137679	-0,536791

DISCUSSÃO

O presente trabalho é pioneiro na avaliação da diversidade e estrutura das comunidades de nematoides em diferentes sistemas do bioma Caatinga, assim como os possíveis efeitos da agricultura e salinidade do solo sobre a nematofauna, gerando uma linha de base para futuros estudos na região do Vale do Rio São Francisco em Petrolina, PE, região esta, de grande importância econômica para o semiárido brasileiro. Resultados deste trabalho, consistentes com dados da literatura para outros agroecossistemas (Caveness, 1972; Yeates & Bongers, 1999; Cares & Huang, 1991; Liang & Steinberger, 2001; Korenko & Schmidt, 2007; Cares & Huang 2008a), mostraram que as atividades agrícolas influenciaram a estrutura da nematofauna.

Os maiores valores dos índices que mensuram a diversidade (H' e Ds) foram observados nos sistemas fruteiras e forrageiras. Resultado semelhante foi encontrado por Huang *et al.* (1998), que ao estudar a diversidade de nematoides na região amazônica, observaram maior diversidade em sistemas de capoeira e agroflorestais quanto comparado à floresta primária. Os menores valores destes índices foram observados no solo salinizado.

Esse resultado também é congruente com estudos relatando que o acúmulo de sais em solos áridos provavelmente afeta a diversidade da comunidade de nematoides de forma negativa nesses sistemas (Powers *et al.*, 1998; Liang & Steinberger, 2001).

A maior abundância de nematoides encontrada nos sistemas fruteiras e forrageiras em comparação com o sistema de vegetação natural da Caatinga vem confirmar resultados de outros estudos realizados sob condições tropicais (Goulart *et al.*, 2003; Silva, 2008; Mondino *et al.*, 2009; Arieira, 2012), os quais tem relatado maior abundância de nematoides em sistemas agrícolas intensivos em comparação com sistemas de vegetação nativa.

Um fator que pode ter concorrido para menor abundância nos solos sob vegetação da Caatinga diz respeito à baixa umidade no solo, visto que a área de vegetação nativa avaliada além de ser encontrada sob o domínio do clima semiárido, com baixas precipitações anuais, inclusive no período da coleta, também apresentava-se com vegetação menos densa, o que contribuía para maior exposição do solo às intempéries naturais impostas ao solo do semiárido. Segundo Liang & Steinberger (2001), a diferença de umidade no solo pode determinar diferenças na abundância entre as comunidades de nematoides. No caso do sistema fruteiras, os valores mais elevados de abundância da nematofauna podem ser devidos à presença de plantas perenes, sem a ocorrência de práticas de revolvimento do solo, bem como à irrigação por gotejamento. Somando-se a isso, as fruteiras perenes com raízes abundantes e suscetíveis a diferentes nematoides parasitas de plantas pode ter contribuído para o aumento populacional e a dominância dos parasitas de plantas neste sistema.

Nematoides como *Helicotylenchus diystera*, *Mesocriconema* sp., *Meloidogyne enterolobii*, *Radopholus similis*, *Rotylenchulus reniformis* e *Xiphinema brasiliensis*, presentes em maior abundância no sistema fruteiras, são espécies adaptadas ao parasitismo nas culturas avaliadas, sendo estas: bananeira, mangueira, videira e goiabeira. Estes resultados indicam que diversos fitonematoides de importância agrícola estão associados às culturas da região e supostamente foram introduzidos naquelas áreas, uma vez que estes não estiveram associados à vegetação nativa da Caatinga. Além disso, o presente estudo confirma a presença do fitonematoide *M. enterolobii* na região, sendo o mesmo encontrado apenas nas áreas de frutíferas. Este nematoide foi relatado pela primeira vez no Brasil por Carneiro *et al.* (2001), causando danos severos em plantios comerciais de goiabeira, no Vale do São Francisco. Essa espécie possui alta taxa de reprodução e virulência em diferentes espécies vegetais, especialmente em goiabeiras.

Tem-se considerado que além da introdução de fitonematoides em sistemas de cultivos, pode ocorrer também o aumento na abundância de parasitas de plantas, já presentes

em áreas nativas (Yeates & Bongers, 1999). Neste estudo, resultados semelhantes foram observados para os fitonematoides *Criconemoides* sp., *Mesocriconema* sp., *Helicotylenchus dihystera*, *Xiphinema brasiliensis* e *Rotylenchus* sp., os quais tiveram aumento na abundância no sistema fruteiras e que também estiveram presentes no sistema com vegetação nativa. Segundo Niles & Freckman (1998) nematoides presentes na vegetação nativa que se adaptaram aos sistemas de cultivo, podem se tornar o grupo dominante em áreas sob algum tipo de distúrbio. Além disso, monoculturas tendem a favorecer certos gêneros ou mesmo espécies de fitonematoides, que se tornam mais abundantes diante da conversão de ecossistemas naturais em agroecossistemas (Ferris & Ferris, 1974).

Por outro lado, alguns nematoides parasitas de plantas foram encontrados com baixa abundância em alguns sistemas ou até mesmo desapareceram, quando comparado com o sistema de Caatinga nativa. Dentre estes nematoides, *Aorolaimus striatus*, que apresentou maior abundância no sistema Caatinga nativa, foi encontrado em baixa abundância nos demais sistemas. Esta espécie foi descrita por Smit (1971) em amostras da savana da Guiné, situada ao norte da Costa do Marfim, associada ao inhame. No Brasil, este está sendo o primeiro relato desta espécie e provavelmente é considerada como constituinte da fauna fitonematológica nativa do bioma Caatinga.

A estrutura da comunidade de nematoides pode ser influenciada não apenas pela umidade do solo e pelo tipo de vegetação presente na área, mas também por fatores químicos e físicos que compõem o solo (Navas *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2010), já que estes causam impacto direto ou indireto na biota acima e abaixo do solo (Cares & Huang, 2008a). Ao que tudo indica, alguns destes atributos podem ter contribuído tanto para o aumento como para o decréscimo de algumas populações de nematoides nos diferentes sistemas avaliados.

A textura do solo (% areia e argila), assim como a porosidade foram fatores físicos que influenciaram positivamente a diversidade da nematofauna nas áreas estudadas. Frequentemente as propriedades físicas como textura e estrutura do solo são correlacionadas com a nematofauna (Yeates & Bongers, 1999; Gomes *et al.*, 2003; Kimenju *et al.*, 2009), possuindo, assim, um importante papel na abundância, distribuição e estrutura de comunidades de nematoides (Kandji *et al.*, 2001).

A matéria orgânica (M.O.) também contribuiu na distribuição espacial da nematofauna nos sistemas estudados, sendo uma das principais variáveis correlacionadas com os eixos obtidos pela análise dos componentes principais (ACP), correlacionando negativamente com os grupos tróficos PP e PR e, positivamente com a diversidade (H') e os grupos tróficos FF, BF e OM. Dentre todos os sistemas estudados, o sistema forrageiras foi que apresentou maior

teor de M.O., diferindo significativamente dos demais sistemas, isso devido ao fato deste apresentar uma maior cobertura vegetal no solo. A maior dominância do grupo trófico BF pode ter sido dominante no sistema forrageiras, pode ter influenciada pelo alto teor de M.O. encontrado neste sistema. Segundo Wasilewska (1994), um incremento na abundância deste grupo ocorre quando existem compostos de fácil decomposição e altas populações bacterianas que constituem o seu recurso alimentar.

Além das maiores abundâncias de bacteriófagos no sistema forrageiras, observou-se também uma menor proporção de parasitas de plantas, assim como uma maior proporção de onívoros. Akhtar (1998), estudando o efeito da matéria orgânica na comunidade de nematoides em um solo aluvial na Índia, verificou redução no número de nematoides parasitas de plantas e um significativo aumento de nematoides de vida livre. Segundo Oka (2010), as populações de fitonematóides podem ser afetadas pela matéria orgânica e estas alterações são devidas à produção de compostos nematicidas, como amônia e ácidos graxos, durante a degradação da matéria orgânica; introdução ou incremento de microrganismos antagonistas e alterações nas propriedades físicas do solo, que são essenciais ao comportamento dos nematoides. Dijan *et al.* (1994) concluíram que a alta acidificação do solo, promovida pela alta concentração de matéria orgânica, forma moléculas de ácidos orgânicos não dissociados que conseguem ultrapassar a cutícula dos nematoides com liberação de H⁺ dentro do pseudoceloma, plasmolizando o corpo do nematoides parasitas de plantas.

Ferraz *et al.* (2010) argumentam que no momento em que a matéria orgânica é incorporada ao solo, ela é colonizada por fungos, os quais a transformam em húmus, neutralizando a acidez do meio e assim preparando o caminho para a proliferação bacteriana; além disso, favorece o desenvolvimento desses microrganismos os quais atuam na mineralização e imobilização do nitrogênio e na sua nitrificação, desnitrificação e fixação biológica, bem como de microrganismos participantes dos ciclos biogeoquímicos de outros elementos. Assim, o alto teor de matéria orgânica já mencionado, pode justificar o aumento das populações de onívoros encontradas no sistema forrageiras.

Como mencionado anteriormente, houve considerável redução na abundância total e em todos os grupos tróficos no sistema solo salinizado. Os altos teores Na e C.E. encontrados neste sistema foram fatores importantes na distribuição espacial da nematofauna nas áreas avaliadas. Pela ACP foi possível detectar que o Na esteve negativamente correlacionado com a diversidade da nematofauna. Segundo Esteves & Suzuki (2008), alterações provocadas pelo aumento na concentração de sais podem desencadear processos de competição e extinção de microrganismos ali viventes. Contudo, algumas populações de nematoides mostraram-se

insensíveis ao acúmulo de sais na área, destacando os do gênero *Rhabditis*, pertencentes ao grupo trófico BF; nesse sentido a abundância de *Rhabditis* esteve positivamente correlacionada com sódio e condutividade elétrica, pela correlação de Pearson. Estes nematoides são considerados colonizadores de enriquecimento (c-p1) e podem ser tolerantes em uma situação de estresse ocorrente no solo (Ferris & Bongers, 2009).

A razão entre FF e BF pode ser usado como um descritor da via de decomposição na cadeia alimentar (Neher *et al.*, 2005). A via claramente predominante de decomposição, baseada na relação FF/BF, foi a bacteriana para todos os sistemas em estudo. Tais dados revelaram-se coerentes com os da estrutura trófica, já apresentados, visto que o grupo trófico BF foi o segundo grupo dominante, superando FF.

Por outro lado, a análise baseada na relação (BF + FF)/PP evidenciou que, em relação ao processo de consumo da matéria orgânica, a herbivoria foi predominante apenas no sistema fruteiras. As elevadas abundâncias de certos táxons de parasitas de plantas indicam que o consumo da matéria orgânica viva era maior que o da matéria orgânica morta por processos de decomposição por microrganismos. Maiores médias da relação (BF + FF)/PP foram observadas nos demais sistemas, onde, em geral, houve menor abundância de parasitas de plantas. Essa sazonalidade das raízes vivas e da matéria orgânica morta está em função de fatores como disponibilidade de água, do tipo de cultura, manejo do solo e estado fenológico das plantas (Cares & Huang, 2008a). Nesse sentido, os nematoides como indicadores mostraram o estado dos recursos disponíveis no solo no período em que foram realizadas as coletas.

Dos índices usados para avaliar a rede trófica, seguindo Ferris *et al.* (2001), os valores de CI foram relativamente baixos para todos os sistemas, indicando a prevalência de bactérias na decomposição da matéria orgânica do solo. Contudo, a maior média foi observada no sistema Caatinga nativa, devido à maior taxa de micófitos encontrados na área, seguindo as mesmas tendências da relação FF/BF mencionadas anteriormente. Segundo Ferris & Bongers (2009), a diferença imposta por estes dois índices é que CI atribui pesos diferentes para as taxas metabólicas obtidas pelos nematoides indicadores micófitos e os bacteriófitos.

Quanto ao EI (Ferris *et al.*, 2001), baseada na medida da presença de nematoides bacteriófitos e fungívoros oportunistas, foram observados maiores valores nos sistemas fruteiras, solo salinizado e forrageiras. Isso se deve à maior ocorrência de nematoides dos grupos oportunistas de enriquecimento c-p1, dos quais se enquadram *Rhabditis* sp., *Mesorhabditis* sp., *Caudipilla* sp., *Panagrolaimus* sp., *Panagrobelus* sp., *Carinoscapter* sp., *Diplogaster* sp., *Rhabdontolaimus* sp. e *Rhabditolaimus* sp., e micófitos

c-p2 *Aphelenchoidessp.*, *Aphelenchus sp.* e *Ditylenchus sp.* Este perfil pode ser consequência das atividades agrícolas realizadas nas áreas manejadas com frutíferas, que incluem a correção do solo com calagem e adubação duas vezes ao ano, e nas áreas de forrageiras, que incluem o acúmulo de matéria orgânica provenientes da decomposição das folhas que se depositam no solo. Também pode ser em decorrência do acúmulo de sais e íons inorgânicos encontrados no solo salinizado. Assim, estes dois fatores poderiam contribuir para um solo rico em fertilidade, provavelmente estimulando o desenvolvimento de nematoides oportunistas, em particular *Acrobelessp.* em forrageiras, *Mesorhabditissp.* em fruteiras e *Rhabditissp.* na área de solo salinizado.

Por outro lado, o SI pode ter sido influenciado significativamente pelas condições naturais de estresse abiótico impostas aos solos da Caatinga nativa e solo salinizado das áreas avaliadas no Vale do São Francisco. Estas condições, incluindo a baixa umidade no sistema Caatinga nativa e o alto teor de sal e alta condutividade elétrica do sistema solo salinizado, podem ter limitado a presença de nematoides dos grupos persistentes c-p4-5, encontrados neste estudo, incluindo *Aporcelaimus sp.*, *Dorylaimus sp.*, *Minidorylaimus sp.*, *Nogolaimus sp.*, *Laymidorus sp.* e *Mononchus sp.*

O índice de maturidade MI (Bongers, 1990) assim como os quadrantes delimitados pelos índices EI e SI (Ferris *et al.*, 2001), que avaliam o estado dos elos que compõem a cadeia alimentar no solo, indicaram melhor estruturação da cadeia alimentar nos sistemas fruteiras e forrageiras, ao contrário do que foi observado nos sistemas Caatinga nativa e solo salinizado. Os maiores valores do MI observados nestes sistemas cultivados, deve-se a uma maior presença de nematoides da ordem Dorylaimida, com altos valores c-p, o que caracteriza os indivíduos “k-estrategistas” (Bongers, 1990; Bongers & Bongers, 1998). Os índices mMI e PPI foram menos eficientes na avaliação de distúrbios presentes nas áreas, não sendo capazes de uma eficiente discriminação entre os sistemas avaliados, isso principalmente porque na composição desses índices incluíram os nematoides parasitas de plantas que foi o grupo dominante em todos os sistemas estudados.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que: a) a retirada da vegetação nativa e a implantação dos cultivos de fruteiras e forrageiras influenciaram as comunidades de nematoides, suprimindo a presença de nematoides como *Rhabditiolaimus sp.* e *Nygolaimussp.*, reduzindo muito a presença de *Aorolaimus striatuse* favorecendo o aumento populacional de outros, incluindo

Mesocriconemas sp., *Helicotylenchus diystera*, *Criconemoides* sp., *Xiphinema brasiliensis*, *Rotylenchus* sp., *Tylenchorhynchus* sp. Além disso, foi observado a introdução de nematoides como *Radopholus similis*, *Rotylenchulus reniformis*, *Meloidogyne enterolobii* e *Xiphidorus* sp. nas áreas cultivadas; b) A proporção dos táxons e dos grupos tróficos encontrados nos diferentes sistemas e os valores dos índices ecológicos das comunidades de nematoides mostraram eficientes indicadores da qualidade do solo neste estudo; c) os atributos do solo, tais como textura, acidez, matéria orgânica, salinidade e micro e macro nutrientes, desempenharam papéis essenciais na definição da estrutura da comunidade de nematoides do solo, portanto, pode-se concluir que as condições dos ambientes de solo naturalmente estressados no Vale do São Francisco, assim como os solos submetidos ao manejo de fruteiras e forrageiras, influenciaram significativamente a composição das comunidades de nematoides.

Os resultados obtidos serão importantes para subsidiar futuras recomendações de manejo nas áreas agrícolas do Vale do São Francisco, como por exemplo, medidas profiláticas, destacando-se o uso de mudas saudáveis de espécies de fruteiras e de outras plantas propagadas por meio de mudas produzidas em solo, evitando a introdução de espécies de fitonematoides exóticas para a área, assim como a adoção de cobertura vegetal no solo, que contribui para a incorporação de matéria orgânica, favorecendo a estruturação do solo e a comunidade de organismos que nele habita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHTAR, M. 1998. Effects of two plant species and two types of fertilizer on nematodes in alluvial soil, India. *Applied Soil Ecology* 10:21-25.

ALLAKHVERDIEV, S.I.; SAKAMOTO, A.; NISHIYAMA, Y.; INABA, M. & MURATA, N. 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl: induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiology* 123(3):1047-1056.

ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; CORTEZ, P.H.M.; FRANCO, J.M.V; UZUNIAN, A. 2013. Caatinga (Coleção Biomas do Brasil) Editora: Harbra. 64pp.

ARAÚJO-FILHO, J.A. 2002. Histórico do uso dos solos da caatinga. In: Araújo, Q.R. (Org.), 500 Anos de Uso do Solo no Brasil. Reunião Bras. Manejo e Conservação de solo, 13, Ilheus-BA, UESC, p. 329-338.

ARIEIRA, G.O. 2012. Diversidade de nematoides em sistemas de culturas e manejo do solo. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Londrina- Londrina- PR. 100pp.

BONGERS, T. & BONGERS M. 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* 10: 239-251.

BONGERS, T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83:1, p. 14-19.

CARES, J. E. 2006. Nematoides como indicadores ambientais de solo. Congresso Brasileiro de Nematologia. Campos de Goytacazes, RJ. Sociedade Brasileira de Nematologia 26:14-16.

CARES, J.E. & HUANG, S.P. 2008a. Comunidades de Nematoides de Solo sob Diferentes Sistemas na Amazônia e Cerrados Brasileiros. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. (Org.). Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. 1 ed. Lavras, MG: UFLA, p. 409-444.

CARES, J. E.; HUANG, S. P. 2008b. Soil nematodes. In: MOREIRA, F. M.S.; HUISING, E. J.; BIGNALL, D. E. (Ed.). A handbook of tropical soil biology: sampling and characterization of below-ground biodiversity. London: Earthscan, p. 97-106.

CARES, J.E.; HUANG, J.P. 1991. Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of Central Brazil. *Fitopatologia Brasileira* 16:199-209.

CARNEIRO, R. M. D. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M. 2001. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. *Nematologia Brasileira* 25(2):223-228.

CAVENESS, F. E. 1972. Changes in plant parasitic nematode populations on newly cleared land. *Nematropica* 2(1):1-2.

CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. 2006. PRIMER v6: User manual/tutorial, PRIMER-E, Plymouth, UK.

DIJAN, C.; PONCHET, M.; CAYROL, J.C. 1994. Nematological properties of carboxylic acids and derivatives. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 50:229-239.

ELLIOT, C.A. 1990. Diversity indices. In: Principles of managing forests for biological diversity. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 1997. Manual de Métodos de análise de solo. 2º Ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, RJ. 212pp.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA MEIO AMBIENTE. 1999. Monitoramento ambiental em fruticultura irrigada no agropolo Petrolina (PE)/Juazeiro (BA), com vias a obtenção de certificação de qualidade - EcoIso. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2013. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 353pp.

ESTEVES, B.S. & SUZUKI, M.S. 2008. Efeito da salinidade sobre as plantas. *Oecol. Bras.* 12 (4): 662-679.

FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; LOPES, E.A.; DIAS-ARIEIRA, C.R. 2010. Manejo Sustentável de Fitonematóides. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 304pp.

FERREIRA, D.F. 2011. Sisvar: A Computer Statistical Analysis System. *Ciência e Agrotecnologia* 35 (6):1039-1042.

FERRIS, H. & BONGERS T. Indices Developed Specifically for Analysis of Nematode Assemblages. 2009. In: WILSON, M.; KAKOULI-DUARTE, T. *Nematodes as Environmental Indicators*. CAB International, Cambridge, Massachusetts, USA, p. 124-145.

FERRIS, H.; BOGERS T.; GOEDE, R. G. M. 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* 18:13-29.

FERRIS, V.R.; FERRIS, J.M. Interrelationships between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. 1974. *Agro-Ecosystems* 1(4):275-299.

FLEGG, J.J.M; HOOPER, D.J. 1970. Extraction of free-living stages from soil. In: Southey, J.F. *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Tech. Bull. 2:5-22.

FLINT, A.L. & FLINT, L.E. 2002. Particle density. In: Dane, J.H. & Topp, G.C. Eds. *Methods of soil analysis: part 4 – physical methods*. American Society of America, Madison, WI. p. 229-240.

FRECKMAN, D.W.; CASWELL, E.P. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology*. 23: 275-296.

FRECKMAN, D.W. & ETTEMA, C.H. 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 45: 239-261.

GOMES, G. S., HUANG, S. P., & CARES, J. E. 2003. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. *Fitopatologia Brasileira* 28(3): 258-266.

GOULART, A.M.C. 2009. Análise de dados em estudos de diversidade de nematoides. Embrapa Cerrados, Brasília-DF, 43pp.

GOULART, A.M.C.; MONTEIRO, A.R.; FERRAZ, L.C.B. 2003. Comunidade de nematoides em cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. *Nematologia Brasileira* 27(2): 129-137.

HUANG, S.P.; CARES, J.E.; VIVAS, J.P. 1998. Nematode biodiversity of five different land use systems in two Brazilian tropical states, Rondônia and Acre. *Fitopatologia Brasileira* 23:305.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Monitoramento dos biomas brasileiros-bioma Caatinga. Disponível em http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/caatinga/APRESENTACAO_MINC_02MAR_2010_CAATINGA.pdf. Acesso em 01/02/2014.

JENKINS, W.R.A. 1964. Rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 4:462.

KANDJI, S. T., OGOL, C. K. P. O.; ALBRECHT, A. 2001. Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physic-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. *Applied Soil Ecology* 18(2): 143-157.

KIMENJU, J. W., KARANJA, N. K., MUTUA, G. K., RIMBERIA, B. M.; WACHIRA, P. M. 2009. Nematode community structure as influenced by land use and intensity of cultivation. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 11(2):353-360.

KOPPEN, W. 1996. Sistema Geográfico dos Climas. Notas e Comunicado de Geografia – Série B: Textos Didáticos nº13. Ed. Universitária – UFPE, Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Recife-PE, p.31.

KORENKO, V. & SCHMIDT, C. 2007. Effects of agricultural practices in the rice crop system on nematode communities in Uruguay. *Nematologia Mediterranea* 34: 151-159

LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. Numerical ecology. 2 ed. inglesa. Elsevier.

LIANG W. & STEINBERGER Y. 2001. Temporal changes in nematode community structure in a desert ecosystem. *Journal of Arid Environments* 48: 267-280.

MAGURRAN, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. London: Croom Helm, 179 p.

MCCUNE, B. & GRACE, J. B. 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software Design, Oregon: Gleneden Beach.

MONDINO, E.A.; TAVARES, O.C.H.; EBELING, A.G.; FIGUEIRA, A.F.; QUINTERO E.I.; BERBARA, R.L.L. 2009. Avaliação das comunidades de nematoides do solo em agroecossistemas orgânicos. *Acta Scientiarum. Agronomy* 31(3):509-515.

NAVAS, A.; FLORES-ROMERO, P.; SÁNCHEZ-MORENO S.; CAMARGO J.A.; MCGAWLEY E. C. 2010. Effects of heavy metal soil pollution on nematode communities after the Aznalcollar mining spill. *Nematropica* 40: 13-29.

NEHER, D.A. 2001. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of Nematology* 33(4):161-168.

NEHER, D. A.; PECK, S. L.; RAWLINGS, J. O.; CAMPBELL, C. L. 1995. Measures of

nematode community structure and sources of variability among and within agricultural fields. *Plant and Soil* 170(1):167-181.

NEHER, D.A., WU, J., BARBECHECK, M. E., ANAS, O. 2005. Ecosystems type effects interpretation of soil nematode community measures. *Applied Soil Ecology* 30: 47-64. □

NILES, R.K. & FRECKMAN, D.W. 1998. From the ground up: nematode ecology in bioassessment and ecosystem health. In: BARKER, K., PEDERSON, G.; WINDHAM, G. (Ed.). *Plant and nematode interactions*. Madison: American Society of Agronomy, p. 65-85.

OKA, Y. 2010. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments – A review. *Applied Soil Ecology* 44: 101-115.

PIELOU, E. C. 1977. *Mathematical Ecology*. Wiley, New York, USA.

POWERS, L.E.; HO, M.C.; FRECKMAN, D.W.; VIRGINIA, R.A. 1998. Distribution, community structure, and microhabitats of soil invertebrates along an elevation gradient in Tay Valley, Antarctica. *Arctic and Alpine Research* 30: 133-141. □

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS Software. Version 9.1. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999.

SEINHORST, J.W. 1959. A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica* 8:29-32.

SILVA- JÚNIOR, J. M. T.; TAVARES, R. C.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. 2009. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4:378-382.

SILVA, R.A. 2008. Estudo da fauna fitonematológica na Mata Atlântica do estado de São Paulo e na Floresta Amazônica do estado do Mato Grosso. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 93pp.

SMIT, J.J. 1971. Deux nouvelles espèces africaines d'Hoplolaiminae (Nematoda: Tylenchida): *Peltamigratus striatus* n. sp. et *Scutellonema africanum* n. sp. Nematologica 17: 113- 126.

WASILEWSKA, L. 1994. The effects of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. Pedobiologia 38:111.

WILLIAMS, W.D. 1987. Salinization of rivers and streams: an important environmental hazard. Ambio 16: 180-185.

WU, H.C.; CHEN P.C.; TSAY, T.T. 2010. Assessment of nematode community structure as a bioindicator in river monitoring. Environmental Pollution 158:1741-1747.

YEATES, G.W. & BONGERS, T. 1999. Nematode diversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74:113-135.

YEATES, G.W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIEVA, S. S. 1993. Feeding habits in nematodes families – an outline for soil ecologists. Journal of Nematology 25:315-331.

YEATES, G. W. 1994. Modification and quantification of the nematode maturity index. Pedobiologia 38:97-101.

Capítulo III

Diversidade da nematofauna em remanescentes da mata atlântica e outras fitofisionomias e o seu uso como indicador de qualidade dos solos em área de mineração

DIVERSIDADE DA NEMATOFUNA EM REMANCECENTES DA MATA ATLÂNTICA E OUTRAS FITOFISIONOMIAS E O SEU USO COMO INDICADOR DE QUALIDADE DOS SOLOS EM ÁREA DE MINERAÇÃO

RESUMO

Este trabalho objetivou proceder inventário da fauna nematológica nas diferentes fitofisionomias que compõem o centro de pesquisa CeBio; utilizar nematoides como bioindicadores na avaliação dos efeitos das práticas de mineração e combinar esses indicadores de impactos ambientais com variáveis químicas do solo, nos sistemas de vegetação nativa e em sistemas antropizados. Para tanto, foram avaliados o número de gêneros; riqueza de gêneros; índices de diversidade de Shannon-Weaver e de Simpson e índice de maturidade (MI). Apesar da baixa riqueza taxonômica da fauna nematológica do CeBio, os táxons identificados pertenciam a diversas famílias, compondo 19 gêneros representando os cinco principais grupos tróficos do solo, distribuídos nos cinco sistemas ecológicos avaliados. Os índices de maturidade, abundância total, número de gêneros e riqueza de gêneros foram eficientes na avaliação do efeito das atividades antrópicas nas áreas estudadas, indicando o sistema de cavas e pilhas o mais impactado. Foi demonstrado que a nematofauna respondeu às mudanças na cobertura vegetal do solo e às variações abióticas (atributos químicos). Solo exposto às intempéries, como no sistema cavas e pilhas influenciou negativamente a composição da nematofauna. Entre os atributos químicos, o pH do solo foi a variável que mais esteve relacionada com o padrão de distribuição da nematofauna nas áreas avaliadas. Além disso, o método multivariado de Análise de Componentes Principais (ACP) mostrou-se eficiente no estudo da interação da comunidade de nematoides com variáveis do solo.

Palavras-chave: Biodiversidade, Comunidade de nematoides, Ecossistemas.

ABSTRACT

This study aimed to carry out inventory of the nematological fauna in soils covered by different types of vegetation in CeBio Research Center; to use nematodes as bio-indicators to evaluate the effects of mining practices, by combining indicators of environmental impacts from the nematode communities with chemical variables of soil, in native vegetation and in anthropogenic systems. It was evaluated the number of genera (N); genus richness (d); Shannon-Weaver diversity index (H'), Simpson diversity index (D_s) and maturity index (MI).

Despite of low taxonomic richness in nematological fauna was found in CeBio, however, it was found taxa belonging to several families, comprising 19 genera, with representatives in the five major trophic groups, distributed through the five systems evaluated. The maturity index, total abundance, number of genera and genus richness were efficient in the evaluation of the effects of human activities on the areas studied, confirming the mining area system as the most impacted. It was demonstrated that the nematofauna responded to changes in ground vegetation and abiotic factors, as chemical properties, showing that the grass covered soil, as in the mining area system, can negatively influence the composition of nematofauna. Within the chemical soil attributes, pH was the most related to the distribution pattern of nematofauna in the systems evaluated. In addition, the multivariate method of Principal Component Analysis (PCA) proved to be efficient in the studies of interactions of nematode communities and soil factors.

Keywords: Biodiversity, Nematode communities, Ecosystems.

INTRODUÇÃO

A conscientização sobre a recuperação de áreas degradadas por atividades antropogênicas gera um esforço cada vez maior para pesquisas relacionadas às consequências de tais atividades sobre o solo. Quase todas as atividades humanas, na superfície terrestre, causam algum tipo de modificação, sendo que a mineração talvez seja uma das que mais altera os fatores químicos, físicos e biológicos do solo (Glanz, 1995; Guerra & Marçal, 2006). A exploração mineral em si, é uma atividade caracteristicamente insustentável, do ponto de vista ambiental, haja vista que para a realização necessita, obrigatoriamente, retirar do meio os recursos naturais, podendo ocasionar a exaustão da área, uma vez que na maioria dos casos não existe a reposição do que foi extraído (Goudie, 1990). Por este motivo, existem procedimentos que são indispensáveis para a minimização dos seus impactos, buscando com isso a manutenção da cobertura vegetal e preservação da macro e da microfauna da região. Neste sentido, a utilização de ferramentas práticas, relacionadas aos sistemas de avaliação dos processos biológicos do solo, pode indicar a condição ecológica em que este se encontra (Pen-Mouratov *et al.*, 2010).

Os nematoides possuem muitas qualidades, como alta diversidade e abundância em uma pequena área amostral, além da alta sensibilidade a qualquer mudança ambiental, as quais os tornam um dos mais importantes organismos bioindicadores da qualidade e quantidade dos

recursos que sustentam a cadeia alimentar do solo (Samoiloff, 1987; Freckman, 1988; Bongers, 1990, Cares & Huang, 2008a). Com representantes em todos os níveis tróficos da cadeia alimentar, eles podem estar intimamente conectados com os demais atributos biológicos, e conseqüentemente refletem os processos ecológicos fundamentais, como por exemplo, decomposição, mineralização e ciclagem de nutrientes (Bongers & Bongers, 1998).

Deste modo, pesquisas da caracterização da nematofauna podem ser aplicadas para avaliação da qualidade ou sanidade de solos submetidos à degradação, com a possibilidade de uso de nematoides como bioindicadores na avaliação de impactos de atividades antrópicas que acarretam alterações ambientais. Assim, vários índices ecológicos, tais como diversidade de Shannon-Weaver, riqueza de gêneros, maturidade e canal de decomposição da matéria orgânica foram aceitos como ferramentas úteis para a avaliação das mudanças que ocorrem nas comunidades de nematoides submetidas a perturbações ambientais, tomando como referência solos sob vegetação nativa (Bongers, 1990; Yeates & Bird, 1994; Wasilewska, 1995; Urzelai *et al.*, 2000).

Esta pesquisa teve como base uma avaliação geral do atual uso dos solos, decorrente das atividades minerárias da Vale ao longo de várias décadas (1946 a 2005). Em 2006, aproveitando-se dos aspectos ambientais e geográficos, oferecidos pela mina Córrego do Meio, a Vale implantou, parcialmente, o “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio). Nesta antiga área mineradora, estão presentes três diferentes fitofisionomias naturais assim como duas áreas que já tiveram algum tipo de intervenção pelas práticas de mineração e que hoje fazem parte de um projeto de recuperação, havendo portanto um suposto gradiente de estruturação do solo, do menos impactado para o mais impactado.

Este estudo teve como objetivos: (1) proceder inventário da fauna nematológica nas diferentes fitofisionomias que compõem o centro de pesquisa CeBio, incluindo a verificação da presença de espécies de *Meloidogyne* nestas áreas; (2) utilizar nematoides como bioindicadores na avaliação dos efeitos das práticas de mineração e também dos efeitos das práticas de recuperação ambiental que estão sendo conduzidas nas áreas avaliadas. (3) Combinar indicadores de impactos ambientais resultantes das comunidades de nematoides com outros indicadores resultantes de propriedades físicas e químicas do solo, para melhor entendimento dos fatores mais relacionados à distribuição espacial da nematofauna nas áreas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho é parte do projeto aprovado na Chamada de propostas nº01/2010 FAPEMIG/FAPESP/VALE. “Diversidade de plantas e de organismos dos solos com potencial biotecnológico e indicadores de impacto ambiental”, coordenado pela Prof. Fátima Maria de S. Moreira (UFPA) executado pelo grupo de pesquisa BiosBrasil, em co-execução com a UnB, Unesp Botucatu, Unesp Jaboticabal, Embrapa Solos, Embrapa Milho e Sorgo, FURB, INPA, UFMT e UFMG.

Localização e descrição dos sistemas de coleta

O estudo foi realizado em setembro de 2013, em uma mina de ferro desativada, de propriedade da empresa Vale, que hoje trata-se de um “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero”, o CeBio. Esta área está localizada na Mina do Córrego do Meio, que compreende uma área total de 716,47 ha e encontra-se totalmente inserida no município de Sabará, Estado de Minas Gerais (Jordy-Filho, 2010).

Via de regra, todo o território do município em questão, encontra-se delimitado pela unidade morfoestrutural do Quadrilátero Ferrífero, emoldurado por rochas do Supergrupo Minas, que sustentam os compartimentos mais elevados do relevo e abrigam os importantes jazimentos ferríferos regionais, constituídos predominantemente por rochas do Supergrupo Rio das Velhas (Knierim, 2002).

De acordo com as curvas ombrotérmicas de Gaussen (Bagnouls & Gaussen, 1953), o clima regional enquadra-se na classificação Xeroquimênico, tipicamente tropical, em transição para Xerotérico. Define-se por um pequeno período seco (4 a 5 meses) e outro úmido bem acentuado, marcado por chuvas concentradas na estação quente (verão). De acordo com a metodologia idealizada por Koeppen (1996), essa região pertence ao tipo “Cwb”, subtropical, com precipitação média anual em torno de 1.500 mm, sendo que o mês de janeiro supera os 250mm, enquanto que junho e julho, se aproximam dos 7 mm (Figura 3.1).

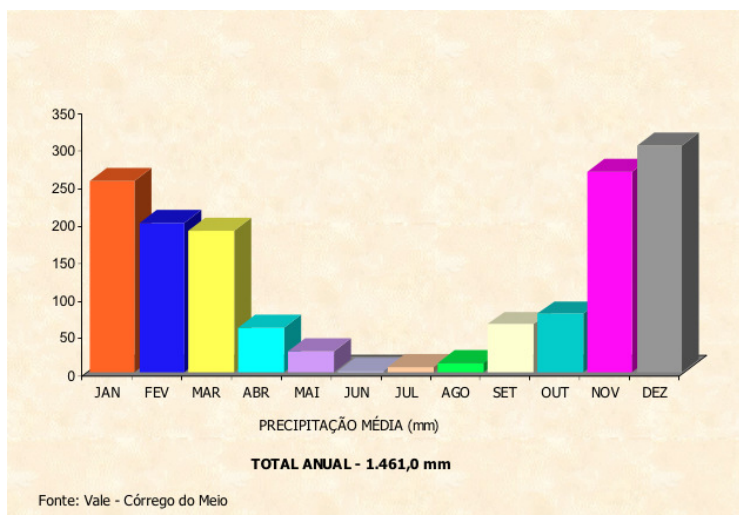


Figura 3.1. Gráfico demonstrativo da precipitação média anual da região de Sabará-MG.

A temperatura média anual, segundo parâmetro da classificação de Thornthwait (1948), situa-se em torno de 20,8 °C, sendo o mês de fevereiro o mais quente (23,5 °C), enquanto que julho registra a de menor valor (16,5 °C), correspondendo a uma amplitude térmica de 7,0 °C (Figura 3.2).

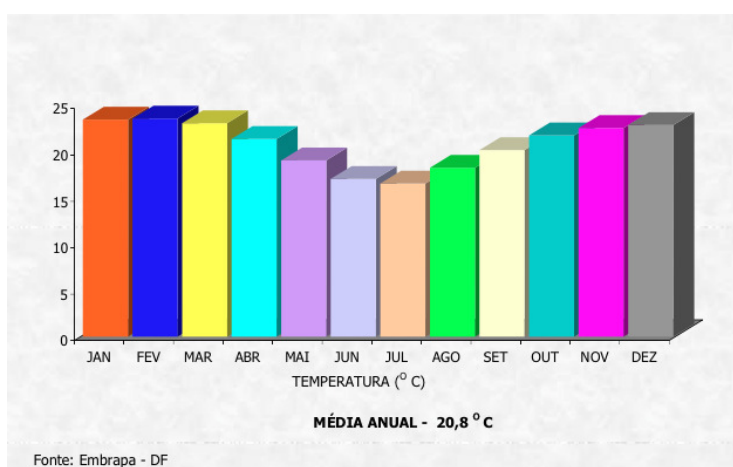


Figura 3.2. Gráfico demonstrativo da temperatura média anual da região de Sabará-MG, avaliadas no período de 1971 a 1990.

Tendo como parâmetro a classificação de Thornthwait (1948), o balanço hídrico regional, que fornece informações sobre a dinâmica da água no solo, considerando as trocas recíprocas entre solo-planta-atmosfera, registra um clima relativamente úmido, com razoável deficiência de água durante os meses mais secos (junho a setembro), o que representa grande possibilidade de existência de períodos biologicamente secos (Figura 3.3).

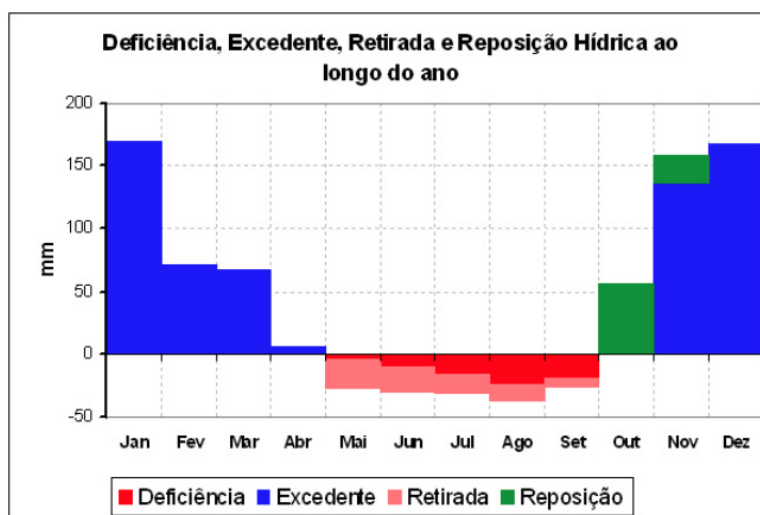


Figura 3.3. Registro do balanço hídrico mensal avaliadas no período de 1971 a 1990. (Fonte EMBRAPA).

Essa região tinha a maior parte do seu território na zona Fitoecológica da Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica), hoje representada por alguns poucos remanescentes, quase sempre de caráter secundário. Diversas fitofisionomias, em menor proporção, são também encontradas na área, as quais são caracterizadas por cerrado, campos rupestres, o qual corresponde a uma área com escassa vegetação sobre solo rochoso, pertencente a uma zona de transição entre as formações de Campo Cerrado e Floresta Estacional; e mesmo áreas antrópicas, conferindo, dessa forma, razoável diversidade ambiental (Jordy-Filho, 2010).

Os sistemas avaliados constituíram-se de áreas remanescentes da Mata Atlântica, Cerrado, Campo Rupestre, área de reflorestamento composta por eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e área de cavas e pilhas. Esta área é coberta com solo anteriormente submetido à extração de ferro e hoje é caracterizada por processo de reabilitação ambiental em curso, porém sem vegetação arbórea presente, apresentando, a princípio, apenas gramínea como cobertura vegetal. Os sistemas foram separados em dois segmentos, descritos abaixo, sendo o primeiro aquele que não apresenta alteração morfológica do terreno, indiferentemente do tipo de vegetação existente e um segundo, caracterizado pela movimentação intensa de seus solos e completa modificação da paisagem anterior.

- **Ambientes não alterados (não impactados):**



Remanescentes de Mata Atlântica

Cerrado *sensu stricto*

Campo Rupestre

- **Ambientes alterados (impactados):**



Cavas e pilhas

Área de reflorestamento (*Eucalyptus* spp.)

Coleta de amostras nematológicas no solo

As amostras foram coletadas no período de transição da estação seca para a chuvosa. As coletas foram feitas nos sistemas descritos acima, totalizando 20 amostras no total (5 em cada sistema nos diferentes ambientes) em pontos georeferenciados (Figura 3.1).

Tabela 3.1. Coordenadas geográficas dos pontos coletados.

Sistemas	Latitude Sul	Latitude Oeste
Mata Atlântica		
Mata 6	19°51'41.41"S	43°48'7.90"O
Mata 7	19°51'44.60"S	43°48'6.81"O
Mata 8	19°51'40.38"S	43°48'4.76"O
Mata 9	19°51'43.56"S	43°48'3.57"O
Cerrado		
Cerrado 1	19°51'48.47"S	43°48'20.08"O
Cerrado 2	19°51'45.42"S	43°48'21.12"O
Cerrado 3	19°51'42.38"S	43°48'22.18"O
Cerrado 4	19°51'41.45"S	43°48'18.92"O
Campo Rupestre		
Campo rupestre 1	19°50'2.06"S	43°44'7.40"O
Campo rupestre 2	19°50'5.13"S	43°44'6.35"O
Campo rupestre 4	19°50'1.11"S	43°44'4.15"O
Campo rupestre 6	19°50'7.25"S	43°44'1.99"O
Eucalipto		
Eucalipto 1	19°51'37.85"S	43°48'23.75"O
Eucalipto 2	19°51'36.27"S	43°48'24.25"O
Eucalipto 3	19°51'39.32"S	43°48'23.29"O
Eucalipto 4	19°51'38.30"S	43°48'20.07"O
Cavas e Pilhas		
Cavas e pilhas 2	19°51'40.56"S	43°47'53.75"O
Cavas e pilhas 3	19°51'39.62"S	43°47'50.61"O
Cavas e pilhas 4	19°51'38.59"S	43°47'47.36"O
Cavas e pilhas 5	19°51'37.58"S	43°47'44.11"O

Cada amostra, contendo aproximadamente 900 cm³ de solo, foi composta por 12 subamostras, coletadas na profundidade de 0 – 20 cm, em círculos de raio de 3 e 6 m (Huising *et al.*, 2008), como apresentado na Figura 3.4.

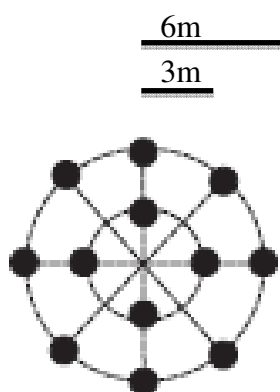


Figura 3.4. Esquema de círculos concêntricos: 12 subamostras compõem uma amostra composta (Huising *et al.*, 2008).

Após a coleta, o solo foi colocado em saco de polietileno devidamente etiquetado com as informações da amostra e a seguir, acondicionada em caixa isotérmica.

Análises químicas e físicas do solo

Para cada amostra, foi determinado os teores de macro e micro nutrientes (K, P, Ca, Mg, Al, Zn, Fe, Mn, Cu, B, S), potencial hidrogeniônico (pH), teor de matéria orgânica (M.O.) e composição física do solo (percentagens de areia, silte e argila). Todas análises químicas e físicas foram realizadas na Universidade Federal de Lavras (UFLA) no Departamento de Solos e os resultados cedidos para uso neste estudo.

Processamento de amostras nematológicas

As amostras de solo foram processadas no laboratório de Nematologia da Universidade de Brasília (UnB), seguindo as metodologias de Cares & Huang (2008b). Os nematoides foram extraídos de 300 cm³ de solo por meio da técnica de flutuação-sedimentação-peneiramento. A suspensão de nematoides recuperada na peneira 400 mesh foi centrifugada em gradiente de sacarose (Jenkins, 1964). Posteriormente, os nematoides foram mortos em banho-maria a 55 °C por um minuto.

Os nematoides de parte de cada amostra foram fixados em formaldeído (3%) e infiltrados com glicerina (Seinhorst, 1959). Para determinar a abundância total, foi contado o número total de espécimes de cada amostra. Posteriormente, 100 espécimes, tomados aleatoriamente, de cada amostra foram montados em lâminas de microscopia para identificação a nível genérico.

Análise de dados

Foram calculados a abundância absoluta e relativa dos táxons ocorrentes, além do número de gêneros; estrutura trófica, identificando-se os parasitas de plantas (PP), bacteriófagos (BF), micófagos (FF), onívoros (OM) e predadores (PR) (Yeates *et al.*, 1993); riqueza de gêneros (Magurran, 1988); índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') (Pielou, 1977) e de Simpson (Es) (Elliot, 1990); índices de distúrbio: índice de maturidade (MI) (Bongers, 1990), e índices para avaliação da condição da cadeia alimentar: canal de decomposição da matéria orgânica (CI); índice de estrutura (SI) e índice de enriquecimento (EI) (Ferris *et al.*, 2001). Os valores obtidos foram transformados para log (x+1) e comparados por análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade, calculado pelo programa SISVAR (Ferreira, 2011). A similaridade na

composição de espécies entre os diferentes locais foi avaliada por meio de agrupamentos de ligações simples (“Single Linkage Cluster”) e índice de similaridade de abundância (Bray & Curtis, 1957).

Visando avaliar a possível relação entre as variáveis físicas e químicas do solo e a nematofauna, foi determinado o grau de correlação linear simples entre os pares de dados obtidos pelo coeficiente de correlação de Pearson a 5% de probabilidade. Para esta análise foi utilizado o software SAS (Statistical Analysis System, 1999). Para descrever a relação entre as variáveis químicas do solo sobre a nematofauna, foi aplicada uma análise multivariada de Ordenamento Linear em Componentes Principais (ACP). A ACP foi aplicada considerando os seguintes fatores como fontes potenciais de variabilidade ambiental: pH, K, Mg, Mn, Al, Cu, Zn, Fe, S, B; assim como abundância (N), diversidade (H') a estrutura trófica da nematofauna (PP, BF, FF, OM e PR) como fontes potenciais de variabilidade biológica. A escolha das variáveis utilizadas na ACP foi feita atendendo as premissas de normalidade univariada e a não colinearidade entre as variáveis (< 99%) (Legendre & Legendre, 1998). Posteriormente a matriz de dados foi padronizada para aplicação da ACP. Esta análise foi realizada utilizando o programa Statistica® versão 7.0 (Statsoft, Inc, 2007).

Identificação de *Meloidogyne* spp. nas diferentes fitofisionomias

Por se tratar de um grupo de parasitas de plantas mais importante para a agricultura, populações de *Meloidogyne* encontradas em cada fitofisionomia foram identificados a nível de espécie com base no fenótipo das isoenzimas esterase e malato desidrogenase de acordo com Ornstein (1964) e Davis (1964).

Para tanto, parte de cada amostra de solo, coletadas em todas as fitofisionomias, foi depositada em vasos de alumínio previamente autoclavados a 120°C/1hora e mantidos em casa-de-vegetação. Para cada vaso foi transplantada uma muda de tomateiro cv Santa Cruz Kada. Após 120 dias, os mesmos foram retirados para avaliação do sistema radicular.

Cerca de 20 fêmeas leitosas foram extraídas de cada raiz, quando presentes, e posteriormente maceradas e homogeneizadas em tampão fosfato de sódio a 2%. Após a maceração das fêmeas, os extratos protéicos foram aplicados nas cavidades do gel de poliácridamida (empilhamento 4 % e separação 8 %) para subsequente corrida eletroforética, utilizando-se uma cuba de eletroforese vertical. Após cada corrida, os géis foram imersos em tampão fosfato de sódio pH 6,2 e mantidos a temperatura de 25°C sob leve agitação (50 rpm) por 30 minutos.

Cada gel foi então incubado em solução de α -nafitil acetato e corante fast blue RR no escuro por 1 h e temperatura de 30°C. Após serem corados, os géis foram imersos em solução descorante, envoltos com papel celofane e secos em sala refrigerada por 24 h. Os fenótipos isoenzimáticos obtidos para a enzima esterase foram comparados com os relatados na literatura (Carneiro & Almeida, 2000).

RESULTADOS

Caracterização da nematofauna: abundância e diversidade

A riqueza taxonômica da fauna nematológica do “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio) foi baixa, levando-se em conta a diversidade vegetal existente nesta área. Porém, os táxons identificados distribuíram-se a diversas famílias (Mononchidae, Dorylaimidae, Aporcelaimidae, Rhabditidae, Cephalobidae, Tylenchulidae, Tylenchidae, Longidoridae, Aphelenchoididae, Meloidogynidae, Pratylenchidae, Hoplolaimidae e Criconematidae) e representaram todos os grupos tróficos (PP, BF, FF, OM e PR).

Tanto o índice de diversidade de Shannon quanto o índice de diversidade de Simpon mostraram maior diversidade da nematofauna na área sob vegetação da Mata Atlântica e eucalipto. A menor diversidade foi registrada na área de cavas e pilhas. Não houveram diferenças entre as áreas quanto à diversidade de Simpon, confirmando pela análise estatística (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 Diversidade e estrutura trófica das comunidades de nematoides do solo encontrados associados às fitofisionomias e às áreas alteradas pelas atividades da mineração do “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio).

	Mata Atlântica	Cerrado	Campo Rupestre	Eucalipto	Cavas e Pilhas
S	9,5 a	6,25 b	5,5 b	7,25 a	3,5 c
d	4,25 a	2,62 b	2,25 b	3,12 a	1,25 c
H'	1,73 a	1,41 a	1,52 a	1,66 a	1,00 b
Ds	0,76 a	0,66 a	0,74 a	0,77 a	0,54 a
MI	3,23 a	2,92 a	2,98 a	2,37 b	1,9 b

(*): Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem a nível de 5% pelo teste Scott Knott. □ S= número de gêneros; d = riqueza de gêneros; H' = Índice de diversidade de Shannon-Weaver; DS = Índice de diversidade de Simpson; MI = Índice de maturidade.

De forma semelhante, os sistemas sob vegetação da Mata Atlântica e eucalipto apresentaram os maiores valores para número e riqueza de gêneros (d e S), sendo significativamente diferentes dos demais sistemas, os menores valores destes índices foram encontrados no sistema cavas e pilhas (Tabela 3.2).

As abundâncias totais de nematoides por local são apresentadas na Tabela 3.3. Foram identificados no total 16 gêneros: *Mononchus* Bastian, 1865; *Minidorylaimus* Andrassy, 1973, *Dorylaimus* Dujardin, 1845; *Aporcelaimus* Thorne & Swanger, 1936; *Rhabditis* Dujardin, 1845; *Acrobeles* Von Linstow, 1887; *Aphelenchoides* Fisher, 1894, *Tylenchus* Bastian 1865; *Gracilacus* Raski, 1962; *Xiphinema* Cobb, 1913; *Meloidogyne* Goldi, 1892; *Pratylenchus* Filipjev, 1936; *Helicotylenchus* Steiner, 1945; *Rotylenchus* Filipjev, 1936; *Scutellonema* Andrassy, 1958 e *Criconemoides*, Taylor, 1936.

Tabela 3.3. Gêneros de nematoides encontrados associados às fitofisionomias e às áreas alteradas pelas atividades da mineração do “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio).

Grupo Trófico	CP	Mata Atlântica			Cerrado			Campo Rupestre			Eucalipto			Cavas e Pilhas		
		A ^a	DP ^b	Dc(%)	A ^a	DP ^b	Dc(%)	A ^a	DP ^b	Dc(%)	A ^a	DP ^b	Dc(%)	A ^a	DP ^b	Dc(%)
Predadores																
<i>Mononchus</i>	4	24,25	19,60	2,53	4,25	8,50	0,91	7,50	15,00	2,73	15,00	30,00	3,96	–	–	–
Total		24	19,60	2,53	4,25	8,50	0,91	7,50	15,00	2,73	15,00	30,00	3,96	–	–	–
Onívoros																
<i>Minidorylaimus</i>	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,00	9,80	2,11	–	–	–
<i>Dorylaimus</i>	4	39,00	35,05	4,07	37,25	28,25	7,95	41,00	8,60	14,92	13,50	17,23	3,56	3,00	6,00	2,55
<i>Aporcelaimus</i>	5	35,25	21,69	3,68	21,75	34,24	4,64	22,75	35,64	8,28	4,50	9,00	1,19	–	–	–
Total		74,25	53,36	7,74	59,00	44,59	12,59	63,75	38,06	23,20	26,00	21,35	6,86	3,00	6,00	2,55
Bacteriófagos																
<i>Rhabditis</i>	1	39,50	6,35	4,12	55,75	46,52	11,90	39,75	25,75	14,47	37,50	17,23	9,89	4,50	9,00	3,82
<i>Acrobeles</i>	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,50	9,00	1,19	–	–	–
Total		39,50	6,35	4,12	55,75	46,52	11,90	39,75	25,75	14,47	42,00	12,00	11,08	4,50	9,00	3,82
Micófitos																
<i>Aphelenchoides</i>	2	3,75	7,50	0,39	8,50	17,00	1,81	4,25	8,50	1,55	7,50	9,00	1,98	4,50	9,00	3,82
Total		3,75	7,50	0,39	8,50	17,00	1,81	4,25	8,50	1,55	7,50	9,00	1,98	4,50	9,00	3,82
Fitoparasitos																
<i>Tylenchus</i>	2	19,75	23,24	2,06	17,25	13,89	3,68	22,50	45,00	8,19	20,00	14,97	5,28	4,50	9,00	3,82
<i>Gracilacus</i>	3	17,00	19,63	1,77	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Xiphinema</i>	5	4,25	8,50	0,44	3,75	7,50	0,80	–	–	–	9,00	18,00	2,37	–	–	–
<i>Meloidogyne</i>	3	243,75	142,75	25,42	68,00	28,39	14,51	37,75	65,27	13,74	101,50	83,77	26,78	43,50	53,08	36,94
<i>Pratylenchus</i>	3	12,25	8,22	1,28	9,00	18,00	1,92	16,25	13,91	5,91	9,00	18,00	2,37	21,75	9,60	18,47
<i>Helicotylenchus</i>	3	370,50	229,40	38,64	234,75	168,95	50,11	74,00	54,11	26,93	132,00	75,42	34,83	36,00	32,86	30,57
<i>Rotylenchus</i>	3	–	–	–	4,50	9,00	0,96	9,00	18,00	3,28	17,00	15,10	4,49	–	–	–
<i>Scutellonema</i>	3	54,00	45,48	5,63	3,75	7,50	0,80	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Criconemoides</i>	3	95,50	110,32	9,96	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Total		817,00	404,53	85,22	341,00	176,64	72,79	159,50	111,54	58,05	288,50	157,89	76,12	105,75	29,74	89,81
Abundância total		958,75	677,74	100	468,50	387,74	100	274,75	289,79	100	379,00	326,52	100	117,75	128,54	100

C-P= Valores tabelados para nematoides colonizadores (C) e persistentes (P),

A^a= Média da abundância absoluta de nematoides em 300 cm³ de solo em cada área avaliada,

DP^b = Número médio e desvio padrão de nematoides por 300 cm³ de solo em cada área avaliada,

Dc (%)= Dominância de cada táxon expresso em percentagem em cada área avaliada.

As famílias de nematoides com maior riqueza taxonômica foram Hoplolaimidae (subfamília Hoplolaiminae), com três táxons (*Helicotylenchus* sp., *Rotylenchus* sp. e *Aorolaimus* sp.) e Dorylaimidae, com dois táxons (*Dorylaimus* sp., *Minidorylaimus* sp.). Os gêneros *Helicotylenchus* e *Meloidogyne* apresentaram as maiores abundâncias em uma ou mais áreas de coleta, seguidos de *Rhabditis* e *Dorylaimus*. Alguns gêneros foram encontrados exclusivamente em um determinado sistema, por exemplo, *Criconemoides* e *Gracilacus* na Mata Atlântica; *Acrobeles* e *Minidorylaimus* no eucalipto. Os gêneros *Scutellonema* e *Criconemoides* também foram exclusivos dos sistemas nativos (Mata Atlântica e Cerrado). Os gêneros *Mononchus* e *Aporcelaimus* não foram encontrados na área de cavas e pilhas. Sete táxons (*Dorylaimus*, *Rhabditis*, *Aphelenchoides*, *Tylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus* e *Helicotylenchus*) foram comuns nos cinco locais, o que podem ter contribuído para a similaridade da nematofauna nestas áreas.

O agrupamento por similaridade, obtidos pelos valores de abundância entre os locais, apresentado pelo dendograma de ligações de Bray-Curtis (Figura 3.5), evidenciou separação nítida da área de cavas e pilhas das demais áreas. A área de Mata Atlântica ficou próxima do eucalipto, que por sua vez ficou perto do grupo formado pelo Cerrado e Campo Rupestre.

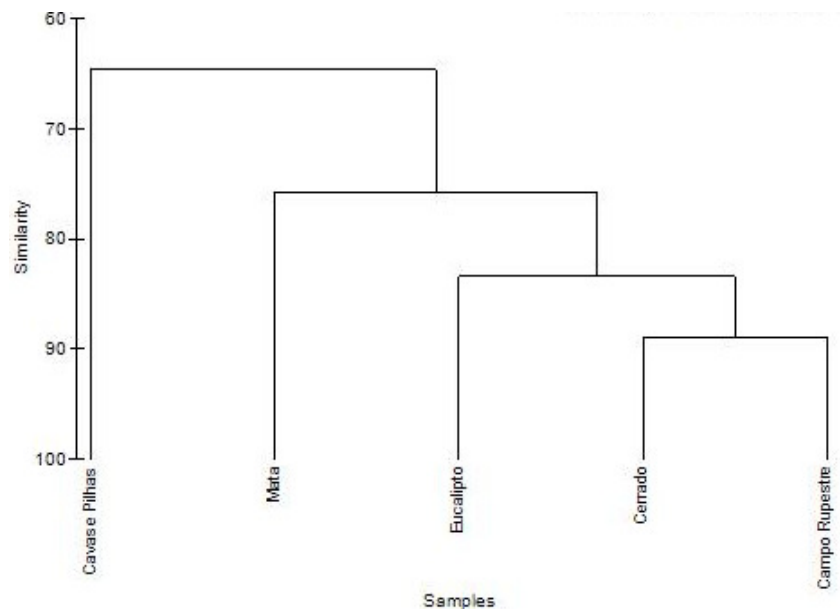


Figura 3.5. Dendrograma de ligações de Bray-Curtis (5%), mostrando a similaridade sobre a composição da nematofauna associada às fitofisionomias e às áreas alteradas pelas atividades da mineração do “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio).

Identificação das populações de *Meloidogyne* spp.

A técnica eletroforese de isoenzimas para o fenótipo de esterase e malato desidrogenase possibilitou a identificação de *M. javanica* (Treub) Chitwood, em todas as amostras analisadas.

Estrutura Trófica

O grupo trófico PP foi dominante em todas as áreas avaliadas, com 77,8%, seguido de OM (10,2%), BF (9,2%), PR (2%) e FF (1,2%) (Figura 3.6).

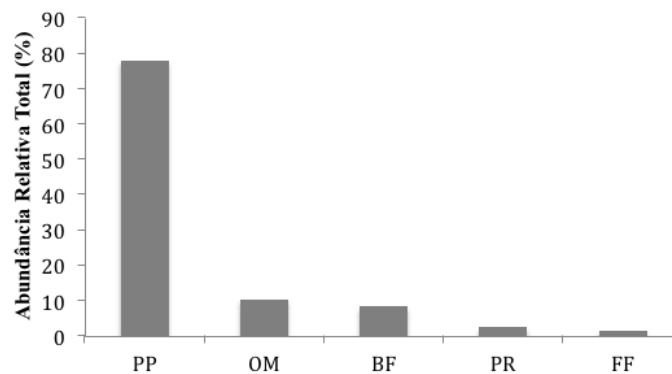


Figura 3.6. Composição da nematofauna nas áreas amostradas do “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio).

A abundância média de PP, em termos de porcentagem em cada área estudada, foi maior na área de cavas e pilhas (89,8%) (Tabela 3.3). Por outro lado, a menor abundância relativa do grupo trófico PP foi observada no sistema Campo Rupestre (58%). Dentre os diferentes gêneros incluídos no grupo trófico PP, observou-se a dominância de *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* e *Criconemoides*.

Quanto ao grupo trófico OM, a maior dominância foi observada no sistema Campo Rupestre (23,2%), seguido das áreas Cerrado (12,6%), Mata Atlântica (7,7%), área de reflorestamento com eucalipto (6,8%) e Cavas e Pilhas (2,5%) (Tabela 3.3). Neste grupo trófico, o gênero *Dorylaimus* apresentou maior abundância em todas as áreas, seguido de *Aporcelaimus*.

Quanto ao grupo trófico BF, o sistema Campo Rupestre foi o que a maior proporção (14,4%), seguido de Cerrado (11,9%), eucalipto (11%), Mata Atlântica (4,1%) e Cavas e

Pilhas (3,8%) (Tabela 3.3). O gênero bacteriófago *Rhabditis* foi o mais abundante em todas as áreas avaliadas.

Quanto ao grupo trófico PR, apenas o gênero *Mononchus* foi encontrado. O sistema eucalipto apresentou a maior abundância relativa desse gênero (3,9%), seguido dos sistemas Campo Rupestre (2,7%), Mata Atlântica (2,5%) e Cerrado (0,9%). Não foram encontradas formas predadoras na área de Cavas e Pilhas (Tabela 3.3).

Já para os nematoides micófagos, a maior abundância foi observada na área de Cavas e Pilhas (3,8%), seguida da área de eucalipto (1,9%), Cerrado (1,8%), Campo Rupestre (1,5%) e Mata Atlântica (0,3%) (Tabela 3.3). O grupo trófico FF foi representado apenas pelo gênero *Aphelenchoides*.

Distúrbios

Em geral os números de nematoides em cada valor C-P em todos os sistemas avaliados foram baixos, exceto para os parasitas de plantas C-P3. Contudo, houve clara redução nos maiores valores C-P (4 e 5) no sistema de Cavas e Pilhas (Tabela 3.4).

Tabela 3.4. Percentagem de nematoides colonizadores-persistentes (C-P), associados às áreas amostradas do “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio).

	Mata Atlântica	Cerrado	Campo Rupestre	Eucalipto	Cavas e Pilhas
CP 1, % VL	29.1	41.4	38.9	42.8	29.8
CP 2, % VL	1.5	8.3	4.9	15.1	42.1
CP 3, % VL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CP 4, % VL	45.8	35.7	41.8	35.5	28.1
CP 5, % VL	23.5	14.6	14.4	6.6	0.0
PP 2, % PP	6.7	5.7	14.6	7.9	4.9
PP 3, % PP	92.7	92.7	85.4	87.7	95.1
PP 4, % PP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PP 5, % PP	0.6	1.6	0.0	4.5	0.0

VL= vida livre; PP= parasitas de plantas

Em relação ao índice de maturidade, o qual leva em conta a estratégia de vida dos nematoides, baseados nos valores C-P, este variou entre 1,90 a 3,23, sendo possível observar uma separação significativa entre os sistemas naturais e os antropizados (Tabela 3.2). Mata Atlântica representou um ambiente menos perturbado e os dados possibilitaram observar um

gradiente decrescente de distúrbio para Campo Rupestre, Cerrado, Eucalipto e por fim, Cavas e pilhas, a área de maior intervenção antrópica.

Diagnóstico da cadeia alimentar do solo

Nos valores dos índices que diagnosticam a cadeia trófica do solo, o EI foi maior no sistema nativo Mata Atlântica, seguido do sistema nativo Campo Rupestre, da área de reflorestamento com Eucalipto, do sistema nativo Cerrado e por fim do sistema de Cavas e Pilhas. Contudo, não foram observadas diferenças significativas entre as áreas quanto ao EI (Tabela 3.5). O SI apresentou-se maior nos sistemas nativos (Mata Atlântica, Cerrado e Campo Rupestre) deles se diferenciando apenas o sistema de Cavas e Pilhas, o qual apresentou o menor valor deste índice, seguido do sistema de reflorestamento com eucalipto. O CI foi maior no sistema de Cavas e Pilhas, e menor no sistema nativo Cerrado, contudo não apresentando diferenças estatísticas entre as áreas quanto a este índice.

Tabela 3.5. Índices de Ferris *et al.* (2001) nas diferentes áreas do “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio).

	Mata Atlântica	Cerrado	Campo Rupestre	Eucalipto	Cavas e Pilhas
EI	90,83a	68,23a	86,91a	84,95a	37,5a
SI	96,05a	89,26a	88,46a	69,83ab	14,28b
CI	11,25a	7,53a	18,88a	17,63a	25a

(*): Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem a nível de 5% pelo teste de Tukey. SI=Índice de estrutura; EI= Índice de enriquecimento; CI= Índice de canal de decomposição da matéria orgânica.

Para os índices EI e SI foi gerado um gráfico com os respectivos valores médios. As comunidades de nematoides dos diferentes sistemas avaliados foram distribuídas nos quadrantes B e D (Figura 3.14). Os sistemas foram distribuídos nos quadrantes da seguinte maneira: Quadrante B: os sistemas nativos (Mata Atlântica, Cerrado e Campo Rupestre) juntamente com o sistema de reflorestamento com eucalipto apresentaram a cadeia alimentar com distúrbio baixo a moderado, enriquecido e estruturado, canal de decomposição balanceado, relação C/N baixa e com cadeia alimentar em condições de maturação; Quadrante D: o sistema de Cavas e Pilhas apresentou-se com distúrbio acentuado, enriquecimento esgotado, canal de decomposição com prevalência de fungos, relação C/N alta e cadeia alimentar degradada. □

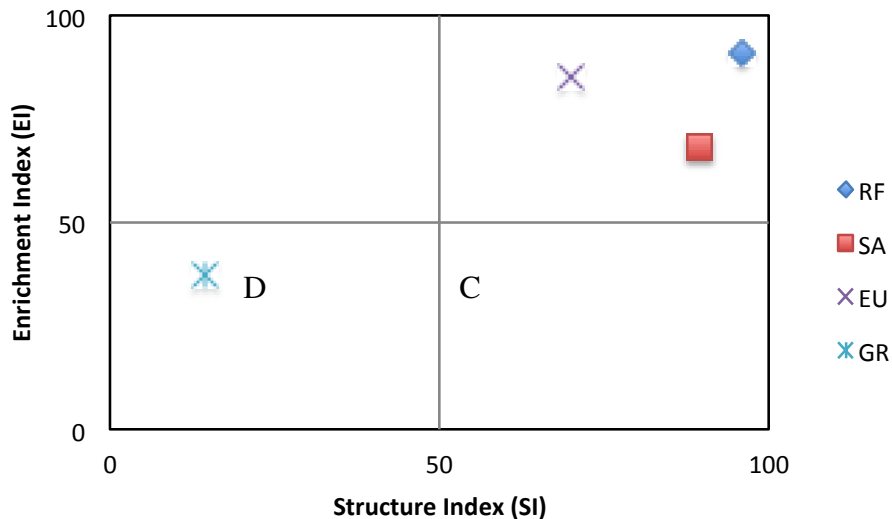


Figura 3.7. Distribuição dos cinco sistemas avaliados no “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio), nos quatro quadrantes delimitados pelos índices de enriquecimento (EI) e de estrutura (SI) segundo Ferris *et al.* (2001).

Relação entre a nematofauna e variáveis ambientais

A relação entre a nematofauna e os atributos físicos e químicos do solo foi avaliada pela análise de componentes principais ACP (Figuras 3.7 A e B). As variáveis ambientais (% areia, % silte, % argila, Ca e P) não foram incluídas na análise da ACP, pois apresentaram elevada colinearidade. Assim, utilizando os dados referentes à abundância (N), diversidade (H'), os grupos tróficos (PP, FF, BF, PR e OM) juntamente aos componentes químicos (Mg, Mn, pH, Fe, K, Al, Zn, Cu, B e S) foi possível por esta análise, a construção de 2 eixos principais, que juntos explicaram 55,43% de toda a variação dos dados.

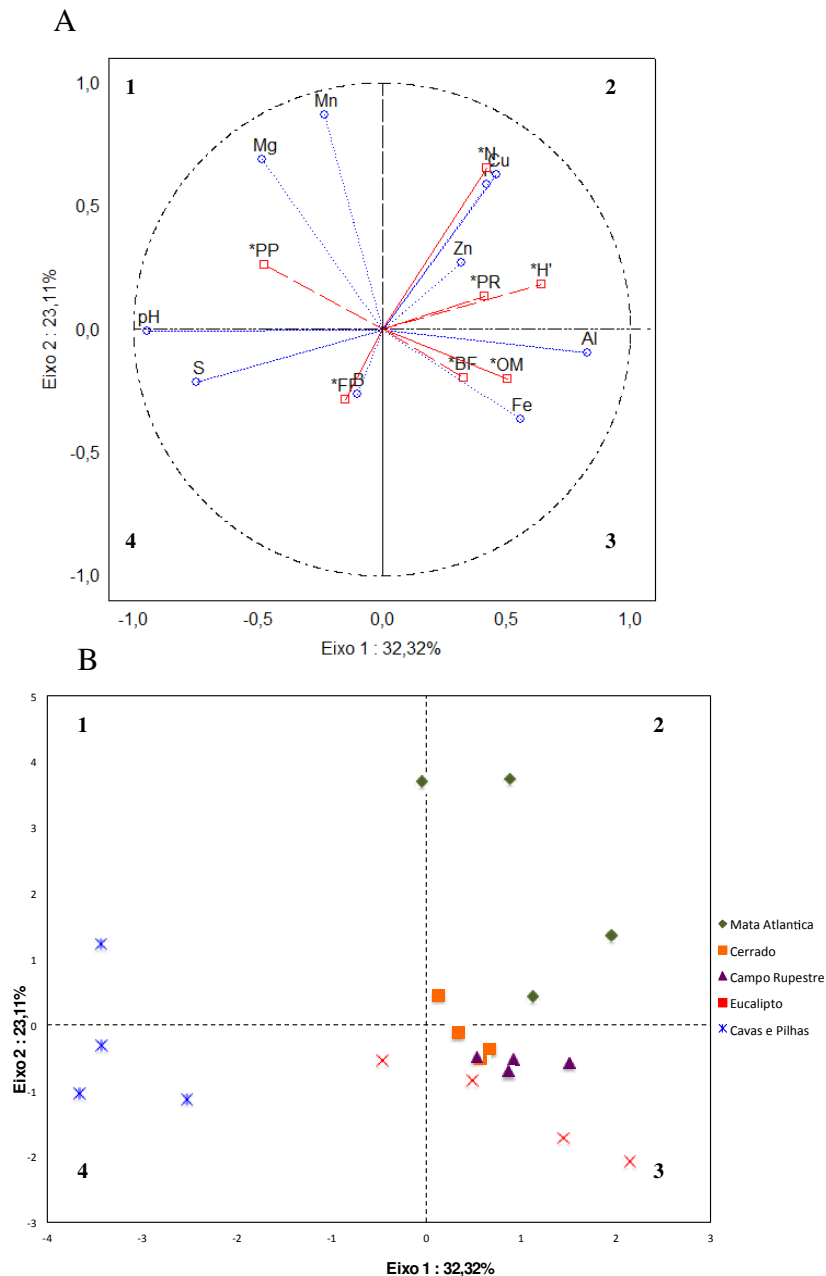


Figura 3.15. Diagrama de ordenação baseado na análise de componentes principais (ACP). **A)** Análise dos dados para abundância (N), diversidade (H') e grupos tróficos (PP, OM, BF, FF e PR) da nematofauna em relação aos atributos químicos do solo. **B)** Ordenação para as áreas avaliadas (ambientes impactados e não impactados) do CeBio. O eigenvalue do eixo horizontal é de 3,23, e explica 32,32% da variação dos dados e do eixo vertical é 2,31, e explica 23,11% da variação.

Pelos quadrantes 1 e 4 (Figura 3.7 A), pode-se observar que as variáveis Mg, Mn, pH, B e S foram as principais responsáveis pelas variações ocorridas nos grupos trófico PP e FF no sistema Cavas e pilhas (Figura 3.15 B). No quadrante 2, os atributos Cu e Zn foram os principais responsáveis pelas variações ocorridas na abundância, diversidade e no grupo trófico PR no sistema Mata Atlântica. No quadrante 3, observou-se que os atributos Fe e Al

foram os principais responsáveis pelas variações ocorridas nos grupos tróficos OM e PR nos sistemas Cerrado, Campo Rupestre e eucalipto.

A ordenação dos pontos representativos das áreas no eixo 1 (Figura 3.15B), ilustrou um gradiente relacionado ao solo sem vegetação arbórea (cavas e pilhas) para as áreas arborizadas. O eixo 2 ilustrou um gradiente espacial relacionado a área submetida aos processo de reabilitação ambiental (cavas e pilhas e eucalipto) para as diferentes fitofisionomias (Campo Rupestre, Cerrado e Mata Atlântica), ou seja, um gradiente do ambiente mais impactado para o menos impactado.

As variáveis que apresentaram maior correlação com o eixo 1 foram: pH ($r=-0,94$), Al ($r=0,82$), S ($r=-0,74$) e Fe ($r=-0,55$) enquanto que as que tiveram maior correlação com o eixo 2 foram: Mn ($r=0,87$), Mg ($r=0,69$), Cu ($r=0,62$) e K ($r=0,58$). Juntas, estas variáveis foram as principais responsáveis pela separação das áreas nos diferentes quadrantes da ACP.

DISCUSSÃO

O estudo da biodiversidade em solos submetidos às atividades antrópicas é uma área promissora para as pesquisas ecológicas (Ferris & Bongers, 2009). É sabido que a estrutura das comunidades de nematoides no solo está intimamente relacionada com os seus habitats (Lazarova *et al.*, 2004). Sendo assim, nematoides podem responder rapidamente a qualquer alteração ambiental, decorrente do efeito direto da atividade humana e/ou indireto através de mudanças nos atributos do solo (Fiscus & Neher, 2002). Este estudo foi pioneiro a utilizar nematoides como indicadores de qualidade do solo em áreas de mineração no Brasil, e como resultados, foi possível observar que o tipo de manejo do solo, o tipo de vegetação, assim como as variáveis ambientais tiveram forte influência sobre a composição da nematofauna do “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio).

Em relação aos grupos tróficos, Freckman & Caswel (1985) relataram que em geral os agroecossistemas são dominados por PP e BF. Cares & Huang (1991); Gomes *et al.*, (2003); Mattos *et al.* (2006); Mondino *et al.* (2006), também reportaram resultados coincidentes para climas temperados e tropicais, tanto para áreas antropizadas como para as não antropizadas. Neste estudo, nos sistemas naturais (Mata Atlântica, Cerrado e Campo Rupestre), o grupo trófico PP também foi dominante, entretanto seguidos de OM e não de BF, como relatado pelos autores anteriores. Contudo, na área de reflorestamento com eucalipto, BF constituiu-se no segundo grupo dominante e na área de Cavas e pilhas, a segunda posição foi ocupada por FF, sendo que ambas as áreas foram dominadas pelo grupo trófico PP.

Segundo Goulart (2007), com base em trabalhos publicados anteriormente, em relação ao estudo da diversidade da nematofauna, o entendimento de sucessão, baseada nos diferentes grupos tróficos, se faz muito importante para estudos como este. Seguindo este raciocínio, a seguinte premissa proposta por Niles & Freckman (1998), pode justificar os resultados encontrados no presente estudo: OM e PR, como das ordens Dorylaimida e Mononchida, estão associados a ambientes estáveis, apresentando um maior número de espécies e abundância em comunidades maduras e neste estudo, as maiores abundâncias dos gêneros *Mononchus* (Mononchida) e dois dos três da Dorylamida identificados foi justamente nos ambientes não impactados (Mata Atlântica, Cerrado e Campo Rupestre). No entanto, muitos estresses ambientais resultam em dominância das populações de PP, como de fato ocorreu para o sistema Cavas e Pilhas, o qual foi considerado como o mais impactado.

Por outro lado, BF, como representantes da família Rhabditidae, predominam em fases iniciais da decomposição da matéria orgânica, onde resíduos com baixas relações C/N foram incorporados ao solo. Com o tempo, espécies de Rhabditidae são substituídas por espécies de Cephalobidae, as quais são mais tolerantes à falta de água e persistem em fases posteriores da sucessão, frequentemente constituindo a família mais abundante de bacteriófagos em uma comunidade madura, fato evidenciado nos sistemas nativos (Mata Atlântica, Cerrado e Campo Rupestre), juntamente com o sistema de reflorestamento com eucalipto, que segundo os quadrantes formados pelos índices EI e SI (Ferris *et al.*, 2001), apresentaram a cadeia alimentar em condições de maturação, com relação C/N baixa.

Contudo, nematoides micófitos, como os da superfamília Aphelenchoidea e família Tylenchidae, tornam-se mais proeminentes quando substratos de decomposição mais lenta, como lignina e celulose, as quais possuem altas relações C/N, acumulam-se no habitat (Niles & Freckman, 1998), características impostas pelo sistema de Cavas e Pilhas, que segundo o quadrante formado pelos índices EI e SI apresentou enriquecimento esgotado, canal de decomposição com prevalência de fungos, relação C/N alta e cadeia alimentar degradada. Além disso, apesar do índice do canal de decomposição da matéria orgânica (CI) não ter diferido estatisticamente, o sistema de Cavas e Pilhas apresentou o maior valor, indicando que a via de decomposição da matéria orgânica era principalmente obtida por fungos.

As práticas antrópicas, em geral, causam alterações nos atributos do solo, e conseqüentemente tem-se a instabilidade dos habitats, inibindo o estabelecimento e a permanência de alguns nematoides. Yeates (1991) destacou alguns aspectos do impacto sobre a nematofauna do solo decorrentes de mudanças históricas do uso da terra, com a retirada da vegetação original e substituição por outros tipos de manejo acarretam a diminuição na

abundância ou eliminação de espécies nativas da nematofauna, assim como a ocupação dos habitats modificados por espécies parasitas de plantas nativas. De fato, alguns táxons foram exclusivos das áreas nativas (*Scutellonema* e *Criconemoides*), outros desapareceram na extinta área de extração de ferro (*Mononchus* e *Aporcelaimus*). Da mesma forma, os valores totais de abundância de nematoides foram maiores nos sistemas naturais quando comparado a extinta área de extração de ferro (Cavas e Pilhas).

Foram encontradas em grande abundância táxons parasitas de plantas nas fitofisionomias naturais, dentre eles *M. javanica*, considerado de grande importância econômica para o país. Inomoto (1995) em estudos da biodiversidade de remanescentes da Mata Atlântica em Piracicaba, relatou que *Meloidogyne javanica* foi encontrada tanto nos fragmentos florestais como nas áreas ocupadas com eucalipto e outras plantas perenes, podendo ser constituinte da fauna original que se adaptou às plantas cultivadas ou foi introduzida em áreas cultivadas e posteriormente transportado para os remanescentes da Mata Atlântica. Lima *et al.* (2005) no estado do Rio de Janeiro, realizaram um estudo sobre a ocorrência de nematoides do gênero *Meloidogyne* em seis fragmentos da Mata Atlântica. A espécie mais comum foi *M. javanica* (12 amostras), seguida de *M. exigua* Goeldi, 1892 (seis amostras), *M. incognita* (Kofoid e White, 1919) Chitwood, 1949 (duas amostras), *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 (uma amostra) e *M. enterolobii* Rammah e Hirschmann, 1988 (uma amostra). No Cerrado brasileiro espécies deste gênero também já foram constatadas na vegetação nativa (Cares, 1990; Cares & Huang, 1991; Souza *et al.*, 1994; Silva *et al.*, 2012). Tais resultados são indícios de que essas espécies de nematoides das galhas, atualmente causadoras de perdas a várias culturas de relevância no Brasil, são constituintes originais dos solos em biomas brasileiros.

Estudos de comunidades de nematoides em áreas de vegetação nativa podem contribuir para uma melhor compreensão sobre a ocorrência e ecologia de nematoides parasitas de plantas em áreas alteradas, como também sobre sua provável importância em relação à vegetação nativa, uma vez que dentro do ecossistema preservado, julga-se que os nematoides parasitas de planta estão em equilíbrio populacional, devido à grande diversidade de espécies vegetais (Schmitt & Norton, 1972). Estabelecendo-se o agroecossistema, algumas espécies se adaptam e outras são eliminadas, devido à ausência das plantas hospedeiras (Cares & Huang, 1991).

Na área de Cavas e Pilhas, a adaptação de espécies parasitas juntamente com a maior proporção encontrada em relação aos outros grupos tróficos, pode estar relacionado ao tipo de cobertura vegetal deste sistema. A cobertura graminosa apresenta uma grande biomassa de

raízes e pode ter favorecido a adaptação e multiplicação das formas parasitas de plantas (Ferris, 1993), sendo neste caso, *Meloidogyne*, *Pratylenchus* e *Helicotylenchus*. Por outro lado, houve significativa redução na abundância total e do número de nematoides de todos os valores C-P nesta área. Dentre outros aspectos abordados neste trabalho, a visível exposição do solo nesta área às intempéries ambientais, poderia haver contribuído para esta redução.

Alguns índices ecológicos da nematofauna utilizados neste trabalho, para mensuração de impactos sobre a nematofauna do solo, a saber, abundância total, número de gêneros, riqueza de gêneros e índice de maturidade, foram confirmados como bons discriminadores entre os sistemas avaliados, ou seja, estes foram capazes de diferenciar estatisticamente os sistemas. De acordo com dados obtidos em outros estudos da nematofauna na mensuração de impactos ambientais (Bongers & Ferris, 1999; Smit *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2007; Navas *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2010; Martín *et al.*, 2014), o índice de maturidade, juntamente com os índices de diversidade de Shannon e Simpson tem mostrado destacada eficiência. Neste trabalho, os índices de diversidade de Shannon e Simpson não apresentaram suficiente poder discriminatório para as diferentes áreas avaliadas. Por outro lado, o índice de maturidade diferenciou a área de Mata Atlântica, indicando menor perturbação, em relação à área de Cavas e Pilhas, a qual se caracterizou como sistema submetido a um maior distúrbio. Entre estes extremos observados pelo índice de maturidade, foi possível notar um gradiente crescente de distúrbio com menor nível de impacto nas áreas de vegetação nativa (Mata Atlântica, Cerrado e Campo Rupestre) para maior nível de impacto em áreas antropizadas (Eucalipto e Cavas e Pilhas).

Segundo Freckman & Ettema (1993) e Nombela *et al.* (1999), a abundância de nematoides também pode ser um bom índice de mensuração da qualidade do solo e pode ser útil na avaliação da recuperação de áreas degradadas. A abundância da nematofauna, baseada em grupos c-p pode refletir a estruturação das comunidades de nematoides após perturbação ambiental (Hánel, 2003). Além disso, alguns nematoides, independentemente dos grupos tróficos, podem apresentar alta sensibilidade em solos submetidos a um determinado tipo de distúrbio, tornando-se indetectáveis após certo período do distúrbio (Neher, 2001; Goulart *et al.*, 2003; Mattos *et al.*, 2006). Neste estudo, *Mononchus* e *Aporcelaimus*, ambos com alto valor c-p, podem ter sido extintos com os distúrbios ocorridos na extinta área de mineração. Segundo Bongers (1990), nematoides com valores mais elevados na escala c-p, ou seja, os mais persistentes, indicam a estabilidade do sistema, enquanto estes são ausentes em áreas submetidas a algum tipo de perturbação ambiental (Zhang *et al.*, 2006; Navas *et al.*, 2010; Steel *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2011; Martín *et al.*, 2014).

Em todas as áreas estudadas, a reduzida riqueza taxonômica foi provável consequência da época de coleta, a qual se deu no período crítico de seca, em setembro, mês com a possibilidade de existência de períodos biologicamente secos na região (Jordy-Filho, 2010). Tal condição adversa deve ter afetado a todos os tipos de nematoides, principalmente os de vida livre, muitos deles dependentes, para sobrevivência e multiplicação, da proliferação de microrganismos envolvidos em processos que são influenciados pela umidade do solo, como a decomposição de matéria orgânica (Neher, 2001).

O padrão de distribuição espacial da nematofauna no solo também está fortemente relacionado às variáveis físicas e químicas encontradas no mesmo (Popovici & Ciobanu, 2000). Neste trabalho o pH foi a variável que mais se correlacionou com os eixos obtidos pela análise dos componentes principais (ACP), correlacionando positivamente com os grupo FF e PP e, negativamente com BF, OM, abundância total e diversidade de Shannon. O pH, variando de 5,9 a 6,1, também foi o principal atributo responsável pela variação ocorrida na nematofauna no sistema de Cavas e Pilhas. Portanto este pode ser um importante atributo do solo em estudos envolvendo a variabilidade espacial da nematofauna em ecossistemas. Os componentes Al, S, Fe, Mn, Mg, Cu e K também tiveram grande influência na distribuição das áreas nos quadrantes apresentados na ACP. Estudos que relacionem os atributos do solo com variáveis dos agrupamentos de nematoides são praticamente inexistentes no Brasil (Figueira, 2008), contudo, sabe-se da importância destes atributos em estudos envolvendo a nematofauna, isto devido à capacidade destes em afetar as comunidades de nematoides, de maneira positiva ou negativa (Porazinska *et al.*, 1997).

A análise de classificação dos diferentes sistemas com base na similaridade (índice de Bray-Curtis) da nematofauna revelou a formação de dois principais grupos: o grupo (I) que distinguiu nematoides de habitat sob vegetação escassa, restrita à espécie de gramíneas (Cavas e Pilhas), enquanto que o grupo (II) foi ocupada por espécies de habitat de solo sob vegetação mista herbácea, arbustiva e arbórea (Eucalipto, Campo Rupestre, Cerrado e Mata Atlântica). Assim, a área de reflorestamento com eucalipto, um ambiente modificado, apresentou similaridade com os sistemas de vegetação nativa, indicando possível caminho de reabilitação da área a condições próximas às da vegetação nativa.

O fato de o sistema de reflorestamento com eucalipto apresentar similaridade com os sistemas com vegetação nativa está de acordo com Yeates (1999), que afirma que o manejo do solo e seu efeito sobre a estrutura da cobertura vegetal, influencia a estrutura da comunidade da nematofauna. Isso porque mudanças no manejo e cobertura do solo levam a alterações na oferta de recursos energéticos, refletindo diretamente na diversidade e na

estrutura trófica da comunidade de organismos de solo em geral e, conseqüentemente, de nematoides, que destes se alimentam (Ferris & Ferris, 1974; Wasilewska, 1979). Segundo Bongers (1999), de todos os fatores associados com nematofauna, a sua capacidade de se adequar aos recursos alimentares é fator crítico que determina a sua sobrevivência em um local.

Ainda nesse sentido, pelos resultados obtidos pela ACP, a ordenação dos pontos representativos dos sistemas no eixo 1, referentes à abundância, diversidade e grupos tróficos da nematofauna, juntamente com as variáveis químicas, ilustrou um gradiente partindo do solo com vegetação puramente graminosa para as áreas arborizadas. Zhi *et al.* (2008) ao avaliarem a implementação de vegetação para a estabilização das dunas de areia na região do Tengger Desert, na China, observaram também, pela aplicação da ACP, que praticamente todos os táxons de nematoides foram mais abundantes em sítios sob vegetação implantada do que em sítios sob o solo descoberto. Estes resultados evidenciam a grande influência da vegetação sobre a composição da nematofauna, ocasionada pelas conseqüentes mudanças nos fatores bióticos e abióticos do solo (Urzelai *et al.*, 2000), dentre os fatores, pode ocorrer o aumento do teor de matéria orgânica e umidade, além de propiciar temperaturas mais amenas no solo, que são fatores que atuam diretamente na nematofauna e são decorrentes da presença da vegetação.

Além disso, pela ordenação dos pontos representativos dos sistemas estudados no eixo 2 da ACP, também foi possível observar um gradiente espacial relacionado a partir da área submetida aos processo de reabilitação ambiental (cavas e pilhas e eucalipto) para os diferentes sistemas naturais (Campo Rupestre, Cerrado e Mata Atlântica), ou seja, um gradiente do ambiente mais alterado para os não alterados, decorrente da agregação dos atributos químicos em torno da nematofauna, evidenciando a importância de considerar os dados abióticos para melhor entendimento dos fatores que mais estão relacionados com a distribuição espacial da nematofauna em uma determinada área sob monitoramento. Com isso, estes resultados mostraram o potencial da análise multivariada dos componentes principais (ACP) para o monitoramento temporal dos sistemas que compõem o CeBio.

CONCLUSÕES

A fauna nematológica do “Centro de Pesquisas e Conservação da Biodiversidade do Quadrilátero Ferrífero” (CeBio) pertence a diversas famílias, e representou todos os grupos tróficos (parasitas de plantas, predadores, onívoros, bacteriófagos e micófagos), o que é

coerente com a grande diversidade de espécies vegetais do bioma. Além disso, *Meloidogyne javanica*, considerado de grande importância econômica para o país, foi encontrado em grande abundância nas áreas nativas (Mata Atlântica, Campo Rupestre e Cerrado), indicando a possibilidade desta espécie ser constituinte da fauna original do CeBio.

O presente estudo também elucidou a possibilidade, bem como a importância do uso da nematofauna como indicadora de qualidade de ecossistemas, em que os índices de diversidade de Shannon, maturidade, número de gêneros e riqueza de gêneros foram considerados eficientes na avaliação do efeito das atividades antrópicas nas áreas estudadas. A estrutura trófica da nematofauna local também mostrou-se uma importante ferramenta na avaliação da sucessão ecológica dos diferentes sistemas estudados.

A nematofauna também respondeu às mudanças na cobertura vegetal do solo e variações abióticas (atributos químicos), mostrando que solos mais expostos às intempéries como as cavas e pilhas podem influenciar negativamente a composição da nematofauna, assim como alguns atributos químicos como pH podem influenciar a distribuição espacial da nematofauna, determinando assim a estrutura da nematofauna nos sistemas avaliados. O método multivariado de Análise de Componentes Principais (ACP) foi eficiente em integrar dados abióticos e bióticos no entendimento de fatores que influenciam a estrutura da comunidade de nematoides nos sistemas estudados.

Finalmente, foi possível concluir que a antiga área de extração de ferro (Cavas e Pilhas) caracterizou-se como o ambiente mais impactado e os sistemas cobertos com vegetação nativa (Mata Atlântica, Cerrado e Campo Rupestre), como os ambientes menos alterados na área de monitoramento do CeBio. Além disso, a similaridade entre as áreas nativas (Mata Atlântica, Campo Rupestre e Cerrado) e eucalipto evidenciou um possível caminho de reabilitação da área a condições próximas às da vegetação nativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. 1953. Saison sèche et indice xerothermique. Faculté de Sciences de Toulouse. Toulouse. 47p.

BONGERS, T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematodes species composition. *Oecologia* 83:14-19.

BONGERS, T.; BONGERS M. 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* 10: 239-251.

BONGERS, T.; FERRIS, H. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring, *Trends Ecol. Evol.* 14:224–228.

BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. 1957. An ordination of the up-land forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349. □

CARES, J.E.; HUANG, S.P. 2008a. Comunidades de nematoides de solo sob diferentes sistemas na Amazônia e Cerrados brasileiros. In: Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O., Brussaard, L. (Org.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. 1 ed. Lavras, MG: UFLA, p.409-444.

CARES J.E.; HUANG, S.P. 2008b. Soil Nematodes. In: F. M. S. MOREIRA, E.J. HUISING AND D.E. BIGNELL (eds). *Sampling and Characterization of Below-ground Biodiversity*. Earthscan, London, p. 97-106.

CARES, J.H.; HUANG, S.P. 1991. Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of Central Brazil. *Fitopatologia Brasileira* 16 (3):199-209.

CARES, J.H. 1990. Fauna fitonematológica dos cerrados virgem e cultivados. Tese MSc. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A. 2000. Caracterização isoenzimática e variabilidade intraespecífica dos nematoides de galhas do cafeeiro no Brasil. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Anais, Poços de Caldas, MG, 1:280-282.

DAVIS, B.J. 1964. Disc electrophoreses. II. Method and application to human serum proteins. *Annals of the New York Academy of Sciences* 121:404-427.

EISENBACK, J.D. 1985. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp). In: SASSER, J.N.; CARTER, C.C. (Eds). *An advanced treatise on Meloidogyne. Biology and Control*. Raleigh, NC, USA, North Carolina State University Graphics, 1:95-112.

ELLIOT, C.A. 1990. Diversity indices. In: *Principles of managing forests for biological diversity*. Prentice Hall, EnglewoodCliffs, 370p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A Computer Statistical Analysis System. 2011. *Ciência E Agrotecnologia (Ufla)* 35 (6):1039-1042.

FERRIS, H. 1993. New frontiers in nematode ecology. *Journal of Nematology*25:374-82.

FERRIS, H.; BONGERS T. Indices Developed Specifically for Analysis of Nematode Assemblages. 2009. In: WILSON, M.; KAKOULI-DUARTE, T. *Nematodes as Environmental Indicators*. CAB International, Cambridge, Massachusetts, USA, pp. 124-145.

FERRIS, V.R.; FERRIS, J.M. 1974. Interrelationships between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. *Agro-Ecosystems* 1(4):275-299.

FERRIS, H.; BOGERS T.; GOEDE, R.G.M. 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* 18:13-29.

FIGUEIRA, A.F. 2008. Nematoides como indicadores de qualidade do solo em agroecossistemas no Cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul. 78f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica – RJ.

FISCUS D.A.; NEHER D.A. 2002. Distinguishing sensitivity of free-living soil nematode genera to physical and chemical disturbances. *Ecol. Appl.* 12:565-75.

FRECKMAN D.W. 1988. Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. *Agricult. Ecosyst. Environ.* 24:195-217.

FRECKMAN, D.W.; ETTEMA, C.H. 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 45:239-261.

FRECKMAN, D.W.; CASWELL, E.P. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology* 23: 275-296.

GLANZ, J.T. 1995. *Saving Our Soil: Solutions for sustaining Earth's vital resource*. Johnson Books, Boulder, CO. 182pp.

GOMES, G.S.; HUANG, S.P.; CARES, J.E. 2003. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. *Fitopatologia Brasileira* 28 (3):258-266.

GOTELLI N.J. 2001. Research frontiers in null model analysis. *Global Ecol. Biogeogr.* 10:337-43.

GOULART, A.M.C. 2007. *Análise de dados em estudos de diversidade de nematoides*. Brasília, Embrapa Cerrados.

GOUDIE, A. 1990. *The human impact on the natural environment*. Oxford, Blackwell.

GOULART, A.M.C.; MONTEIRO, A.R.; FERRAZ, L.C.B. 2003. Comunidade de nematoides em cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. *Nematologia Brasileira* 27(2): 129-137.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M. S. 2006. *Geomorfologia Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 189p.

HÁNEL, L. 2003. Recovery of soil nematode populations from cropping stress by natural secondary succession to meadowland. *Applied Soil Ecology* 22:255-270.

HUISING, J.; COE, R.; CARES, J.E.; LOUZADA, J.; ZANETTI, R.; MOREIRA, F. M. S.; SUSILO, F.; KONATE, S.; VAN NOORDWIJK; M.; HUANG, S. P. 2008. Sampling strategy and design to evaluate below-ground biodiversity. In: MOREIRA, F.M.S.; HUISING E. J.; BIGNELL D. E. (eds) *Sampling and Characterization of Below-ground Biodiversity*. Earthscan, London. 1:17-41.

INOMOTO, M.M. 1995. Estudo taxonômico de nematóides fitoparasitos coletados no “Campus” Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 95 f. Tese (Doutorado em Entomologia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

JENKINS, W.R.A. 1964. Rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 4:462.

JORDY-FILHO, S. 2010. Plano de gestão das áreas verdes existentes na mina de córrego do meio, de propriedade vale e localizada no município de Sabará (MG). Cia Vale do Rio Doce. Belo Horizonte, MG. 57 p.

KNIERIM, G. S. 2002. Projeto técnico de reconstituição da flora. Mina de Córrego do Meio – Sabará – MG. Cia Vale do Rio Doce. Belo Horizonte, MG. 22 .

KOEPPEN, W. 1996. Sistema Geográfico dos Climas. Notas e Comunicado de Geografia – Série B: Textos Didáticos nº13. Ed. Universitária – UFPE, Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Recife-PE. 31 p.

LAZAROVA, S.S.; GOEDE, R.G.M.; PENEVA, V.K.; BONGERS, T. 2004. Spatial patterns of variation in the composition and structure of nematode communities in relation to different microhabitats: a case study of *Quercus dalechampii* Ten, Forest. *Soil Biol. Biochem.* 36:701-712.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. 1998. Numerical Ecology. 2nd English edition. Elsevier Science, Amsterdam.

LEK S.; GUEGAN J.F. 1999. Artificial neural networks as a tool in ecological modelling, an introduction. Ecol. Model. 120:65-73.

LIMA, I.M.; SOUZA, R.M.; SILVA, C.P.; CARNEIRO, R.M. D.G. 2005. *Meloidogyne* spp. from preserved areas of Atlantic Forest in state of Rio de Janeiro, Brazil. Nematologia Brasileira 29:31-38.

MAGURRAN, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. London: Croom Helm, 179 p.

MARTÍN J.A.R.; GUTIÉRREZ, C.; ESCUER, M.; GARCÍA-GONZÁLEZ, M.T.; CAMPOS-HERRERA, R.; ÁGUILA, N. 2014. Effect of mine tailing on the spatial variability of soil nematodes from lead pollution in La Union (Spain). Science of the Total Environment 473-474: 518-529.

MATTOS, J.K.A.; HUANG, S.P.; PIMENTEL, C.M.M. 2006. Grupos tróficos da comunidade de nematóides do solo em oito sistemas de uso da terra nos Cerrados do Brasil Central. Nematologia Brasileira 30 (3):267-273.

MONDINO, E.A.; CHAVES, E.J.; CLAUSEN, A.M. 2006. Distribution of nematodes in potato fields soil in Andean Valleys of Argentina. Revista Facultad de Agronomía UBA 26 (2):141-148.

NAVAS, A.; FLORES-ROMERO, P.; SÁNCHEZ-MORENO S.; CAMARGO J.A.; MCGAWLEY E.C. 2010. Effects of heavy metal soil pollution on nematode communities after the Aznalcollar mining spill. Nematropica 40: 13-29.

NEHER, D.A. 2001. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. Journal of Nematology 33 (4):161-168.

NILES, R.K.; FRECKMAN, D.W. 1998. From the ground up: nematode ecology in bioassessment and ecosystem health. In: BARKER, K., PEDERSON, G.; WINDHAM, G. (Ed.). Plant and nematode interactions. Madison: American Society of Agronomy, p. 65-85.

NOMBELA, G.; NAVAS, A; BELLO,A. 1999. Nematodes as bioindicators of dry pasture recovery after temporary rye cultivation. *Soil Biology and Biochemistry* 31:535-541.

ORNSTEIN, L. 1964. Disc electrophoreses. I. Background and Theory. *Annals of the New York Academy of Sciences* 121:321-349.

PARK, B.Y.; LEE, J.K.; RO H.M.; KIM, Y.H. 2011. Effects of heavy metal contamination from an abandoned mine on nematode community structure as an indicator of soil ecosystem health. *Applied Soil Ecology* 51:17-24.

PEN-MOURATOV, S.; SHUKUROV, N.; STEINBERGER, Y. 2010. Soil free-living nematodes as indicators of both industrial pollution and livestock activity in Central Asia *Ecological Indicators* 10:955-967.

PIELOU, E. C. 1977. *Mathematical ecology*. Wiley, New York, USA.

POPOVICI, I.; CIOBANU, M. 2000. Diversity and distribution of nematode communities in grasslands from Romania in relation to vegetation and soil characteristics. *Applied Soil Ecology* 14: 27-36.

PORAZINSKA, D.L.; MCSORLEY, R.; DUNCAN, L.W.; GRAHAM, J.H.; WHEATON, T.A.; ROHNER, C.; WARD, D. 1997. Chemical and mechanical defense against herbivory in two sympatric species of desert *Acacia*. *Journal of Vegetable Science* 8:717-726.

SAMOILOFF, M.R. 1987. Nematodes as indicator of toxic environmental contaminants. In: VEECH, J.A.; DICKSON, D.W. (eds.). *Vistas on Nematology*. Raleigh: Society of Nematologists, p.433-439.

SCHMITT, D.P.; NORTON, D.C. 1972. Relationships of plant-parasitic nematodes to sites in native Iowa prairies. *Journal of Nematology* 4 (3):200-206.

SEINHORST, J.W. 1959. A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica* 8:29-32.

SILVA, J. G. P. 2012. Ocorrência de *Meloidogyne* spp. em diferentes fitofisionomias do Cerrado e hospedabilidade de plantas nativas a *Meloidogyne javanica*. 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia), Universidade de Brasília, Brasília-DF.

SMIT, C.E.; SCHOUTEN, A.J.; VAN DEN BRINK, P.J.; VAN ESBROEK, M.L.P.; POSTHUMA, L. 2002. Effects of zinc contamination on a natural nematode community in outdoor soil mesocosms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 42, 205-216.

SOUZA, R.M.; DOLINSKI, C.M.; HUANG, S.P. 1994. Survey of *Meloidogyne* spp. in native cerrado of Distrito Federal, Brazil. *Fitopatologia Brasileira* 19:463-465.

STATSOFT, Statistica 7,0 for Windows, Computer Program Manual. 2007. Tulsa: StatSoft, Inc.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS Software. Version 9.1. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999.

STEEL, H.; DE LA PEN, E.; FONDERIE, P.; WILLEKENS, K.; BORGONIE, G.; BERT, W. 2010. Nematode succession during composting and the potential of the nematode community as an indicator of compost maturity. *Pedobiologia* 53:181-190.

THORNTHWAITE, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review* 38. 55-93.

URZELAI, A.; HERNÁNDEZ, A.J.; PASTOR, J. 2000. Biotic indices based on soil nematode communities for assessing soil quality in terrestrial ecosystems. *Sci. Total Environ.* 247: 253-261.

WASILEWSKA L. 1979. The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses. *Pol. Ecol. Stud.*5:97-145.

WASILEWSKA, L. 1994. The effects of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. *Pedobiologia* 38:111.

WASILEWSKA, L. 1995. Differences in development of soil nematode communities in single-species and multi-species grass experimental treatments. *Applied Soil Ecology*2:53-64.

WU, H.C.; CHEN P.C.; TSAY, T.T. 2010. Assessment of nematode community structure as a bioindicator in river monitoring. *Environmental Pollution* 158:1741-1747.

YEATES, G. W. 1991. Impact of historical changes in land use on the soil fauna. *New Zealand Journal of Ecology* 15:99-106.

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

YEATES, G.W.; BIRD, A.F. 1994. Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode faunae of some South Australian soils. *Fundamental and Applied Nematology*17:133-145.

YEATES, G. W. 1994. Modification and quantification of the nematode maturity index. *Pedobiologia*, 38:97-101.

YEATES, G.W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIEVA, S. S. 1993. Feeding habits in nematodes families – an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*. 25:315-331.

ZHANG X.K.; LI Q.; WANG S.B.; JIANG Y.; LIANG W. 2006. Effect of zinc addition to soil on nematode community structure. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 76:589-94.

ZHANG, W.D.; WANG, X.F.; LI, Q.; JIANG, Y.; LIANG, W.J. 2007. Soil nematode responses to heavy metal stress. *Helminthologia* 44: 87-91.

ZHI, D.; LI, H.; NAN, W. 2008. Nematode communities in the artificially vegetated belt with or without irrigation in the Tengger Desert, China. *European Journal of Soil Biology*, 44:238-246.

Capítulo IV

**Taxonomia integrativa de nematoides da família Telotylenchidae
sensu Siddiqi, 2000**

TAXONOMIA INTEGRATIVA DE NEMATOIDES DA FAMÍLIA TELOTYLENCHIDAE SENSU SIDDIQI, 2000

RESUMO

A integração de caracteres morfológicos com dados moleculares, principalmente sequências dos genes do DNA ribossômico (rDNA), têm provocado profundas mudanças na interpretação da filogenia dos nematoides. Os objetivos desta pesquisa foram proceder o estudo morfológico e morfométrico de populações de *Tylenchorhynchus* spp. e gêneros afins da Telotylenchidae; proceder a análise filogenética da família Telotylenchidae, com base em sequências de rDNA do gene 28S, obtidas neste trabalho, mais aquelas disponíveis no Genbank; integrar os dados obtidos por critérios morfológicos e morfométricos com os dados obtidos pela filogenia baseada em caracteres moleculares. O estudo estabeleceu a importância do uso da identificação taxonômica integrativa na caracterização taxonômica de nematoides, revelando uma tendência parafilética da família Telotylenchidae, separando as subfamílias Merliniinae de Telotylenchinae, sugerindo uma revisão da atual classificação desta família, proposta por Siddiqi (2000). Os resultados também mostraram uma tendência monofilética do gênero *Tylenchorhynchus*. Algumas posições taxonômicas necessitam ser reavaliadas, como por exemplo, sugere-se a inclusão do gênero *Bitylenchus* para incorporar algumas espécies inseridas dentro de *Tylenchorhynchus*. Alguns caracteres que são importantes na definição taxonômica a nível específico e genérico (sobreposição da glândula esofágica, número de linhas laterais, número de gônadas, características da cauda e região cefálica) foram testados na filogenia molecular, trazendo questionamentos quanto à validade de tais caracteres na diferenciação taxonômica de alguns integrantes da subfamília Telotylenchinae. Como exemplo, dentre outros, sugere-se a fusão do gênero *Telotylenchus* com *Tylenchorhynchus*, que atualmente são morfologicamente diferenciados pela sobreposição da glândula esofágica e estruturas do gubernáculo. A descoberta de vários novos registros de espécies da família Telotylenchidae presentes no Brasil, Estados Unidos e México sugerem que a diversidade desses nematoides ainda não está totalmente esclarecida, e requer um estudo mais aprofundado.

Palavras-chave: *Tylenchorhynchus*, filogenia, expansão D2–D3, Máxima Verossimilhança.

ABSTRACT

The taxonomic position of these nematodes within the Telotylenchidae is still controversial because the taxonomy of this group is usually based in most cases on morphological and morphometric data. The integration of morphological characters with molecular data, especially sequences of ribosomal DNA genes (rDNA), has caused profound changes in the interpretation of the phylogeny of nematodes. The objectives of this research were to proceed morphological and morphometric studies of populations of Telotylenchidae; carry out phylogenetic analysis of the family Telotylenchidae, based on the 28S rDNA gene sequences obtained in this study, added to those available in the GenBank; to tie morphologic and morphometric information obtained by the data based on molecular phylogeny characters. The results reinforce the importance of using integrative taxonomic identification in taxonomic characterization of nematodes, revealing a paraphyletic trend within Telotylenchidae, separating the subfamilies Merliniinae and Telotylenchinae, suggesting changes in the the erlier family classification proposed by Siddiqi (2000). Results also showed a paraphily trend in *Tylenchorhynchus*, however, some taxonomic positions need to be reevaluated, for example, suggests inclusion of *Bitylenchus* to incorporate some speciesnow inserted into *Tylenchorhynchus*. Some characters important for taxonomic definition to specific and generic levels (overlapping of esophageal gland, number of lateral lines, number of gonads, features of tail and cephalic region) were tested in molecular phylogeny, bringing questions about the validity of such characters in taxonomic differentiation of some members of the Telotylenchinae, for example, fusion of *Telotylenchus*with *Tylenchorhynchus*, which currently are morphologically differentiated by esophageal gland overlapping and gubernaculum structures.The discovery of several new species of Telotylenchidae in Brazil, United States and Mexico suggest that the diversity of these nematodes is not yet fully understood and requires further studies.

Keywords: *Tylenchorhynchus*, phylogeny, D2-D3 expansion, Maximum Likelihood.

INTRODUÇÃO

O gênero *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 e afins fazem parte do grupo de nematoides conhecidos como nematoide do enfezamento, “stunt nematodes”, pertencentes à família Telotylenchidae *sensu* Siddiqi, 2000. Este grupo é composto por gêneros cosmopolitas,

amplamente distribuídos principalmente na América do Norte, Europa e Norte da Ásia, causando danos em várias culturas, como arroz, milho, batata, feijão, tabaco e trigo (Golden *et al.*, 1987; Shurtleff & Averre, 2005; Handoo *et al.*, 2007; Ramzan *et al.*, 2008).

A posição taxonômica de *Tylenchorhynchus* e outros gêneros dentro da família Telotylenchidae ainda é controversa. As tentativas de classificação do grupo em diferentes gêneros são baseadas em vários critérios morfológicos, onde os principais estão relacionados à sobreposição da glândula esofageana, ao número de linhas no campo lateral, aos órgãos reprodutores do macho e às características do término da cauda das fêmeas (Jairajpuri & Hunt, 1984; Gómez-Barcina *et al.*, 1992; Carta *et al.*, 2010). A sobreposição de caracteres morfológicos impõe dificuldades à classificação. Estas dificuldades aumentam quando o gênero agrupa muitas espécies (Handoo *et al.*, 2014), como é o caso de *Tylenchorhynchus*, o qual segundo Geraert (2011) agrupa 133 espécies. Assim, devido ao grande número de espécies descritas para os gêneros que compõem a família Telotylenchidae marcou sua história taxonômica por frequentes alterações no sistema de classificação, decorrente da tamanha similaridade morfológica existente entre os táxons que a compõem (Allen, 1955; Tarjan, 1973; Golden *et al.*, 1987; Powers *et al.*, 1983; Siddiqi, 1986; Luc, *et al.*, 1987; Siddiqi, 2000; Geraert, 2008; Geraert, 2011).

No geral, a taxonomia de nematoides tem sido fortemente baseada em características morfológicas, principalmente através do uso de microscopia de luz (ML) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) (De Ley, 2000; De Ley *et al.*, 2005). Usando ML, a morfologia interna desses organismos pode ser observada e medida para obtenção de dados qualitativos e quantitativos. Por outro lado, a MEV é de grande utilidade no exame das características externas, tais como padrões de cutícula, características labiais e estruturas muito pequenas, tais como os órgãos sensoriais (por exemplo, anfídios deirídios e fasmídios).

Contudo, nas últimas duas décadas, as abordagens moleculares vem se tornando mais familiares aos nematologistas (Blaxter *et al.*, 1998; De Ley & Blaxter 2004; Holterman *et al.*, 2006, Subbotin *et al.*, 2006, Bert *et al.*, 2008, Van Megen *et al.*, 2009). Como resultado, novas descrições de espécies de nematoides estão cada vez com maior suporte pela evidência molecular (Palomares-Rius *et al.*, 2009; Ragsdale *et al.*, 2011). Por conseguinte, estas informações não só serviram para caracterizar molecularmente as espécies de nematoides, mas também ajudaram a explorar melhor a sua filogenia. As tendências de abordagem molecular em sistemática tem forte impacto nos bancos de dados moleculares, aumentando o número de sequências de DNA de espécies de nematoides (De Ley & Blaxter, 2004).

A integração de estudos morfológicos testando as hipóteses moleculares ainda é pouco explorada (Bert *et al.* 2008, Subbotin *et al.*, 2008, Ragsdale & Baldwin 2010), principalmente quando estes estudos estão relacionados aos nematoides de menor importância agrícola (Handoo *et al.*, 2014). Contudo, acredita-se que a incorporação destes caracteres em estudos de filogenia pode contribuir para uma validação taxonômica mais robusta do grupo (Carta *et al.*, 2010; Handoo *et al.*, 2014). Dados moleculares com sequências do gene nuclear que codifica para o rRNA da subunidade maior do ribossomo do DNA ribossomal (LSU rDNA ou 28S), são constantemente utilizados para análise filogenética de nematoides e demonstraram ser um marcador útil para a caracterização das espécies da Telotylenchidae e reconstrução das suas relações filogenéticas (Subbotin *et al.*, 2006; Carta *et al.*, 2010). Essa região é altamente conservada intraespecificamente, mas variável entre diferentes espécies, o que possibilita a distinção a nível específico. Além disso, trata-se da região com maior deposição de sequências no banco de dados Genbank (Carta *et al.*, 2010).

Diante do exposto, se faz necessária uma abordagem filogenética mais robusta dos nematoides em geral, com base em características morfológicas e moleculares, para assim esclarecer suas relações filogenéticas e, em especial dentro de alguns grupos pouco estudados. Desta forma, os objetivos desta pesquisa foram proceder o estudo morfológico e morfométrico de populações de *Tylenchorhynchus* spp. e gêneros afins da Telotylenchidae; proceder a análise filogenética da família Telotylenchidae, com base em sequências de rDNA do gene 28S, obtidas neste trabalho, mais aquelas disponíveis no Genbank, assim como relacionar os dados obtidos pelos dados morfológicos e morfométricos com os dados obtidos pela filogenia baseada em caracteres moleculares, com intuito de contribuir com uma taxonomia mais robusta deste grupo.

MATERIAL E MÉTODOS

Origem das populações de nematoides em estudo

O estudo foi conduzido no Laboratório de Nematologia, do Departamento de Nematologia da Universidade da Califórnia Riverside (UCR). Os estudos morfológicos e morfométricos foram completados em 38 populações de nematoides, sendo 23 populações de *Tylenchorhynchus*, seis de *Quinisulcius*, três de *Geocenamus/Nagelus*, três de *Geocenamus/Merlinius*, duas de *Paratrophurus*, uma de *Trophurus*, coletadas em várias partes do mundo (Tabelas 4.1 e 4.2).

Tabela 4.1. Populações de nematoides da subfamília Telotylenchinae e respectivos locais de origem

LOCAL DE ORIGEM	FAMÍLIA	ESPÉCIES
ESTADOS UNIDOS		
Yellow Stone National Park, USA (YSBY-02)	Telotylenchidae	<i>Bitylenchus/Tylenchorhynchus dubius</i> (sp1)
Yellow Stone National Park, USA (YSBY-02)	Telotylenchidae	<i>Bitylenchus/Tylenchorhynchus maximus</i> (sp2)
Yellow Stone National Park, USA (YSBY-13)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus idahoensis</i> (sp3)
Salt Lake City, UTAH (SLC)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus idahoensis</i> (sp4)
Woods Hole #3A, USA (WH)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus annulatus</i> (sp5)
Carpinteria-CA, USA (CARP)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus clarus</i> (sp6)
Owen's Rive, roots (OWR)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus aduncus</i> (sp7)
Green House (UCR)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus</i> (sp8 nova espécie)
Coachela Valley-CA, USA (COVAL)	Telotylenchidae	<i>Bitylenchus/Tylenchorhynchus</i> (sp9 nova espécie)
Santa Rosa Plateau-CA, USA (SRPR)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus cylindricus</i> (sp10)
Anza Borrego Desert (ABD)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus cylindricus</i> (sp11)
Granite Mt. #6, Crosote tree (GRAMT)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus cylindricus</i> (sp12)
Joshua Tree #1-CA (MJD)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus cylindricus</i> (sp13)
Box Springs-02, CA (BOXCA02)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus clarus</i> (sp14)
Switch grass, Nebraska (SWTGRA), Nine-Mile Prairie	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus nudus</i> (sp15)
Lead plant, Nebraska (LOADPLT), Nine-Mile Prairie	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus maximus</i> (sp16)
Granite Mountain_05-CA, USA (GRAMT05)	Telotylenchidae	<i>Quinisulcius pucini</i> (sp17)
Deep Canyon_DP04-CA, USA (DP04)	Telotylenchidae	<i>Quinisulcius pucini</i> (sp18)
MEXICO		
Guasave, MX-Guamuchil (GUAGM)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus annulatus</i> (sp19)
Ensenada, MX-CDP #03 (ENSCP)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus cylindricus</i> (sp20)
Ensenada, MX Sand Dunas (ENSSD)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus cylindricus</i> (sp21)
Guasave, MX (GUA)	Telotylenchidae	<i>Paratrophurus costarrisensis</i> (sp22)
Guasave, MX-Jatrofa (GUAJAT)	Telotylenchidae	<i>Quinisulcius</i> (sp23 nova espécie)
Guasave, MX, Maceta Maiz (GUAMAIZ)	Telotylenchidae	<i>Quinisulcius acutoides</i> (sp24)
Guasave, MX, Maceta (GUAMA)	Telotylenchidae	<i>Quinisulcius acutoides</i> (sp25)
Sinaloa, MX (SNGUA)	Telotylenchidae	<i>Quinisulcius acutoides</i> (sp26)
ARGENTINA		
Argentina Desert (ARG)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus cylindricus</i> (sp27)
VIETNAM		
Vietnam CP #05 (VIETCP05)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus microcephalus</i> (sp28)
BRASIL		
Caatinga, Brazil (CATBRA)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus</i> (sp29 nova espécie)
Amazon 8d (AMZ-Pop 04)	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus queirozi</i> (sp30)
Viçosa_Brazil (VICBRA)	Telotylenchidae	<i>Trophurususuriensis</i> (sp31)
Amazon 8d (AMZ-Pop03)	Telotylenchidae	<i>Paratrophurus</i> (nova espécie sp32)

Tabela 4.2. Populações de nematoides da subfamília Merliniinae e respectivos locais de origem.

LOCAL DE ORIGEM	FAMÍLIA	ESPECIES
ESTADOS UNIDOS		
Carpinteria-CA, USA (CARP)	Telotylenchidae	<i>Geocenamus/Merlinius brevidens</i> (sp33)
Bolsa Chica, USA, PHC-3 (BCH03)	Telotylenchidae	<i>Geocenamus/Merlinius stegus</i> (sp34)
Coachela Valley, USA (COVAL)	Telotylenchidae	<i>Geocenamus/Merlinius</i> (sp35)
Yellow Stone National Park, USA (YSBY08)	Telotylenchidae	<i>Geocenamus/Nagelus falcatus</i> (sp36)
Yellow Stone National Park, USA (YSBY11)	Telotylenchidae	<i>Geocenamus/Nagelus falcatus</i> (sp37)
Granite Mt.- Crosote #5 (GRAMT05)	Telotylenchidae	<i>Nagelus falcatus</i> (sp38)

Processamento de amostras nematológicas para estudos de microscopia óptica de luz e microscopia eletrônica de varredura

Os nematoides foram extraídos do solo por meio da técnica de flutuação-sedimentação-peneiramento (Flegg & Hooper, 1970) combinado ao de flotação centrífuga (Jenkins, 1964). A suspensão de nematoides recuperada na peneira de 400 mesh foi centrifugada em gradiente de sacarose (456 g/l), ou incubada por 48 horas em Funil de Baermann (Viglierchio & Schmitt, 1983). Os nematoides foram mortos em banho-maria a 55 °C por um minuto, fixados em formaldeído (3-5%), infiltrados com glicerina (Seinhorst, 1959). Um número considerável de indivíduos, variando geralmente de 10 a 15, incluindo fêmeas e machos (se presente), foram selecionados para a confecção de montagens permanentes e meio de glicerina desidratada entre lâminas e lamínulas para os estudos de microscopia ótica (Cares & Huang, 2008).

As lâminas permanentes foram examinadas sob um microscópio composto (Nikon Eclipse E600) com contraste de interferência diferencial DIC (10x, 20x, 40x e 100x) para a caracterização morfológica. Foram tiradas micrografias de cada espécime utilizando software Openlab® (versão 5.0) e uma câmara digital (RT-Cor Spot®, Diagnostic Instruments ou MicroPublisher 5.0, QImaging) acoplada ao microscópio óptico composto. As fotografias foram salvas como arquivos TIFF e estas foram submetidas à análise morfométrica utilizando o software ImageJ64.

Para os estudos de microscopia eletrônica de varredura seguiram-se os procedimentos descritos por Eisenback (1985). Espécimes (machos e fêmeas) foram fixados em formaldeído e posteriormente submetidos à fixação em glutaldeído. Os espécimes foram lavados por várias vezes em tampão fosfato 0,1 M e manualmente colhidos e transferidos para uma cápsula com tela de malha ultrafina, a qual foi imersa em solução de tetróxido de ósmio por 24 horas. Os espécimes pós-fixados foram lavados por diversas vezes em tampão frio de fosfato 0,1 M, durante 15 minutos. Os nematoides pós-fixados foram desidratadas em uma

série de etanol variando de 20%-100% (absoluto). Os espécimes desidratados foram secos em um secador ao ponto crítico (Tousimis Autosamdri-810®) e posteriormente montados em várias posições sobre fita de dupla face colante, fixada a cilindros de alumínio. Os nematoides foram cobertos com uma camada de 25 nm de ouro-paládio (Cressington 108 Auto®) antes da observação para fotografia ao microscópio eletrônico de varredura (XL 30-FEG Phillips 35® Scanning Electron Microscope operating at 10 kV). Foram analisadas no MEV características morfológicas externas importantes como: (1) padrões labiais e cutícula, (2) órgãos sensoriais como anfídeo, deirídeo e fasmídeo, (3) o número de linhas no campo lateral, as características reprodutivas, como a abertura vulva (feminino) espículo e bursa (masculino).

As identificações, baseadas em caracteres morfométricos e morfológicos foram feitas com auxílio de literatura especializada (Siddiqi, 2000; Geraert, 2008; 2011, entre outras).

Métodos moleculares: Extração de DNA, PCR e Sequenciamento

Antes da extração de DNA, procedeu-se um registro morfológico de cada espécime de nematoide através de uma câmera digital (RT-Cor Spot®, Diagnostic Instruments ou MicroPublisher 5.0, QImaging), acoplada a um microscópio óptico (NIKON Eclipse E600). Foram captadas imagens digitais das regiões do corpo consideradas importantes para a identificação morfológica dos espécimes (por exemplo, região cefálica, esôfago, campo lateral, cauda, etc.) com objetivas de diferentes aumentos (10x a 100x) usando o programa Open Lab version 5.0.2 (Improvision, Inc.). Posteriormente à tomada de fotos, cada espécime foi transferido para uma lâmina esterilizada contendo 15 µl de Worm Lysis Buffer (50 mM KCl, 10 mM Tris-Cl pH 8.3, 2,5 mM MgCl₂, 0,45% NP40 e 0,45% Tween 20, Williams *et al.*, 1992) e 2 µl de proteinase K (10 mg ml⁻¹ estoque). Subsequentemente e de forma individual, os nematoides foram cortados em três pedaços com uma navalha de bisturi esterilizada e então transferidos para um tubo de PCR (200 µl) com o auxílio de uma pipeta automática. Todo o processo de extração de DNA foi realizado com a ajuda de um esteremicroscópio. As amostras foram então incubadas por uma 1h a 65 °C para digerir as proteínas, em seguida foram incubadas por 10 min. a 95°C para inativação da enzima. Finalmente, os tubos foram centrifugados por 3 min. a uma velocidade de 13000 rpm.

O gene 28S do DNA ribossômico, especificamente para a região D2D3, foi amplificados via PCR, utilizando os “primers” D2A (5'-ACAAGTACCGTGAGGGAAAGTTG-3') e D3B (3'-TCGGAAGGAACCAGCTACTA-5') (De Ley *et al.*, 2005). Cada reação de PCR foi preparada para um total de 25 µl e consistiu de uma unidade de taq polimerase (Illustra Pure Taq Ready-To-Go PCR Beads, Health Care), 5

μl de DNA, 0,2 μl de cada “primer” (25 μM) e 19,6 μl de água destilada e deionizada. O sucesso das amplificações foi verificado em gel de agarose 1% colorido com brometo de etídio (0,5 lg ml⁻¹). Os produtos de PCR foram purificados para sequenciamento utilizando EXOSAP-IT (USB Affymetrix, Inc.) de acordo as instruções do fabricante. Finalmente, as regiões utilizadas foram sequenciadas em ambas as direções (“forward and reverse”) com os mesmos “primers” utilizados na PCR e com Big Dye Deoxy Terminator, seguindo as instruções do fabricante.

Todo o processo de sequenciamento foi realizado no Centro de Genômica da Universidade da Califórnia Riverside-UCR com um sequenciador automático ABI 3100 (Applied Biosystems Inc., Foster City, CA, USA).

Análise Molecular

Antes do procedimento das análises filogenéticas, a qualidade das sequências de DNA foi avaliada e as sequências editadas quando necessário, utilizando o programa CodonCode alinhador 3.0. Com o objetivo de avaliar as relações filogenéticas dentro das família Telotylenchidae, sequências de táxons adicionais também foram baixadas a partir do banco de dados GenBank. Táxons representando um grupo externo para análises filogenéticas foram escolhidos com base nos resultados de estudos filogenéticos anteriores (Holterman *et al.*, 2006; Subbotin *et al.*, 2006; Palomares-Rius *et al.*, 2009; Van Megen *et al.*, 2009; Bert *et al.*, 2010), bem como sobre a disponibilidade das sequências no GenBank.

As sequências de diferentes genes avaliados no estudo foram alinhadas usando o servidor on-line mafft (<http://mafft.cbrc.jp/alignment/server/>) e a estratégia de alinhamento usada foi a G-INS-i, contudo, outras diferentes estratégias também foram testadas (E-INS-I, Q-INS-i e L-INS-i).

As relações filogenéticas entre as sequências de diferentes conjuntos de dados foram estimadas com máxima verossimilhança (ML). Para a análise ML, um método ML rápido, RAxML- HPC Box Black (Randomized Accelerated máxima verossimilhança) foi usado pelo servidor CIPRES (<http://www.phylo.org/>). As topologias das árvores geradas foram testadas quanto à incongruência (isto é, teste de ILD, Farris *et al.*, 1994) pelo software PAUP * 4.0b10 (Swofford, 1998). Finalmente, diferentes hipóteses de árvores (topologias alternativas) foram comparadas usando o teste Shimodaira-Hasegawa (SH) (Shimodaira & Hasegawa 1999) e a melhor topologia obtida foi utilizada neste estudo.

Combinando caracteres morfológicos e moleculares

Vários caracteres foram avaliados, contudo, os principais utilizados na comparação entre táxons se basearam naqueles propostos por Handoo (2000), os quais incluem características da cauda da fêmea, como presença de anelção, forma da região terminal e tamanho; características do estilete, como tamanho do estilete e forma dos nódulos; e características da região cefálica, como número de anéis cefálicos e região cefálica contínua ou offset. Uma vez que estes caracteres morfológicos foram avaliados, os mesmos foram combinados com os dados obtidos pela filogenia molecular do gene 28S (D2D3).

RESULTADOS

Identificação taxonômica com base em caracteres morfológicos e morfométricos da família Telotylenchidae

Pela taxonomia baseada em caracteres morfológicos e morfométricos, segundo Geraert (2011), foi possível distinguir 6 gêneros e 23 espécies, compondo a família Telotylenchidae nas 38 populações estudadas. As variações morfológicas encontradas entre os diferentes gêneros aqui estudados, a saber, *Tylenchorhynchus*, *Quinisulcius*, *Geocenamus*, *Nagelus*, *Trophurus* e *Paratrophurus* incluem número de linhas laterais e a morfologia da região cefálica (Figuras 4.1 e 4.2).

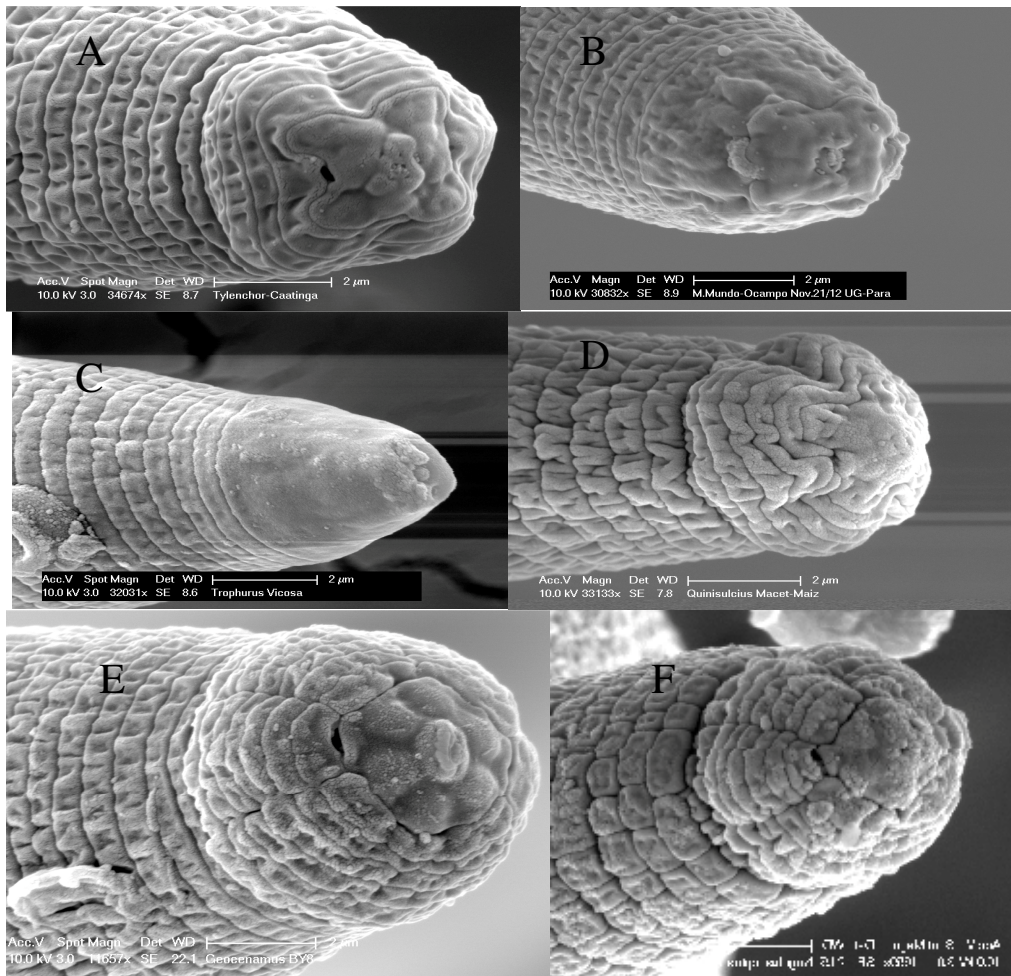


Figura 4.1. Fotomicrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura. Vista frontal de fêmeas (A) *Tylenchorhynchus* sp.; (B) *Paratrophurus* sp.; (C) *Trophurus* sp.; (D) *Quinisulcius* sp.; (E) *Geocenamus* sp.; (F) *Nagelus* sp.;

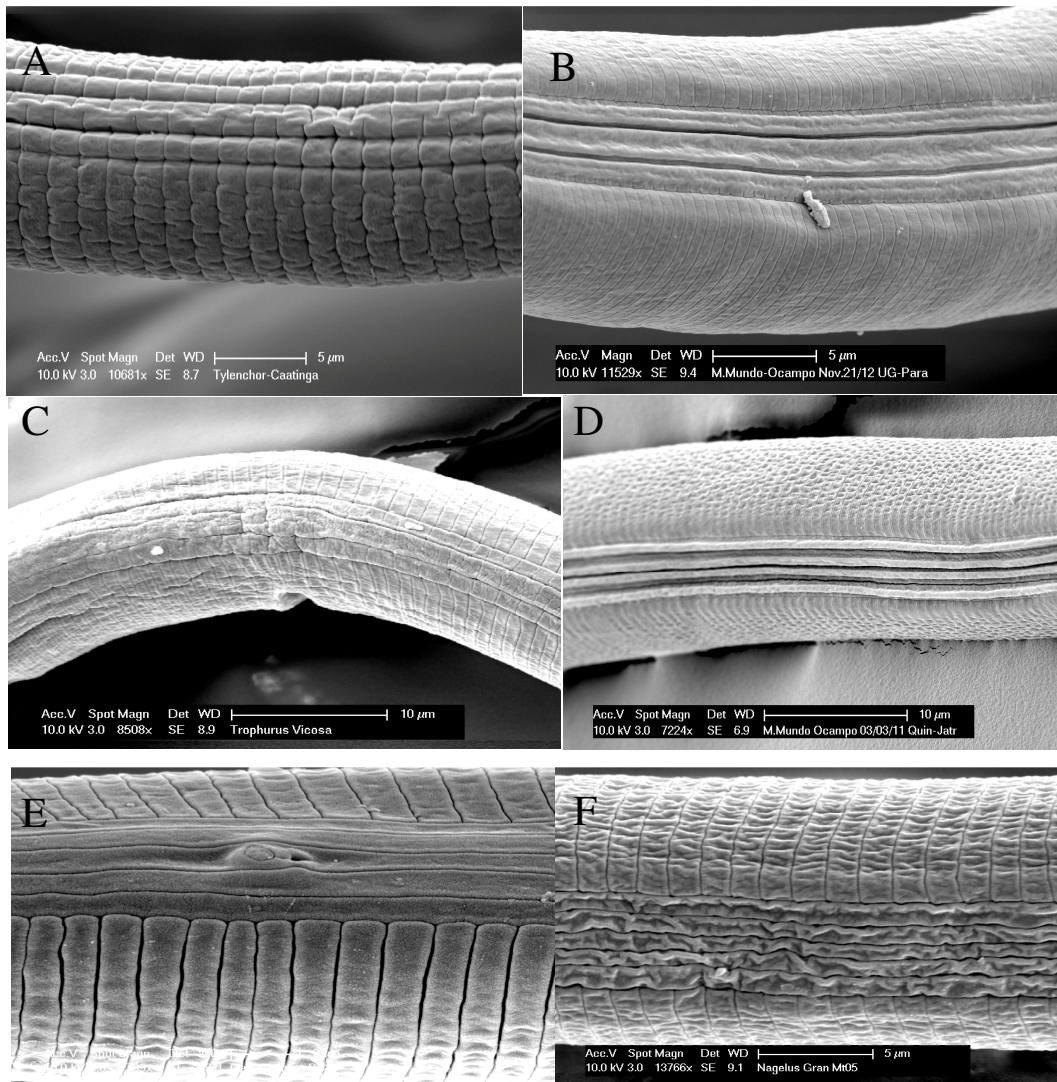


Figura 4.2. Fotomicrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura. Campo lateral de fêmeas da Superfamília Dolichodoroidea sensu Siddiqi, 2000, mostrando (A) 4 linhas – *Tylenchorhynchus* sp.; (B) 4 linhas - *Paratrophurus* sp.; (C) 4 linhas - *Trophurus* sp.; (D) 5 linhas - *Quinisolcius* sp.; (E) 6 linhas - *Geocenamus* sp.; (F) 6 linhas – *Nagelus* sp.

Dentre as espécies identificadas pertencentes a estes 6 gêneros, incluíram *Tylenchorhynchus annulatus*, *T. aduncus*, *T. nudus*, *T. idahoensis*, *T. microcephalus*, *T. cylindricus*, *T. clarus*, *T. dubius*, *T. maximus*, *T. queirozi*, *Quinisolcius acutoides*, *Q. punici*, *Geocenamus stegus*, *G. brevidens*, *Nagelus falcatus*, *N. alpinus*, *Paratrophurus costarrisensis* e *Trophurus ussuriensis*. Três espécies de *Tylenchorhynchus*, uma de *Quinisolcius* e uma de *Paratrophurus* foram consideradas espécies novas para a ciência e estão para ser descritas. Uma breve descrição de cada espécie, juntamente com os dados morfológicos e morfométricos são apresentados na sequência, nas Figuras e Tabelas (4.3 a 4.24).

***Tylenchorhynchus annulatus* (Cassidy, 1930) Golden, 1971**

Tylenchorhynchus annulatus foi encontrado em uma amostra coletada em Guassave – Sinaloa, no México (população 19), e uma em Woods Hole – Massachusetts, nos Estados Unidos (população 5). Morfologicamente, estas populações se caracterizaram por apresentar cauda da fêmea subcilíndrica, com 15 a 23 anéis caudais, com terminação lisa (sem anelacão). Região cefálica levemente “offset” com 3 anéis cefálicos. Os nódulos dos estiletos geralmente apresentaram a forma irregular, achatados e projetados para a extremidade anterior e algumas vezes apresentaram inclinação para a extremidade posterior do corpo (Figura 4.3).

Estas populações foram morfológicamente e morfométricamente semelhantes às características encontradas na descrição de *T. annulatus* (Anderson & Potter, 1991; Geraert, 2011). Algumas pequenas alterações morfométricas destas populações foram obeservadas, ao comparar com a descrição original, incluindo o tamanho da cauda da fêmea (44,84 μm – 63,3 μm vs. 42 μm - 52 μm).

Esta espécie foi primeiramente descrita no Hawaii, por Cassidy (1930) e já foi reportada em todo mundo, exceto na Europa (Anderson & Potter, 1991).

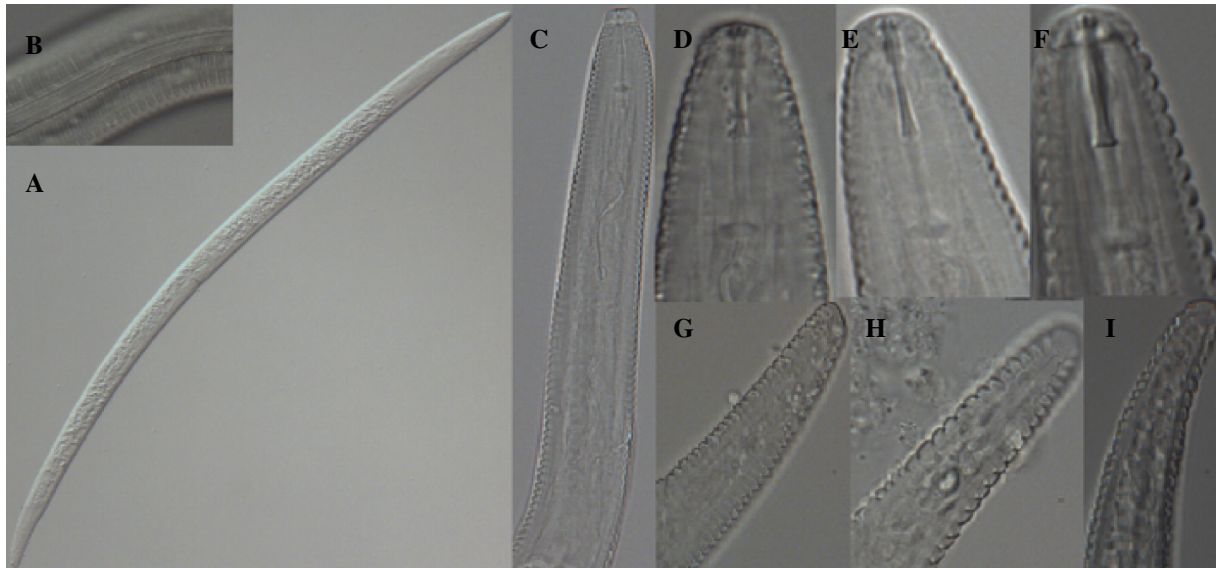


Figura 4.3. *Tylenchorhynchus annulatus*, populações 19 e 5, (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e parte do esôfago, até a porção posterior do esôfago; (D-F) região cefálica de espécimes oriundas de Guassave-Guamuchil (México), Guassave-Cyperus (México) e Woods Hole (EUA) respectivamente, apresentando região cefálica levemente offset, com 3 anéis. Nódulos do estilete apresentando-se irregulares, levemente achatados e inclinados com projeção para a parte anterior do corpo; (G-I) cauda subcilíndrica com término sem anelação, de espécimes oriundos de Guassave-Guamuchil (México), Guassave-Cyperus (México) e Woods Hole (EUA), respectivamente.

Tabela 4.3. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus annulatus*, populações 19 e 5, provenientes do México e Estados Unidos.

	<i>Tylenchorhynchus annulatus</i>			
	Guassave-Guamuchil (México)	Guassave-Cyperus (México)	Woods-Hole (USA)	
	4 Fêmeas	10 Fêmeas	5 Fêmeas	2 Machos
L (µm)	898,4±96,3 (800,2-1020,6)	846,16±61,07 (770,94-954,18)	797,9±53,08 (751,16-866,92)	772,73±3,55(770,22-775,24)
Largura do corpo (µm)	33,7±1,6 (32,3-35,3)	26,73±2,02 (23,41-29,6)	25,46±4,76 (17,26-29,55)	24,79±0,11(24,71-24,86)
Poros excretor - região labial (µm)	136,8±12,2 (126,4-154,2)	127,73±7,08 (117,87-139,74)	122,23±6,24 (111,39-127,24)	121,19±4,65(117,9-124,48)
Vulva-região labial (µm)	485,9±51,7 (439,2-557,5)	458,84±33,79 (413,33-502,08)	451,87±18,99 (436,35-483,06)	-
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	34±2,4 (31,3-36,3)	26,34±2,56 (22,89-29,97)	29,08±1,95 (26,49-31,29)	-
Vulva-ânus (µm)	354±32,4 (309,6-380,7)	333,41±24,54 (302,5-380,51)	298,68±30,79 (267,55-340,54)	-
Comprimento da cauda (µm)	63±3 (60,6-67,5)	61,05±3,8 (54,6-67,75)	44,84±4,2 (39,66-48,84)	56,91±0,83(56,32-57,49)
Largura da cauda (µm)	21±2,8 (17-23,1)	17,73±1,85 (15,11-20,59)	18,21±2,11 (15,39-20,52)	19,46±1,52(18,38-20,53)
Ânus-fasmídeo (µm)	19,4±1,9 (17,4-21,8)	18,04±2,75 (13,93-22,75)	7,23±1,01 (6,23-8,8)	13,71±0,64(13,26-14,16)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	176,3±13,9 (160,8-190)	176,93±8,06 (164,35-194,3)	158,19±5,67 (152,61-165,94)	156,47±4,31(153,42-159,51)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	176,5±9,6 (163,1-184,5)	172,28±7,44 (160,9-188,35)	153,31±5,53 (148,01-160,63)	151,02±6,16(146,66-155,37)
DGO (µm)	2,9±0,2 (2,7-3,1)	2,84±0,53 (2-3,71)	2,55±0,28 (2,1-2,82)	2,79±0,1(2,72-2,86)
Estilete (µm)	22,5±0,6 (22-23,2)	21,66±0,9 (20,45-23,05)	22,01±1,3 (20,47-23,72)	21,21±0,37(20,94-21,47)
Altura da região labial (µm)	3,9±0,6 (3,3-4,8)	4±0,3 (3,5-4,6)	3,78±0,53 (3,38-4,71)	3,59±0,49(3,24-3,94)
Largura da região labial (µm)	8,4±1,3 (7-9,9)	8,69±0,44 (7,99-9,55)	9,2±0,55 (8,32-9,76)	9,26±0,55(8,87-9,65)
Gonada anterior (µm)	233,5±15,5 (221,2-256)	207,73±11,39 (190,79-225,1)	187,68±20,78 (151,82-201,28)	-
Gonada posterior (µm)	226,8±14,7 (215,2-248,2)	197,65±13,82 (180,83-221,48)	187,53±15,19 (161,2-198,01)	-
Testículo (µm)	-	-	-	275,3±58,34(234,05-316,55)
Espículo (µm)	-	-	-	27,63±1,62(26,48-28,77)
Gubernáculo (µm)	-	-	-	16,33±1,97(14,93-17,72)
Número de anéis cefálicos	3±0 (3-3)	3±0 (3-3)	3±0 (3-3)	3±0(3-3)
Número de anéis na cauda	23,5±1,9 (22-26)	21,8±3,46 (18-28)	15,4±0,89 (14-16)	28,5±2,12(27-30)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	4±0(4-4)
a	26,6±2,9 (22,7-29,2)	31,72±2,04 (28,33-34,38)	32,71±9,34 (26,35-48,72)	31,18±0,28(30,98-31,37)
b	5,1±0,3 (4,9-5,5)	4,91±0,34 (4,46-5,51)	5,2±0,19 (4,97-5,4)	5,12±0,23(4,96-5,29)
b'	5,1±0,3 (4,7-5,4)	4,79±0,33 (4,3-5,36)	5,04±0,2 (4,75-5,22)	4,94±0,16(4,83-5,05)
V(%)	60±0 (60-60)	58±1,01 (56-59)	60±0(59-62)	-
T(%)	-	-	-	0,36±0,07(0,3-0,41)
c	14,2±1 (12,9-15,1)	13,88±0,95 (12,63-15,67)	17,86±1,14 (15,94-18,96)	13,58±0,26(13,4-13,76)
c'	2,9±0,4 (2,7-3,6)	3,47±0,28 (2,84-3,78)	2,47±0,13 (2,33-2,62)	2,94±0,27(2,74-3,13)
G1(%)	30±1,20 (20-30)	25±2,01 (22-27)	24±1,02 (20-25)	-
G2(%)	30±1,20 (20-30)	23±2,01 (21-25)	24±1,02 (21-25)	-
Epermateca (presença)	Sim	Sim	Sim	-
Deirídeos (presença)	Não	Não	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/ extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia;c= relação entre o L/comprimento da cauda; c' = relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus aduncus* de Guiran, 1967**

Tylenchorhynchus aduncus foi encontrada em uma amostra coletada na Argentina (população 27) e uma em Owen's River – Califórnia, Estados Unidos (população 7). Morfologicamente, estas duas populações se caracterizaram por apresentar cauda da fêmea cônica, com variação média entre 18 a 21 anéis caudais, com terminação cônica e lisa (sem anelação). Região cefálica “offset” e levemente esclerosada, com 4 anéis cefálicos. Nódulos do estilete projetados para a extremidade anterior do corpo (Figura 4.4). Estas características, juntamente com os dados morfométricos (Tabela 4.4), foram semelhantes às descrições originais de *T. aduncus* (Guiran, 1967). Contudo, algumas diferenças foram observadas ao comparar com a descrição original, as quais incluíram as variações médias no comprimento do corpo (538 μm – 915 μm vs. 680 μm – 750 μm), no tamanho do estilete (13 μm - 23 μm vs. 18 μm – 20 μm) e no tamanho da cauda da fêmea (35 μm – 52 μm vs. 44 μm – 52 μm) (Tabela 4.4).

Esta espécie foi descrita primeiramente na França por Guiran (1987) e já foi registrada em várias partes do mundo (Geraert, 2011).

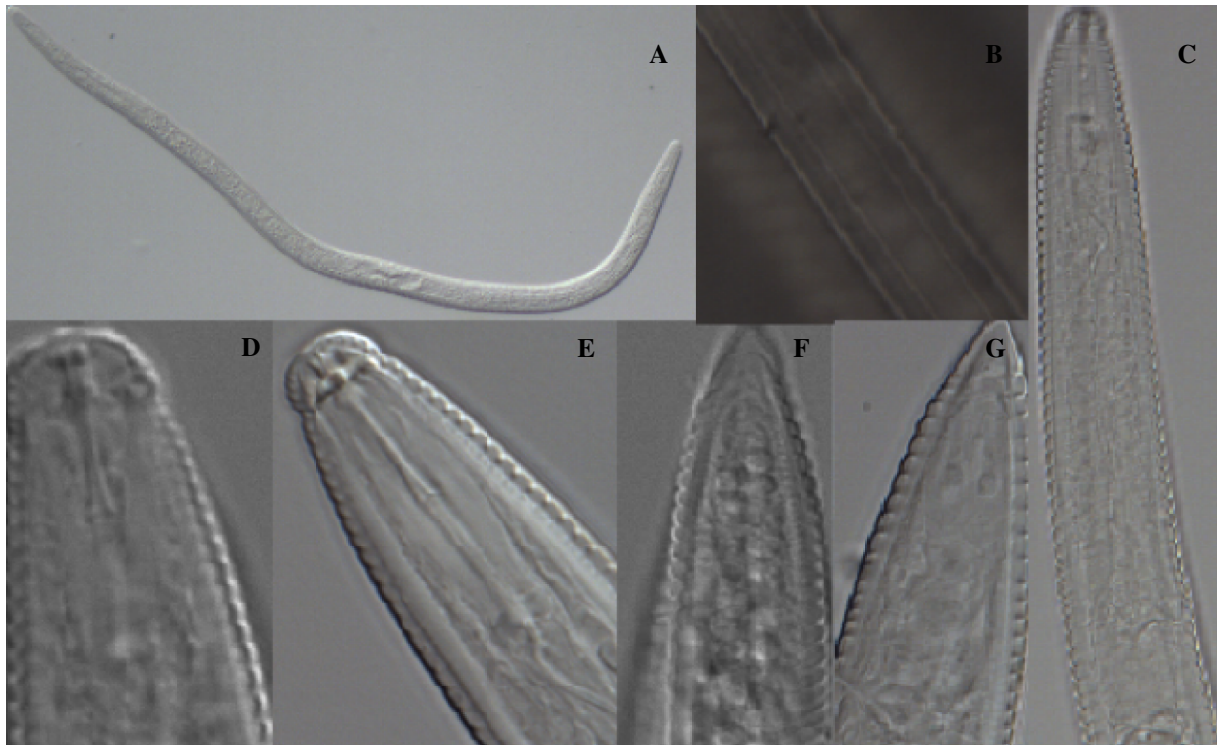


Figura 4.4. *Tylenchorhynchus aduncus*, populações 7 e 27, (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e parte do esôfago, até a porção posterior do esôfago; (D-E) região cefálica de espécimes oriundas da Argentina e Owen's River-Califórnia (EUA) respectivamente, apresentando região cefálica "offset", com 4 anéis. Nódulos do estilete achatados e inclinados com projeção para a parte anterior do corpo; (F-G) cauda cônica, com término sem anelação, de espécimes oriundas da Argentina e Owen's River (EUA), respectivamente.

Tabela 4.4. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus aduncus*, populações 7 e 27, provenientes da Argentina e Estados Unidos.

	<i>Tylenchorhynchus aduncus</i>			
	Argentina Desert (ARG)		Owen's River (USA)	
	3 Fêmeas	3 Machos	7 Fêmeas	5 Machos
L (µm)	582,52±36,54 (551,97-623)	538,99±34,81 (513,63-578,68)	915,8±56,03 (865,15-975,99)	871,93±44,7 (830,27-914,72)
Largura do corpo (µm)	20,12±1,89 (18,22-22)	17,14±1,58 (15,98-18,94)	26,29±1,02 (25,97-27,83)	25,85±3,08 (24,01-30,5)
Poro excretor - região labial (µm)	88,7±8,76 (82,4-98,7)	89,6±8,4 (80-95,6)	144,08±5,04 (129,74-139,11)	137,27±5,59 (128,88-141,19)
Vulva-região labial (µm)	324,63±29,59 (295,02-354,2)	-	504,8±37,36 (472,49-545,54)	-
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	19,62±2,64 (17,01-22,3)	-	27,22±2,03 (25,12-29,03)	-
Vulva-ânus (µm)	211,21±6,09 (205,13-217,3)	-	367,52±22,04 (347,03-390,57)	-
Comprimento da cauda (µm)	35,45±2,16 (32,96-36,83)	45,86±3,6 (42,9-49,86)	52,96±9,35 (46,42-63,69)	59,38±5,05 (52,29-64,17)
Largura da cauda (µm)	14,7±1,66 (13,57-16,6)	11,8±0,85 (11,22-12,77)	20,54±0,2 (20,35-20,69)	19,52±1,7 (17,87-21,6)
Ânus-fasmídeo (µm)	8,34±1,21 (6,95-9,18)	15,81±2,04 (14,61-18,16)	11,04±4,16 (8,27-16,84)	17,68±3,75 (13,54-22,22)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	120,89±6,89 (113,87-127,65)	118,35±4,2 (113,61-121,61)	179,09±7,68 (170,49-184,58)	171,74±5,28 (167,1-177,96)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	113,1±0 (113,1-113,1)	121,75±2,15 (119,61-123,9)	174,67±7,53 (165,69-178,18)	167,12±4,19 (164,19-173,92)
DGO (µm)	2,12±0,4 (1,71-2,5)	2,28±0,34 (1,92-2,6)	2,34±0,28 (2,11-2,6)	2,89±0,34 (2,67-3,4)
Estilete (µm)	14,37±0,86 (13,48-15,2)	13,99±2,27 (12,27-16,57)	22,47±1,03 (21,4-23,56)	23,59±0,47 (23,04-24,14)
Altura da região labial (µm)	4,23±0,01 (4,22-4,24)	3,99±0,39 (3,56-4,31)	4,29±0,26 (3,97-4,32)	3,8±0,45 (3,23-4,72)
Largura da região labial (µm)	7,91±0,67 (7,25-8,59)	6,64±0,35 (6,29-6,98)	9,12±0,93 (8,17-10,48)	8,5±0,45 (8,02-9,36)
Gonada anterior (µm)	141,62±4,45 (137,34-146,22)	-	200,87±11,18 (187,77-212,94)	-
Gonada posterior (µm)	143,67±14,16 (127,54-154,04)	-	191,2±1,19 (190,45-192,24)	-
Testículo (µm)	-	328,11±24,23 (308,4-355,17)	-	461,95±22,52 (439,16-492,5)
EEspículo (µm)	-	21,09±0,81 (20,26-21,87)	-	29,42±0,89 (28,38-30,22)
Gubernáculo (µm)	-	11,99±1,34 (10,53-13,18)	-	17,66±0,63 (16,35-17,23)
Número de anéis cefálicos	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	4,0±0 (4-4)	4±0 (4-4)
Número de anéis na cauda	18,67±1,53 (17-20)	37,67±6,35 (34-45)	21,57±2,08 (14-23)	35,8±4,43 (31-40)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)
a	29,21±4,37 (26,03-34,2)	31,71±4,55 (27,12-36,21)	34,69±2,59 (32,61-37,42)	33,86±2,85 (29,71-36)
b	4,83±0,44 (4,32-5,14)	4,57±0,46 (4,22-5,09)	5,26±0,55 (4,83-5,37)	5,38±0,34 (4,8-5,06)
b'	-	4,54±0,3 (4,23-4,84)	5,12±0,54 (4,7-4,6)	5,09±0,34 (4,67-5,85)
V(%)	55±4,2 (53-56)	-	57±5,2 (56-58)	-
T(%)	-	0,6±4,2 (58-62)	-	55±3,2 (46-55)
c	16,52±2,09 (14,99-18,9)	11,81±1,35 (10,3-12,91)	17,57±1,91 (15,37-18,16)	14,98±0,92 (14,03-16)
c'	2,43±0,22 (2,2-2,65)	3,9±0,44 (3,51-4,37)	2,57±0,48 (2,11-3,12)	2,96±0,07 (2,89-3,33)
G1(%)	24±1,02 (22-25)	-	22±1,02 (16-23)	-
G2(%)	24±1,04 (22-27)	-	20±1,01 (17-22)	-
Epermateca (presença)	Sim	-	Sim	-
Deirídeos (presença)	Não	Não	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c' = relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus nudus* Allen, 1955**

A população proveniente de Nebraska (EUA) (população 15) foi caracterizada por apresentar cauda da fêmea subcilíndrica e terminação arredondada e lisa (sem anelação), com 16 a 21 anéis caudais. A região cefálica não “offset”, ou seja, contínua com o corpo, com presença de 3 anéis cefálicos. Nódulos do estilete fortemente desenvolvidos com a superfície anterior achatada (Figura 4.5). Estas características, juntamente com os dados morfométricos, Tabela (4.5), foram semelhantes às encontradas na descrição de *T. nudus* (Anderson & Potter, 1991; Geraert, 2011).

Esta espécie foi primeiramente descrita no Canadá, por Allen (1955) e está amplamente distribuída nos trópicos e subtropicais (Geraert, 2011).



Figura 4.5. *Tylenchorhynchus nudus*, população 15, Nebraska (EUA), (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) região cefálica apresentando contínua com o corpo, com 3 anéis. Nódulos do estilete achatados na superfície anterior; (D) cauda subcilíndrica, com término arredondado e sem anelação.

Tabela 4.5. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus nudus*, população 15, proveniente de Nebraska, Estados Unidos.

	<i>Tylenchorhynchus nudus</i>	
	Nebraska-Switch Grass (USA)	
	4 Fêmeas	1 macho
L (µm)	837,9±19,3 (813,3-860,6)	867,01
Largura do corpo (µm)	23,9±1,4 (22,59-2)	22,53
Poros excretor - região labial (µm)	111,8±5,6 (105,4-116,1)	128,67
Vulva-região labial (µm)	451,9±15,4 (430,3-463,1)	–
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	22,24±2,2 (19,7-24,8)	–
Vulva-ânus (µm)	343,2±9,6 (330,3-351,6)	–
Comprimento da cauda (µm)	47±3,4 (43,2-50,1)	59,34
Largura da cauda (µm)	16,6±1,7 (14,6-18,9)	17,77
Ânus-fasmídeo (µm)	10,9±1,9 (8,5-12,7)	19
Extremidade anterior - cárdia (µm)	186,4±12,8 (173-202,2)	182,67
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	181,4±12,2 (169,7-196,8)	178,15
DGO (µm)	2,1±1,07 (2,1-2,13)	–
Estilete (µm)	23,8±0,5 (23,1-24,3)	24,39
Altura da região labial (µm)	3,8±0,4 (3,3-4,2)	3,51
Largura da região labial (µm)	7,9±0,3 (7,8-8,4)	7,54
Gonada 1 (µm)	178,7±13,8 (164,6-193,9)	–
Gonada 2 (µm)	174,05±7,2 (166,7-183,1)	–
Testículo (µm)	–	376,34
Espículo (µm)	–	32,8
Gubernáculo (µm)	–	13,77
Número de anéis cefálicos	3±0,82 (2-4)	3
Número de anéis na cauda	18,5±2,08 (16-21)	27
número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4
a	34,9±2 (36-33,1)	38,48
b	4,6±0,24 (4,79-4,3)	4,87
b'	4,5±0,25 (4,7-4,2)	4,75
V(%)	57±0 (57-57)	–
T(%)	–	43
c	17,8±1,14 (18,8-17,1)	14,61
c'	2,8±0,28 (2,9-2,6)	3,34
G1(%)	21±1,01 (20-0,23)	–
G2(%)	21±0,00 (21-21)	–
Epermateca (presença)	Sim	–
Deirídeos (presença)	Não	–

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus idahoensis* Siddiqi, 2008**

As populações provenientes de amostras coletadas em Yellow Stone National Park (população 3) e Salt Lake City (população 4) nos Estados Unidos se caracterizaram por apresentar corpo ventralmente curvado. Região cefálica hemisférica e contínua com o corpo (não “offset”), com 4 anéis cefálicos e esqueleto cefálico levemente esclerosado. Bulbos do estilete robustos com nódulos grandes e arredondados. Forma da cauda hemisferoidal, com 15 a 25 anéis caudais, com terminação lisa e com uma parte hialina com 7 μm de comprimento (Figuras 4.6 A e B). A morfologia e a morfometria destas populações foram idênticas às descritas para *Tylenchorhynchus idahoensis* (Siddiqi, 2008), com pequenas diferenças quanto às variações médias no comprimento do corpo (646 μm - 888 μm vs. 730 μm - 830 μm), comprimento do estilete (16 μm - 19 μm vs. 20 μm - 23 μm) e comprimento da cauda (40 μm - 49 μm vs. 45 μm - 55 μm) (Tabela 4.6).

Esta espécie foi descrita primeiramente em Idaho, nos Estados Unidos.

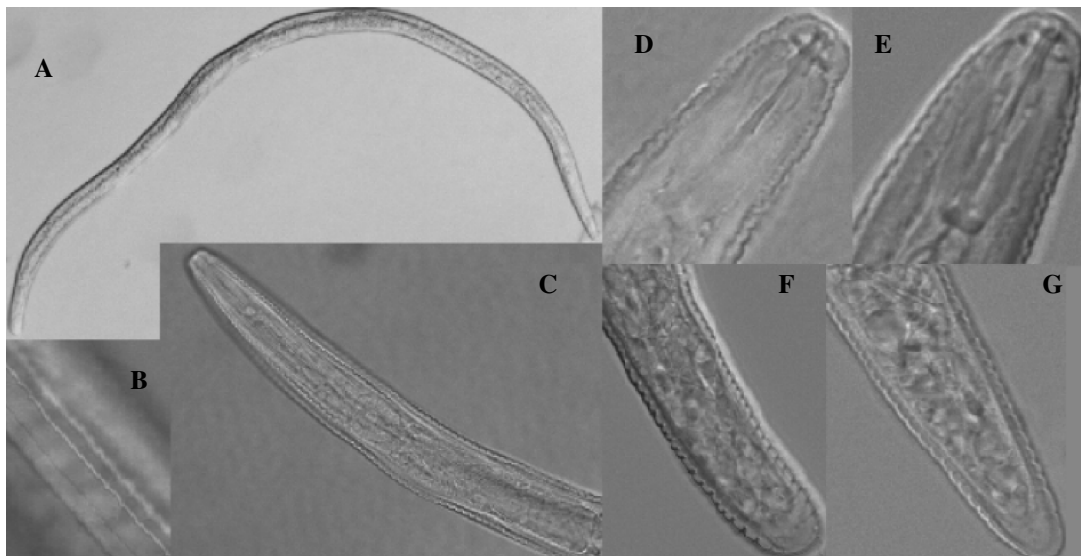


Figura 4.6a. *Tylenchorhynchus idahoensis*, populações 3 e 4, de Yellow Stone National Park e Salt Lake City (EUA), (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e o esôfago; (D-E) espécimes de Yellow Stone National Park e Salt Lake City, respectivamente, apresentando região cefálica contínua com a linha do corpo, estilete com nódulos achatados na superfície anterior; (F-G) espécimes de Yellow Stone National Park e Salt Lake City, respectivamente, apresentando cauda subcilíndrica, com término arredondado com ponta hialina e sem anelação.

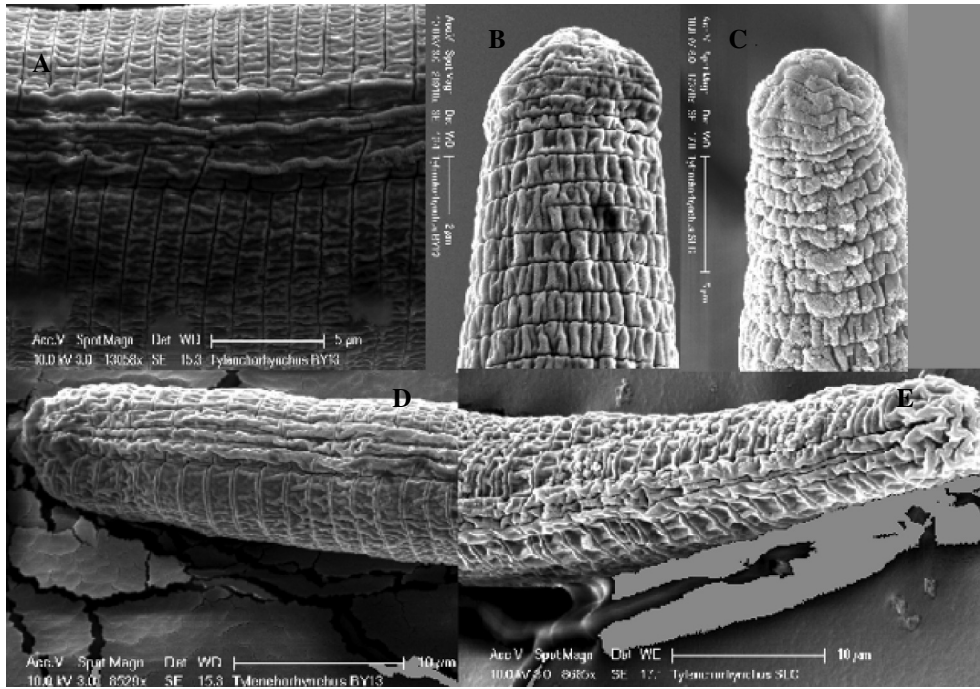


Figura 4.6b. Micrografia ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) de *Tylenchorhynchus idahoensis*, populações 3 e 4, (fêmeas). (A) Campo lateral com 4 incisuras; (B-C) espécimes de Yellow Stone National Park e Salt Lake City, respectivamente, com região cefálica contínua com a linha do corpo com presença de 4 anéis cefálicos; (D-E) espécimes de Yellow Stone National Park e Salt Lake City, respectivamente, apresentando cauda subcilíndrica, com término arredondado.

Tabela 4.6. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus idahoensis*, populações 3 e 4, provenientes de Yellow Stone e Salt Lake City, Estados Unidos.

	<i>Tylenchorhynchus idahoensis</i>	
	Yellow Stone-BY13 (USA)	Salt Lake City-SLC (USA)
	10 Fêmeas	15 Fêmeas
L (µm)	888,8±38,43 (802,35-934,76)	646,13±43,14 (589,62-738,83)
Largura do corpo (µm)	24,14±2,6 (19,13-29,2)	20,85±1,05 (19,62-22,65)
Poros excretor - região labial (µm)	128,72±10,49 (116,69-154,26)	85,29±20,96 (20,85-111,97)
Vulva-região labial (µm)	474,36±32,13 (415,83-519,77)	361,62±19,43 (332,2-396,01)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	24,17±2,78 (20,35-28,91)	19,74±1,31 (18,08-22,9)
Vulva-ânus (µm)	369,42±82,22 (163,19-483,7)	243,2±27,08 (193,53-294,91)
Comprimento da cauda (µm)	49,2±5,88 (40,05-57,25)	40,74±5,08 (34,13-54,15)
Largura da cauda (µm)	16,34±1,65 (13,53-19,04)	13,81±1,43 (11,51-15,73)
Ânus-fasmídeo (µm)	18,29±2,23 (15,79-21,41)	17,56±2,77 (13,93-22,69)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	156,62±4,92 (149,92-165,26)	120,54±9,42 (104,62-144,19)
Extremidade anterior -Esôfago (µm)	150,63±4,94 (141,78-160,29)	116,49±8,98 (103,74-139,78)
DGO (µm)	3,04±1,02 (1,64-5,56)	2,6±0,41 (1,72-3,15)
Estilete (µm)	19,68±1,58 (16,27-21,5)	16,66±1,52 (15,11-20,99)
Altura da região labial (µm)	3,8±0,38 (3,34-4,27)	3,11±0,31 (2,55-3,74)
Largura da região labial (µm)	8,06±0,95 (6,62-9,29)	6,9±0,41 (6,15-7,7)
Gonada 1 (µm)	196,7±44,41 (102,96-240,95)	155,97±21,57 (124,57-189,32)
Gonada 2 (µm)	187,59±42,38 (85,52-231,45)	148,07±20,71 (116,48-193,86)
Testículo (µm)	-	-
Espículo (µm)	-	-
Gubernáculo (µm)	-	-
Número de anéis cefálicos	4±0 (4-4)	4±0,38 (3-5)
Número de anéis na cauda	25,5±2,27 (22-30)	15,5±2,29 (11-20)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)
a	37,19±4,35 (31,74-47,67)	31,01±1,58 (27,69-33,64)
b	5,91±0,36 (5,23-6,28)	5,55±0,22 (5,21-5,99)
b'	5,68±0,32 (5,06-6,11)	5,37±0,22 (5,07-5,78)
V(%)	57±3,07 (46-73)	60±2,42 (57-64)
T(%)	-	-
c	18,24±1,74 (16,24-21,7)	16,06±1,96 (10,89-18,64)
c'	3,01±0,24 (2,54-3,46)	2,99±0,58 (2,36-4,7)
G1(%)	22±2,05 (11-27)	24±1,02 (20-31)
G2(%)	21±1,04 (9-25)	23±1,03 (18-31)
Epermateca (presença)	Sim	Sim
Deirídeos (presença)	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus microcephalus* Siddiqi & Patel, 1990**

A população proveniente de amostras do Vietnam (população 21) se caracterizou por apresentar corpo ventralmente curvado, com cutícula fortemente anelada. A região cefálica contínua com o corpo é de forma conóide e sem a presença de anéis cefálicos. Estilete robusto com nódulos achatados e uma leve inclinação apontando para a região anterior do corpo. A cauda da fêmea é alongada com forma subclavada com leve depressão na metade anterior, com 16 a 23 anéis e término liso (Figura 4.7). Estas características, juntamente com os dados morfométricos (Tabela 4.7), se enquadraram na descrição de *Tylenchorhynchus microcephalus* (Siddiqi & Patel, 1990), descrita pela primeira vez na Índia.

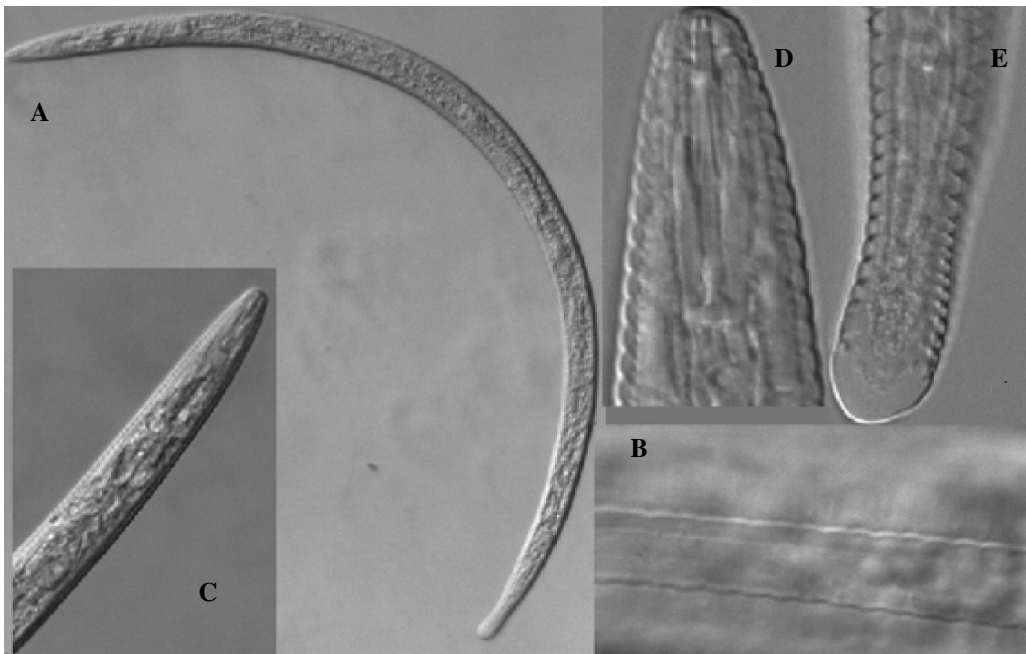


Figura 4.7. *Tylenchorhynchus microcephalus*, população 21, proveniente do Vietnam, (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e o esôfago; (D) região cefálica apresentando-se contínua com a linha do corpo, lisa com e estilete com nódulos achatado e ligeiramente projetados para frente; (E) cauda subclavada, com término sem anelação.

Tabela 4.7. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus microcephalus*, população 21, proveniente do Vietnam.

	<i>Tylenchorhynchus microcephalus</i>	
	Vietnam CP	
	12 Fêmeas	3 Machos
L (µm)	628,82±51,6 (569,38-726,59)	598,63±36,74 (536,94-659,19)
Largura do corpo (µm)	21,87±1,48 (19,73-24,57)	21,12±1,62 (18,01-22,79)
Poros excretor - região labial (µm)	100,43±8,28 (91,56-117,98)	96,04±4,52 (88,96-101,36)
Vulva-região labial (µm)	341,53±27,42 (310,89-398,48)	–
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	21,38±1,7 (19,21-24,68)	–
Vulva-ânus (µm)	238,81±21,51 (216,17-274,5)	–
Comprimento da cauda (µm)	47,77±5,06 (41,07-56,95)	47,19±3,3 (41,46-50,89)
Largura da cauda (µm)	13,72±0,88 (12,59-14,98)	15,83±0,91 (14,72-17,7)
Ânus-fasmídeo (µm)	9,3±2,52 (6,59-15,54)	11,09±1,92 (8,16-14,27)
Extremidade anterior-cárdia (µm)	125,15±8,12 (119,86-150,11)	124,24±7,47 (112,95-136,37)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	120,95±7,99 (113,6-143,92)	119,97±7,25 (109,84-133,05)
DGO (µm)	2,33±0,62 (1,48-3,71)	2,54±0,25 (2,07-2,89)
Estilete (µm)	22,05±1,91 (18,79-26,14)	20,33±1,76 (17,83-23,69)
Altura da região labial (µm)	3,74±0,62 (2,45-4,51)	4,26±0,5 (3,55-4,96)
Largura da região labial (µm)	7,18±0,51 (6,37-8)	6,57±0,53 (5,58-7,5)
Gonada 1 (µm)	156,7±16,15 (138,2-1186,69)	–
Gonada 2 (µm)	151,87±15,62 (133,66-181,45)	–
Testículo (µm)	–	301,6±27,16 (253,33-331,07)
Espículo (µm)	–	25,61±1,84 (22,39-28,15)
Gubernáculo (µm)	–	14,46±0,71 (13,59-15,78)
Número de anéis cefálicos	0±0 (0-0)	0±0 (0-0)
Número de anéis na cauda	19,67±2,02 (16-23)	31,89±3,92 (27-36)
Número de linhas laterais	3,92±0,29 (3-4)	4±0 (4-4)
a	28,76±1,57 (26,25-32,52)	28,43±1,87 (26,57-31,55)
b	5,03±0,38 (4,61-5,74)	4,82±0,15 (4,58-5,02)
b'	5,2±0,32 (4,8-5,73)	4,99±0,15 (4,76-5,21)
V(%)	54,33±1,21 (51,77-56,02)	–
T(%)	–	50,47±4,57(41,56-56,45)
c	13,2±0,62 (12,1-13,87)	12,73±1,02 (11,44-14,3)
c'	3,48±0,26 (3,05-3,91)	2,99±0,25 (2,68-3,37)
G1(%)	24,95±2,01 (22,13-29,44)	–
G2(%)	19,29±1,19 (17,45-20,84)	–
Epermateca (presença)	Sim	–
Deirídeos (presença)	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; cárdia c' = relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus cylindricus* Cobb, 1913**

Populações provenientes da Califórnia (Santa Rosa Plateau, Anza Borego Desert, Granite Mountain e Joshua Tree National Park), populações 10, 11, 12 e 13, respectivamente, nos Estados Unidos e uma de Ensenada, no México (população 19), apresentaram as seguintes características: Corpo curvado ventralmente, região cefálica “offset” com presença de 3 a 4 anéis cefálicos. Nódulos do estilete com forma côncava na superfície anterior. Cauda da fêmea conoide, apresentando 10 a 19 anéis, também com ponta conoide. Os dados morfológicos (Figuras 4.8 a, b e c) e morfométricos (Tabela 4.8), foram congruentes com as características descritas para *Tylenchorhynchus cylindricus* (Anderson & Potter, 1991; Geraert, 2011).

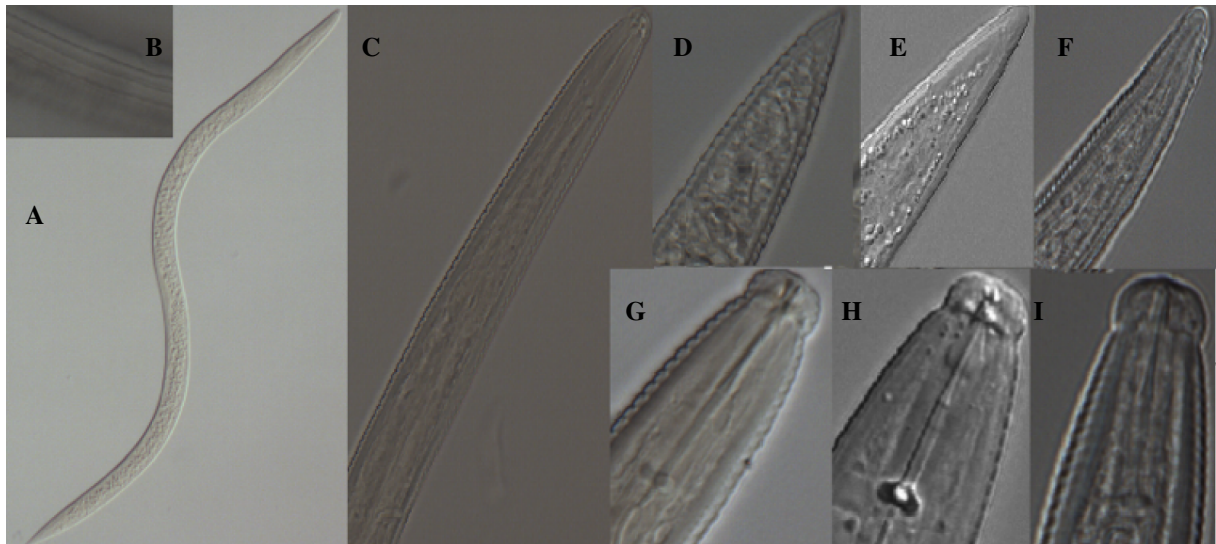


Figura 4.8a. *Tylenchorhynchus cylindricus*, populações 11, 12 e 13, provenientes de Joshua Tree National Park, Anza Borego e Granite Mountain, nos Estados Unidos, respectivamente, (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e parte do esôfago; (D-F) cauda apresentando forma conoide; (G-I) região cefálica apresentando-se “offset” e levemente esclerosada e, estilete com nódulos achatados e ligeiramente inclinados posteriormente.

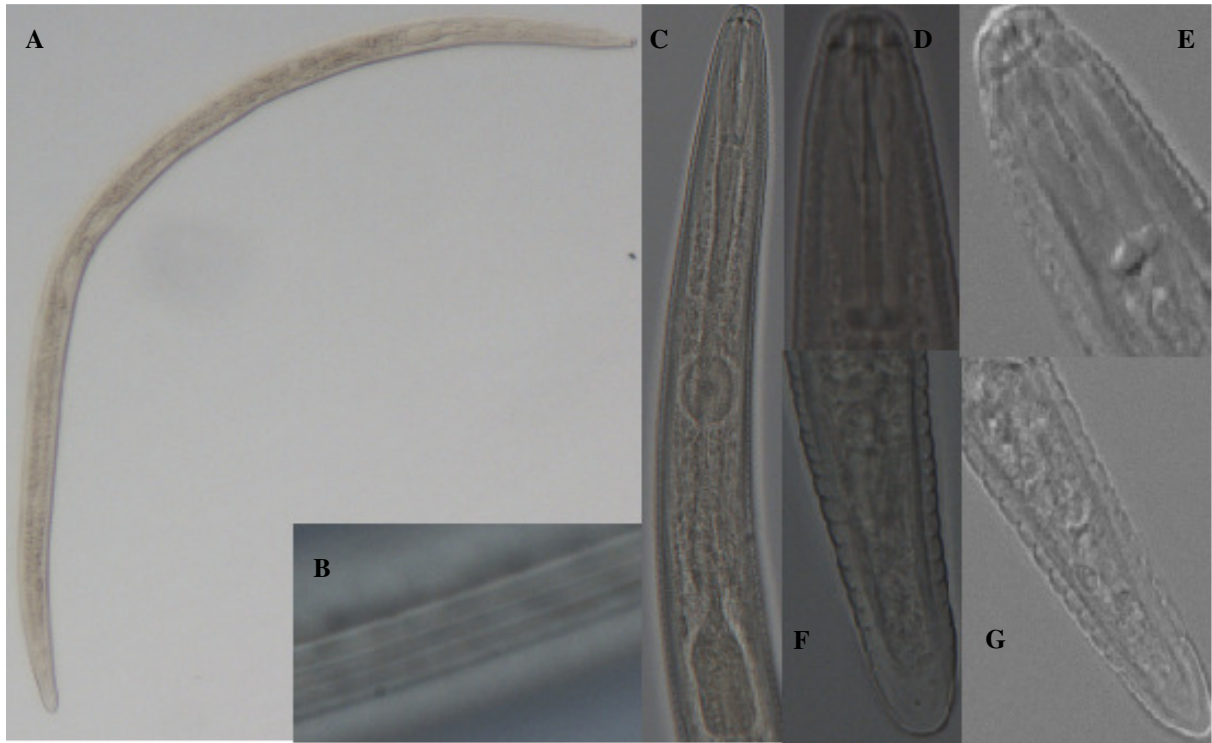


Figura 4.8a. *Tylenchorhynchus cylindricus*, populações 10 e 19, provenientes de Santa Rosa Plateau, nos Estados Unidos e de Ensenada, no México, respectivamente, (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial e o esôfago; (D-E) região cefálica apresentando-se “offset” e levemente esclerosada e com nódulos do estilete levemente inclinados; (F-G) cauda apresentando forma conoide.

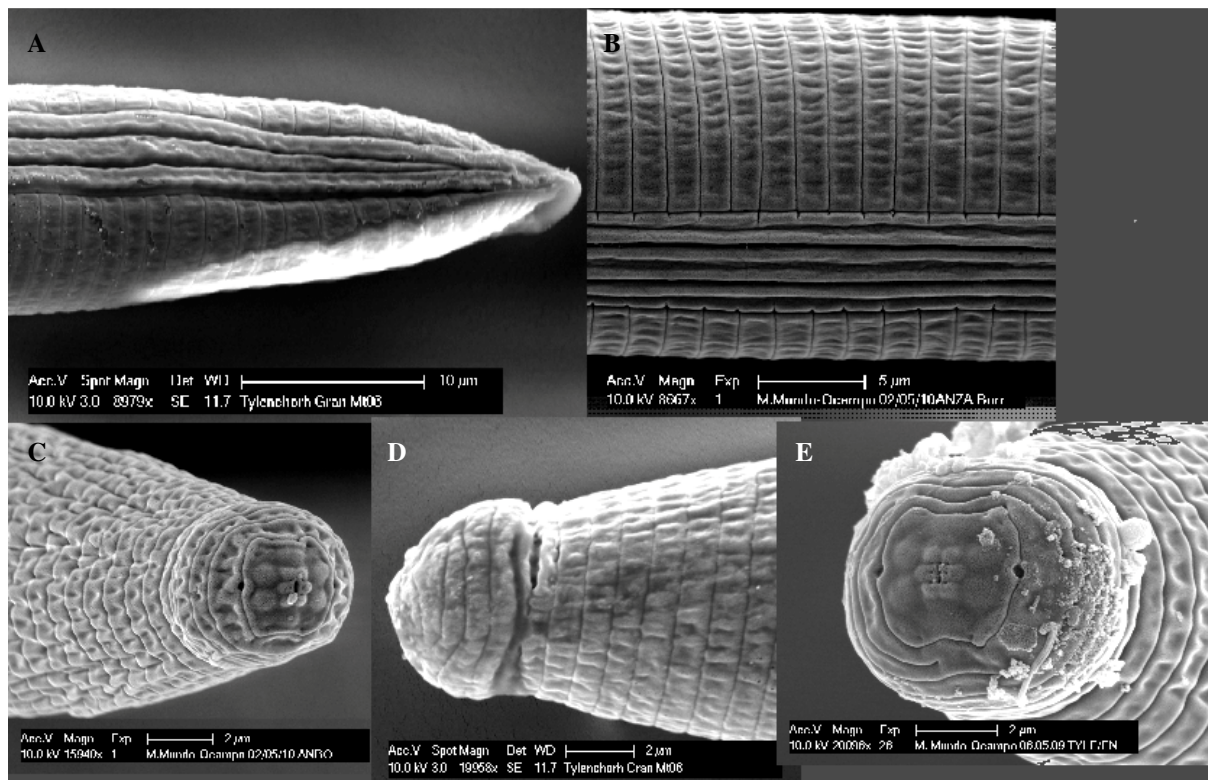


Figura 4.8c. Micrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) das populações 11, 14 e 19 de de *Tylenchorhynchus cylindricus*, provenientes, respectivamente, de Anza Borego e Granite Mountain nos Estados Unidos e de Ensenada, no México: (A) Cauda apresentando-se conoide com elongação também conoide na ponta; (B) Campo lateral com 4 incisuras; (C-E) Região cefálica “offset” com presença de 4 anéis cefálicos.

Tabela 4.8. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus cylindricus*, populações 13, 11, 12, 10 e 19, provenientes, respectivamente, de Joshua Tree National Park, Anza Borego, Granite Mountain e Santa Rosa Plateau nos Estados Unidos e Ensenada, no México.

	<i>Tylenchorhynchus cylindricus</i>					
	Joshua Tree (USA)		Anza Borego Desert (USA)		Granite Mountain (USA)	
	5 Fêmeas	3 Machos	5 Fêmeas	1 Macho	7 Fêmeas	2 Machos
L (µm)	1083,14±105,91 (935,84-1232,52)	1054,07±92,8 (996,48-1161,12)	704,51±5,86 (700,36-708,65)	830,95	1089,35±33,81 (1033,98-1124,15)	1061,03±140,01 (962,03-1160,03)
Largura do corpo (µm)	28,86±3,59 (24,34-32,34)	28,94±0,45 (28,56-29,44)	23,74±393,05 (23,51-23,97)	20,37	31,6±3,41 (26,06-34,91)	29,71±4,46 (26,55-32,86)
Poros excretor - região labial (µm)	157,03±4,97 (151,88-164,73)	150,87±4,04 (148,08-155,51)	119,49±55,28 (119,45-119,53)	140,58	163,18±9,83 (152,92-176,96)	187,34±6,75 (182,56-192,11)
Vulva-região labial (µm)	588,89±59,44 (492,21-651,63)	–	–	–	611,18±22,54 (579,72-639,45)	–
Diâm. do corpo na região da vulva (µm)	29,02±4,61 (22,14-33,33)	–	–	–	30,08±2,42 (27,36-32,95)	–
Vulva-ânus (µm)	452,24±54,16 (390,12-530,65)	–	–	–	434,33±30,06 (404,39-466,12)	–
Comprimento da cauda (µm)	49,4±6,41 (42,83-57,82)	54,47±6,31 (48,46-61,04)	54,62±8,3 (47,02-66,82)	54,44	56,37±3,88 (51,42-60,72)	72±16,63 (60,24-83,76)
Largura da cauda (µm)	19,54±1,41 (18,1-21,59)	19,12±2,2 (16,65-20,87)	23,5±17,7 (17,74-30,16)	18,11	21,63±2,72 (18,24-24,95)	20,67±0,75 (20,14-21,2)
Ânus-fasmídeo (µm)	13,94±3,25 (10,38-17,18)	20,89±1,5 (19,75-22,59)	12,15±7,7 (8,13-19,07)	14,9	15,77±3,11 (12,16-20,05)	30,88±15,07 (20,22-41,53)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	189,26±14,43 (165,36-200,53)	191,42±7,13 (185-199,1)	155,23±66,38 (151,92-158,53)	168,4	203,65±8,91 (189,94-213,4)	194,51±12,08 (185,97-203,05)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	180,65±13,93 (157,69-193,74)	181,44±7,26 (175,36-189,48)	149,69±4,37 (148,16-151,21)	161,14	199,03±8,74 (185,74-208,2)	189,02±11,6 (180,82-197,22)
DGO (µm)	3,42±0,45 (2,8-3,97)	3,32±0,54 (2,72-3,77)	2,73±84,86 (2,66-2,79)	–	3,17±0 (3,17-3,17)	3,2±0 (3,2-3,2)
Estilete (µm)	26,89±1,83 (24,02-28,68)	26,72±1,33 (25,24-27,82)	23,49±9,25 (21,7-26,05)	28,38	26,62±1,74 (24,43-28,88)	29,3±2,79 (27,32-31,27)
Altura da região labial (µm)	4,39±0,3 (3,94-4,75)	4,24±0,2 (4,13-4,47)	3,87±9,56 (3,7-4,04)	4,56	5,07±0,85 (4,03-6,08)	5,34±0,53 (4,96-5,71)
Largura da região labial (µm)	9,48±0,37 (9,08-10,06)	9,11±0,31 (8,76-9,34)	8,64±2,68 (8,02-9,69)	8,39	10,35±0,73 (9,15-11,09)	10,28±1 (9,57-10,99)
Gonada 1 (µm)	244,96±31,87 (209,75-295,03)	–	–	–	256,66±30,55 (212,66-280,93)	–
Gonada 2 (µm)	598,67±791,03 (230,46-2013,31)	–	–	–	240,84±23,9 (203,23-267,1)	–
Testículo (µm)	–	534,39±68,71 (487,81-613,3)	–	397,8	–	259,99±41,83 (230,41-289,56)
Espículo (µm)	–	36,83±8,59 (29,3-46,18)	–	28,66	–	27,2±4,51 (24,01-30,39)
Gubernáculo (µm)	–	14,7±1,53 (12,93-15,7)	–	16,75	–	11,17±0,55 (10,78-11,56)
Número de anéis cefálicos	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	3± (3-3)	3	3,6±0,55 (3-4)	4±0 (4-4)
Número de anéis na cauda	14,4±2,3 (11-16)	27,33±5,13 (23-33)	14,5±7,51 (11-18)	27	19,6±3,65 (17-26)	33±0 (33-33)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	4±6,7 (4-4)	4	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)
a	37,96±5,55 (30,62-45)	36,44±3,4 (33,85-40,29)	29,68±14,82 (29,56-29,79)	40,793	34,86±4,6 (31,12-42,18)	35,77±0,66 (35,3-36,23)
b	6±0,37 (5,65-6,56)	5,83±0,71 (5,26-6,62)	0,2±17,02 (0,2-0,2)	5,157	5,48±0,29 (5,22-5,92)	5,65±1,09 (4,88-6,42)
b'	5,72±0,3 (5,46-6,17)	5,52±0,67 (5-6,28)	–	4,934	5,36±0,3 (5,09-5,79)	5,49±1,06 (4,74-6,24)
V(%)	57±1,3 (55-58)	–	–	–	58±1,02 (56-60)	–
T(%)	–	51±1,02 (49-53)	–	47,9	–	25±4,07 (20-30)
c	22,4±4,75 (16,19-28,5)	19,41±1,02 (18,63-20,56)	–	15,26	19,37±0,92 (18,51-20,59)	14,91±1,5 (13,85-15,97)
c'	2,54±0,4 (1,98-3,02)	2,88±0,49 (2,32-3,24)	–	3,06	2,62±0,18 (2,43-2,93)	3,47±0,68 (2,99-3,95)
G1(%)	23±1,02 (19-25)	–	–	–	24±1,03 (19-27)	–
G2(%)	22±1,72 (18-25)	–	–	–	22±1,02 (18-25)	–
Epermateca (presença)	Sim	–	Sim	–	Sim	–
Deirídeos (presença)	Não	Não	Não	Não	Não	Não

Continuação...

	<i>Tylenchorhynchus cylindricus</i>		
	Santa Rosa Plateau (USA)		Ensenada SD (Mexico)
	5 Fêmeas	3 Machos	9 Fêmeas
L (µm)	791,72±45,25(753,51-844,01)	800,52±35,39(766,86-837,42)	947,92±50,48 (857,29-1042,6)
Largura do corpo (µm)	25,68±3,94(21,61-31,7)	22,73±1,46(21,7-24,4)	33,91±4,3 (28,18-39,43)
Poros excretor - região labial (µm)	120,92±0,92(120,04-122,33)	125,16±3,85(120,78-128,03)	141,76±10 (125,5-154,84)
Vulva-região labial (µm)	448,05±38,44(407,77-495,5)	-	535,3±25,4 (493,2-589,51)
Diâm. do corpo na região da vulva (µm)	25,47±2,38(22,6-29,07)	-	32,5±3,04 (28,44-37,56)
Vulva-ânus (µm)	307,05±25,3(282,16-343,4)	-	361,17±22,16 (327,82-394,48)
Comprimento da cauda (µm)	38,65±5,37(33,5-46,2)	47,64±3,37(45,68-51,53)	45,06±4,88 (39,96-55,84)
Largura da cauda (µm)	18,2±1,9(16,2-20,4)	17,88±1,36(16,76-19,39)	27,59±2,43 (23,36-31,09)
Ânus-fasmídeo (µm)	15,78±2,73(13,53-19,7)	20,21±0,84(19,31-20,96)	11,56±1,98 (8,51-15,52)
Extremidade anterior - cardia (µm)	163,72±10,01(153,9-178,99)	162,64±3,79(158,72-166,29)	161,19±7,55 (150,38-174,53)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	159,81±9,08(151,33-173,86)	157,06±3,13(153,6-159,7)	166,37±7,28 (154,59-177,47)
DGO (µm)	1,6±0,22(1,41-1,81)	1,7±0(1,7-1,7)	2,38±0,49 (1,65-3,04)
Estilete (µm)	28,86±0,87(27,94-30,06)	27,8±1,03(26,62-28,5)	26,17±1,19 (24,74-28,16)
Altura da região labial (µm)	4,12±0,44(3,47-4,58)	3,93±0,34(3,6-4,27)	4,47±0,34 (3,93-5,03)
Largura da região labial (µm)	8,55±0,71(7,6-9,44)	7,58±0,3(7,36-7,92)	9,65±0,39 (8,87-10,19)
Gonada 1 (µm)	211,11±20,29(189,75-232,92)	-	301,25±33,97 (251,79-367,2)
Gonada 2 (µm)	195,09±11,01(176,5-205,97)	-	282,61±44,12 (200,6-354,21)
Testículo (µm)	-	425,53±50,59(372,4-473,13)	-
Espícula (µm)	-	28,43±3,25(25,02-31,5)	-
Gubernáculo (µm)	-	13,54±1,14(12,27-14,46)	-
Número de anéis cefálicos	4±0(4-4)	4,33±0,58(4-5)	4±0 (4-4)
Número de anéis na cauda	10,75±1,26(9-12)	26,33±4,16(23-31)	15,44±1,74 (13-18)
Número de linhas laterais	4±0(4-4)	4,33±0,58(4-5)	4±0 (4-4)
a	31,28±4(26,43-35,47)	35,38±3,64(31,43-38,59)	28,26±2,95 (24,59-32,53)
b	4,96±0,2(4,69-5,23)	5,1±0,26(4,8-5,3)	5,89±0,32 (5,48-6,48)
b'	4,84±0,2(4,57-5,09)	4,92±0,28(4,61-5,14)	5,7±0,32 (5,29-6,3)
V(%)	59±0,01(58-60)	-	56,49±0,96 (54,91-58,22)
T(%)	-	53±0,04(49-56)	-
c	20,36±1,74(18,27-22,49)	16,89±1,79(14,88-18,32)	21,15±1,3 (18,67-22,86)
c'	2,15±0,45(1,64-2,7)	2,68±0,3(2,36-2,94)	1,64±0,14 (1,42-1,86)
G1(%)	27±0,03(23-31)	-	31,98±4,12 (26,65-39,33)
G2(%)	25±0,01(23-26)	-	29,89±4,39 (21,12-33,97)
Epermateca	Sim	-	Sim
Deirídeos	Não	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/ extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia;c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus clarus* Allen, 1955**

As populações de *T. clarus* provenientes de Box Springs (população 14), Carpinteria (população 6) nos Estados Unidos e de Ensenada (população 18), no México, apresentaram a região cefálica contínua com o corpo, algumas vezes sendo ligeiramente “offset”, com 3-4 anéis cefálicos. Nódulos do estilete arredondados com achatamento na parte superior, projetando-se para cima. Cauda conoide, geralmente curvada ventralmente, com 11-10 anéis caudais (Figuras 4.9 a e b). Estas características morfológicas junto com os dados morfométricos apresentados na Tabela 4.9 se assemelharam com as descritas para *Tylenchorhynchus clarus* (Anderson & Potter, 1991; Geraert, 2011), apresentando somente uma pequena diferença na média do intervalo do comprimento do corpo (616 μm – 766 μm vs. 490 μm – 690 μm).

Esta espécie foi descrita pela primeira vez na Califórnia e encontra-se espalhada por todos os continentes (Geraert, 2011).

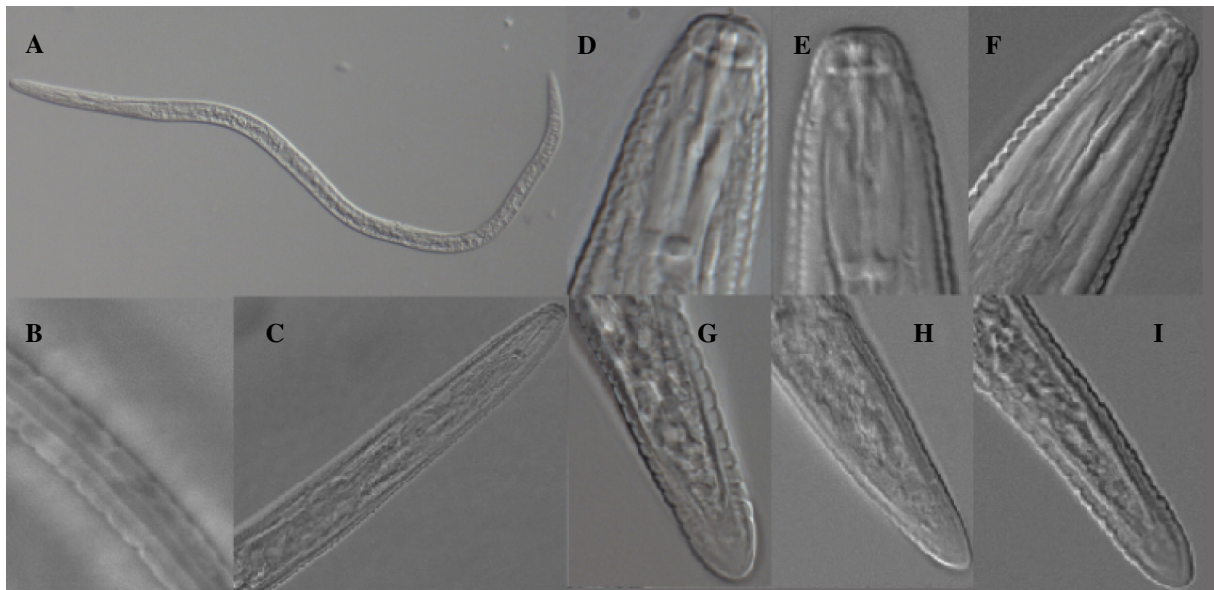


Figura 4.9a. *Tylenchorhynchus clarus*, populações 14, 6 e 18, provenientes de Box Springs, Carpinteria, nos Estados Unidos e de Ensenada, no México, respectivamente, (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e o esôfago; (D-F) região cefálica apresentando-se contínua com o corpo e nódulos do estilete ligeiramente inclinados; (G-I) cauda de forma conoide.

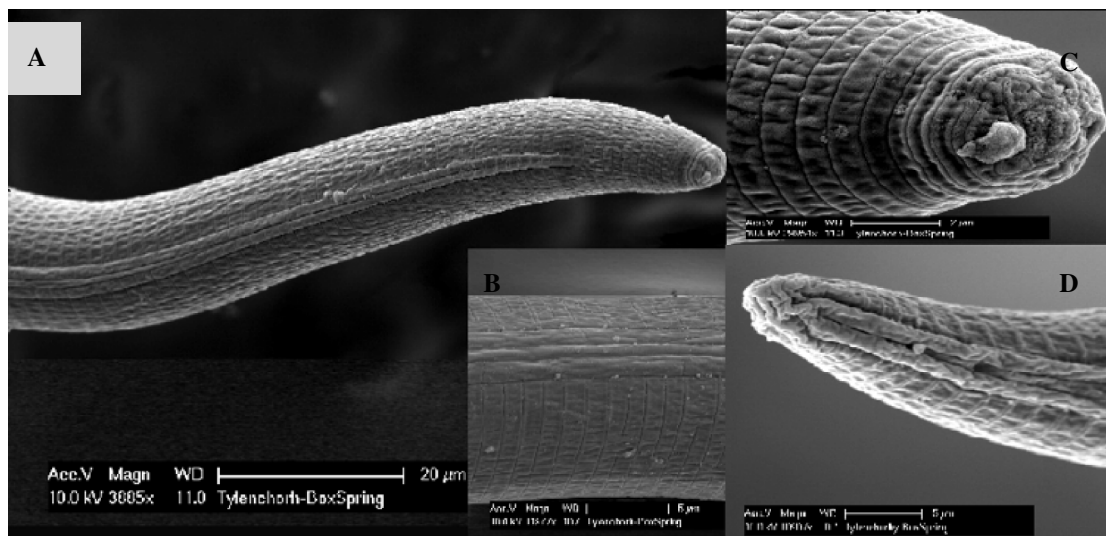


Figura 4.9b. Micrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) da população 14 de *Tylenchorhynchus clarus*, proveniente de Box Springs nos Estados Unidos: (A) Região frontal do corpo; (B) Campo lateral com 4 incisuras; (C) Região cefálica contínua com o corpo; (D) Cauda conoide.

Tabela 4.9. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus clarus*, populações 14, 6 e 18, provenientes de Box Springs, Carpinteria, nos Estados Unidos e de Ensenada, no México, respectivamente.

	<i>Tylenchorhynchus clarus</i>		
	Box Springs (USA)	Carpinteria (USA)	Ensenada CD (México)
	4 Fêmeas	14 Fêmeas	5 Fêmeas
L (µm)	766,23±37,23 (733,72-800,5)	619,18±50,84 (503,5-685,78)	616,93±54,29 (539,63-674,6)
Largura do corpo (µm)	22,7±1,65 (20,41-24,31)	19,7±1,16 (17,66-21,62)	19,59±1,25 (17,42-20,43)
Poros excretor - região labial (µm)	117,64±8,35 (108,47-126,84)	90,87±6,91 (70,38-99,88)	89,52±3,46 (84,66-94,44)
Vulva-região labial (µm)	458,55±11,13 (446,5-473,4)	358,26±26,98 (295,94-396,49)	350,86±25,07 (313,02-370,88)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	20,6±1,57 (19,1-22,5)	19,85±1,38 (17,23-22,57)	19,84±1,17 (17,9-21,01)
Vulva-ânus (µm)	267,29±23,67 (246,6-298,79)	237,77±27,47 (191,76-288,36)	221,2±22,61 (191,32-246)
Comprimento da cauda (µm)	42,16±1,98 (40,27-43,95)	35,19±5,91 (30,01-55,61)	35,15±1,25 (33,82-37,16)
Largura da cauda (µm)	13,78±0,58 (13,15-14,55)	14,18±1,52 (11,48-16,94)	13,79±0,65 (13,17-14,88)
Ânus-fasmídeo (µm)	18,5±1,49 (17,08-20,24)	14,4±1,98 (11,34-17,62)	13,93±1,03 (12,58-15,46)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	147,46±3,66 (142,44-151,21)	117,74±5,9 (103,37-126,52)	117±3,43 (113,4-120,38)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	144,53±8,611 (34,88-155,52)	113,03±6,13 (99,36-122,18)	0±0 (0-0)
DGO (µm)	2,57±0,47 (2,13-3,2)	2,45±0,33 (2,02-3,08)	2,38±0,37 (2,01-2,98)
Estilete (µm)	19,87±0,75 (19,31-20,95)	16,75±0,84 (14,68-17,83)	17,4±0,81 (16,02-18,01)
Altura da região labial (µm)	4,32±0,39 (3,99-4,84)	3,19±0,41 (2,47-4,02)	3,49±0,37 (3,08-4)
Largura da região labial (µm)	8,24±0,16 (8,01-8,36)	7,04±0,56 (6,09-7,85)	7,67±0,45 (7,18-8,29)
Gonada 1 (µm)	175,67±10,83 (166,41-191,25)	158,36±21 (130,37-203,33)	161,08±21,69 (136,44-188,13)
Gonada 2 (µm)	168,65±10,43 (160,37-183,45)	151,45±19,96 (118,02-194,99)	141,22±19,87 (119,1-162,14)
Testículo (µm)	-	-	-
Espículo (µm)	-	-	-
Gubernáculo (µm)	-	-	-
Número de anéis cefálicos	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	3±0 (3-3)
Número de anéis na cauda	12,75±0,96 (12-14)	11,87±2,42 (8-15)	11,6±0,89 (10-12)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)
a	33,96±4,02 (30,21-39,22)	31,44±1,95 (28,05-34,39)	31,63±3,83 (26,41-36,29)
b	5,31±0,17 (5,15-5,46)	5,44±0,28 (4,96-5,95)	5,27±0,42 (4,59-5,6)
b'	5,2±0,2 (4,95-5,42)	5,22±0,26 (4,67-5,74)	0±0 (0-0)
V(%)	63±4,02 (61-64)	60±0,02 (57-64)	56,94±1,22 (54,91-58,01)
T(%)	-	-	-
c	18,17±0,07 (18,07-18,22)	17,87±2,17 (12,01-20,96)	17,55±1,33 (15,33-18,64)
c'	3,06±0,12 (2,92-3,22)	2,5±0,41 (1,96-3,45)	2,55±0,07 (2,5-2,67)
G1(%)	23±1,01 (21-24)	25±2,03 (20-30)	26,14±2,91 (23,11-29,76)
G2(%)	22±1,01 (20-23)	24±2,02 (20-29)	22,82±1,49 (20,63-24,18)
Epermateca (presença)	Sim	Sim	Sim
Deirídeos(presença)	Não	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/ extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia;c= relação entre o L/comprimento da cauda; c' = relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus dubius* (Butschli, 1873) Filipjev, 1936**

Uma população proveniente de amostras coletadas em Yellow Stone National Park (população 1) foi caracterizada por apresentar corpo arqueado, com depressão na região anterior e posterior à vulva. Campo lateral irregularmente areolado. Região cefálica hemisférica e “offset”, com 6 anéis e esqueleto cefálico pouco esclerosado. Estilete delgado, com nódulos relativamente pequenos. Vulva com presença de epitigma. Cauda da fêmea com forma cilíndrica com 42 anéis caudais (Figura 4.10). As características morfológicas e morfométricas dos espécimes estudados (Tabela 4.10) são condizentes com as descrições apresentadas em Anderson & Potter (1991) e Geraert (2011).

Esta espécie foi primeiramente descrita na Alemanha e já foi relatada no hemisfério norte e Europa (Geraert, 2011).

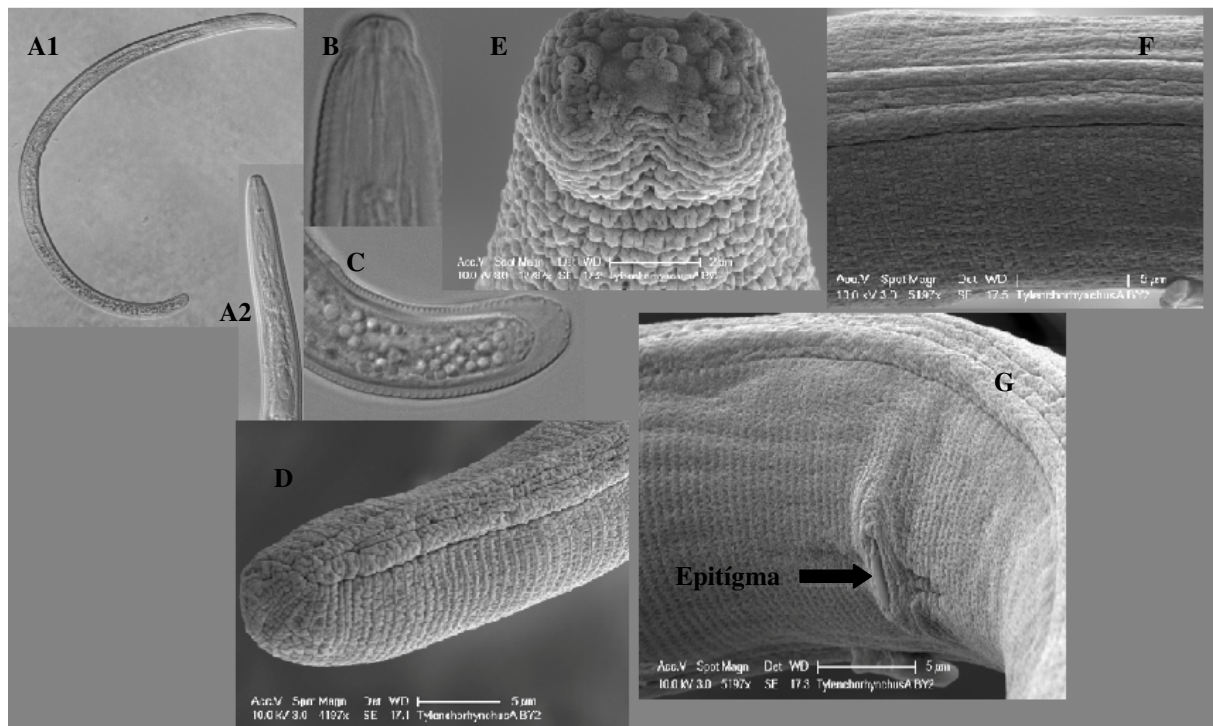


Figura 4.10. *Tylenchorhynchus dubius*, população 1, proveniente de Yellow Stone National Park, nos Estados Unidos: (A) A1: Corpo inteiro e A2: parte anterior do corpo; (B) região cefálica apresentando-se “offset”, pouco esclerosada e esqueleto cefálico pouco robusto; (C) Cauda cilíndrica; (D-G) Micrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura mostrando a cauda (D); Região cefálica com 6 anéis cefálicos (E); Campo lateral levemente areolado (F); Vulva com presença de epitigma (G).

Tabela 4.10. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus dubius*, população 1, provenientes de Yellow Stone National Park, nos Estados Unidos.

	<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	
	Yellow Stone- BY2 (USA)	
	13 Fêmeas	12 Machos
L (µm)	704,56±39,68 (797,15-650,78)	699,9±38,19 (769,52-619,59)
Largura do corpo (µm)	24,49±3,04 (32,11-20,28)	21,28±1,48 (23,51-19,18)
Poros excretor - região labial (µm)	100,45±4,49 (109,79-92,57)	102,05±5,32 (110,83-91,92)
Vulva-região labial (µm)	380,83±24,47 (437,18-349,88)	–
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	26,3±2,84 (34,01-23,46)	–
Vulva-ânus (µm)	273,08±15,73 (301,3-252,32)	–
Comprimento da cauda (µm)	52,02±5,07 (59,71-44,18)	46,73±3,22 (51,53-40,88)
Largura da cauda (µm)	19,3±1,87 (22,48-16,74)	16,47±1,4 (18,57-13,37)
Ânus-fasmídeo (µm)	21,42±2,41 (25,09-17,66)	125,92±5,2 (131,71-118,75)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	126,13±3,08 (132,26-121,63)	122,45±5,1 (128,88-114,46)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	123,31±4,15 (130,4-117,63)	19,37±3,16 (25,91-14,19)
DGO (µm)	2,78±0,49 (3,73-1,87)	2,97±0,44 (3,92-2,39)
Estilete (µm)	17,64±0,72 (18,69-16,49)	17,77±0,67 (18,81-16,64)
Altura da região labial (µm)	3,79±0,39 (4,51-3,19)	3,9±0,54 (4,83-2,97)
Largura da região labial (µm)	7,88±0,5 (8,66-7,16)	7,29±0,43 (7,85-6,5)
Gonada 1 (µm)	159,64±13,89 (180,23-134,72)	–
Gonada 2 (µm)	166,3±12,4 (190,42-147,38)	–
Testículo (µm)	–	438,89±56,97 (516,74-325,27)
Espículo (µm)	–	28,31±3,22 (33,86-24,24)
Gubernáculo (µm)	–	13,89±1,21 (15,88-11,76)
Número de anéis cefálicos	6,29±0,49 (7-6)	6±0 (6-6)
Número de anéis na cauda	42,75±5 (52-35)	37,42±4,54 (43-30)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)
a	29,06±2,95 (33,95-22,62)	32,95±1,45 (34,62-29,79)
b	5,72±0,31 (6,32-5,34)	5,72±0,31 (6,18-5,29)
b'	5,59±0,29 (6,17-5,22)	5,56±0,29 (6,02-5,11)
V(%)	54,04±1,16 (56,31-51,77)	–
T(%)	–	62,7±7,44 (72,45-47,85)
c	13,64±1,26 (16,44-11,9)	15,01±0,86 (16,5-13,57)
c'	2,72±0,35 (3,25-2,05)	2,85±0,26 (3,29-2,46)
G1(%)	22,71±2,17 (25,44-18,84)	–
G2(%)	23,69±2,38 (27,45-18,49)	–
Epermateca (presença)	Sim	–
Deirídeos (presença)	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre o comprimento/extremidade anterior (esôfago); c= relação entre o comprimento do corpo/comprimento da cauda; b'= relação entre o comprimento do corpo/extremidade anterior (cárdia); c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/comprimento do corpo; T(%)= distância da abertura cloacal até término anterior do testículo /comprimento do corpo; G1 e G2 (%)= gonada/tamanho total do corpo.

***Tylenchorhynchus maximus* Allen, 1955**

Populações provenientes de amostras coletadas em Yellow Stone National Park (população 2) e Nebraska (população 16), nos Estados Unidos, foram caracterizadas por apresentar corpo arqueado, frequentemente em espiral. Campo lateral regularmente areolado, com 4 incisuras. Região cefálica “offset”, com presença de 6-8 anéis cefálicos, disco labial dividido em 6 setores com presença de uma linha longitudinal atrás de cada anfídeo. Estilete delicado, com nódulos pequenos. Cauda da fêmea cilíndrica a subcilíndrica com presença de 30-41 anéis caudais, com término arredondado e presença de pequenas anelações na ponta (Figuras 4.11 a e b). Juntamente com os dados morfométricos obtidos para estas populações (Tabela 4.11), estas características foram condizentes com as descrições apresentadas em Anderson & Potter (1991) e Geraert (2011).

Esta espécie reportada pela primeira vez em Nova York, nos Estados Unidos, já foi relatada na Europa, Paquistão e Trinidad (Geraert, 2011).

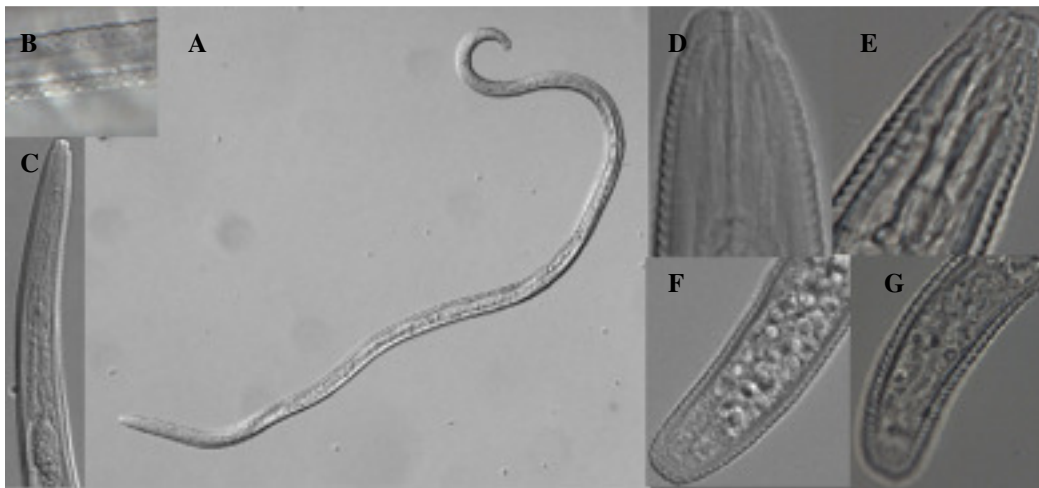


Figura 4.11a. *Tylenchorhynchus maximus*, populações 2 e 16, provenientes de Yellow Stone National Park e Nebraska nos Estados Unidos, respectivamente, (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e o esôfago; (D-E) região cefálica apresentando-se “offset” e com estilete delicado e nódulos pequenos; (F-G) cauda apresentando forma subcilíndrica.

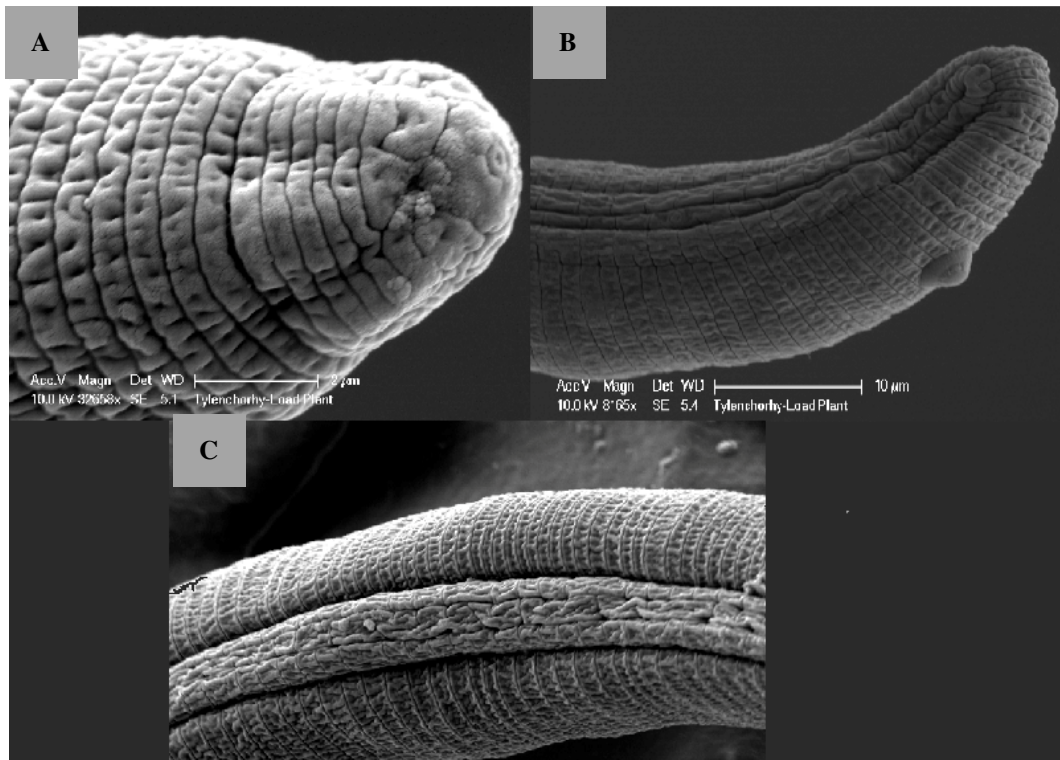


Figura 4.11a. *Tylenchorhynchus maximus*, população 16, provenientes de Nebraska nos Estados Unidos, (fêmeas): (A) região cefálica apresentando-se “offset” e com presença de uma linha longitudinal atrás do anfiédo; (B) cauda apresentando forma subcilíndrica com anelações na cauda; (C) campo lateral areolado com 4 incisuras.

Tabela 4.11. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus maximus*, populações 2 e 16, provenientes de Yellow Stone National Park e Nebraska, nos Estados Unidos.

	<i>Tylenchorhynchus maximus</i>	
	Yellow Stone-BY2 (USA)	Nebraska-Lead Plant (USA)
	9 Fêmeas	6 Fêmeas
L (µm)	1152,53±119,11 (1345,89-995,59)	1520,31±160,77(1260,77-1674,17)
Largura do corpo (µm)	28,56±5,97 (38,48-20,6)	31,67±4,84(25,39-38,5)
Poros excretor - região labial (µm)	127,11±8,27 (139,67-117,89)	164,09±8,66(150,07-174,44)
Vulva-região labial (µm)	591,82±43,97 (651,83-525,27)	777,51±78,79(651,8-858,21)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	30,05±6,04 (38,55-20,83)	32,24±3,1(27,39-35,63)
Vulva-ânus (µm)	504,41±63 (626,87-427,97)	680,9±78,02(577,42-794,09)
Comprimento da cauda (µm)	66,86±7,33 (76,7-54,32)	73,76±8,57(59,48-84,14)
Largura da cauda (µm)	23,88±6,28 (36,45-15,91)	23,71±3,46(19,23-28,59)
Ânus-fasmídeo (µm)	25,15±4,32 (29,72-17,13)	32,73±3,82(26,53-36,65)
Extremidade anterior - cardia (µm)	162,62±5,35 (172,47-157,34)	235,83±14,48(212,92-254,98)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	157,99±5,38 (168,47-152,3)	230,24±14,43(206,48-249,31)
DGO (µm)	2,5±0,2 (2,8-2,16)	3,83±0(3,83-3,83)
Estilete (µm)	20,58±0,82 (21,97-19,72)	25,14±1,17(23,53-26,65)
Altura da região labial (µm)	3,93±0,54 (5,1-3,32)	4,64±0,35(4,27-5,02)
Largura da região labial (µm)	7,87±0,43 (8,65-7,32)	9,06±0,28(8,78-9,4)
Gonada 1 (µm)	234,49±24,5 (269,5-202,07)	262,37±30,55(220,48-291,94)
Gonada 2 (µm)	237,35±19,53 (268,12-205,06)	246,6±28,43(201,58-279,06)
Testículo (µm)	-	-
Espícula (µm)	-	-
Gubernáculo (µm)	-	-
Número de anéis cefálicos	6±0 (6-6)	6,67±0,82(6-8)
Número de anéis na cauda	34±2,62 (38-30)	36,33±2,73(33-41)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4±0(4-4)
a	41,56±7,23 (50,62-27,01)	48,01±2,92(49,66-43,48)
b	7,3±0,81 (8,66-6,19)	6,6±0,57(6,11-6,72)
b'	7,1±0,8 (8,48-6,05)	6,45±0,57(5,92-6,57)
V(%)	54±0,02 (57-50)	53±0,02(53-52)
T(%)	-	-
c	15,52±6,07 (19,89-18,0)	20,61±1,01(21,2-19,9)
c'	2,58±1,08 (3,62-2,0)	3,11±0,14(3,09-2,94)
G1(%)	18±0,07 (0,23-20,0)	17±0,02(17-17)
G2(%)	19±0,07 (0,25-20,0)	0,16±0,01(16-17)
Epermateca	-	-
Deirídeos	-	-

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; cárdia c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus queirozi* Monteiro & Lordello, 1976**

A população de *Tylenchorhynchus queirozi* (população 30), proveniente de amostras coletadas em Benjamin Constant, Amazonas, no Brasil, apresentou corpo curvado. Região cefálica ligeiramente “offset” com forma hemisferoidal e presença de 4 anéis cefálicos. Estilete delicado com nódulos côncavos e projetados para região anterior do corpo. Vulva com presença de epitigma. Cauda da fêmea subcilíndrica com presença de 34 anéis caudais e término anelado (Figuras 4.12 a e b). Estas características morfológicas e os dados morfométricos apresentados na Tabela 4.12 são compatíveis com a descrição original da espécie (Monteiro & Lordello, 1976), contudo, pequenas diferenças foram encontradas nas medidas do comprimento do corpo (762 μm -781 μm vs. 430 μm -610 μm) e comprimento da cauda (44 μm - 48 μm vs. 28 μm -39 μm).

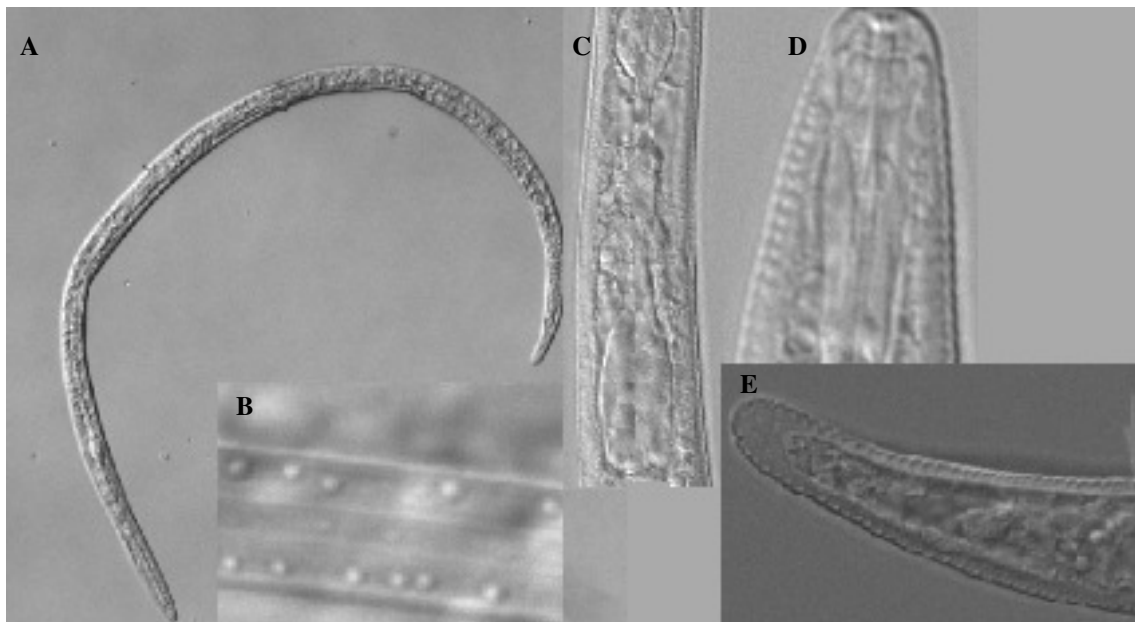


Figura 4.12a. *Tylenchorhynchus queirozi*, população 30, proveniente da Amazônia, Brasil, (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e o esôfago; (D) região cefálica com estilete delicado e nódulos de forma côncava na superfície anterior; (E) cauda apresentando forma subcilíndrica.

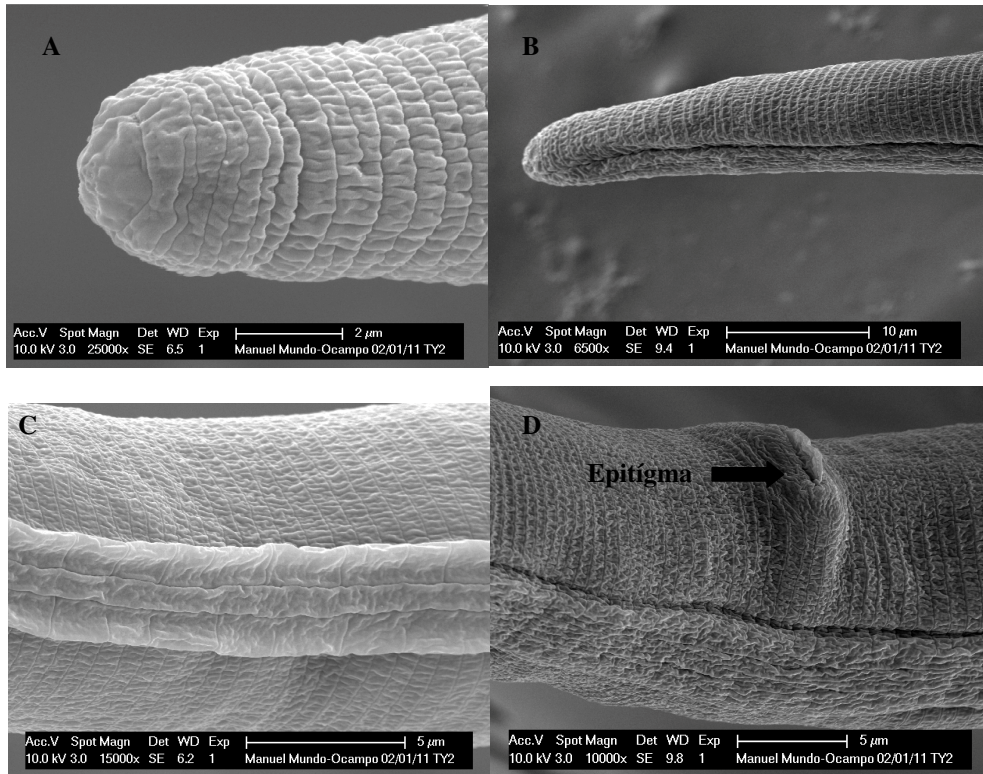


Figura 4.12b. Micrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) da população 30 de *Tylenchorhynchus queirozi*, proveniente da Amazônia, Brasil: (A) Região labial mostrando os anéis cefálicos; (B) Cauda subcilíndrica com anelações na ponta; (C) Campo lateral com 4 incisuras; (D) Região da vulva, mostrando elevação e a presença de epitígma.

Tabela 4.12. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus queirozi*, população 30, proveniente da Amazônia, Brasil.

<i>Tylenchorhynchus queirozi</i>	
Amazônia - AMZ04 (Brazil)	
2 Fêmeas	
L (µm)	771,94±13,86 (781,74-762,14)
Largura do corpo (µm)	22,09±0,89 (22,72-21,46)
Poros excretor - região labial (µm)	105,89±0,7 (106,39-105,39)
Vulva-região labial (µm)	437,96±4,77 (441,33-434,58)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	22,02±1,57 (23,12-20,91)
Vulva-ânus (µm)	287,31±7 (292,27-282,36)
Comprimento da cauda (µm)	46,1±2,88 (48,14-44,06)
Largura da cauda (µm)	15,29±0,7 (15,79-14,8)
Ânus-fasmídeo (µm)	19,62±2,49 (21,38-17,86)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	139,85±1,13 (140,64-139,05)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	134,45±3,04 (136,6-132,3)
DGO (µm)	2,29±0,86 (2,9-1,68)
Estilete (µm)	16,36±1,13 (17,16-15,56)
Altura da região labial (µm)	3,83±0,16 (3,95-3,72)
Largura da região labial (µm)	6,53±0,65 (6,99-6,07)
Gonada 1 (µm)	178,21±9,63 (185,02-171,4)
Gonada 2 (µm)	170,25±2,16 (171,77-168,72)
Testículo (µm)	–
Espículo (µm)	–
Gubernáculo (µm)	–
Número de anéis cefálicos	4±0 (4-4)
Número de anéis na cauda	33,5±0,71 (34-33)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)
a	34,98±2,04 (36,43-33,54)
b	5,52±0,05 (5,56-5,48)
b'	5,74±0,03 (5,76-5,72)
V(%)	56,74±0,4 (57,02-56,46)
T(%)	–
c	16,77±0,75 (17,3-16,24)
c'	3,02±0,33 (3,25-2,79)
G1(%)	23,1±1,66 (24,28-21,93)
G2(%)	22,06±0,12 (22,14-21,97)
Epermateca (presença)	Sim
Deirídeos (presença)	Sim

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo/L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus* sp. (População 29- Caatinga, Vale do São Francisco-PE, Brasil)**

A população de *Tylenchorhynchus* proveniente de amostras coletadas na região do Vale do São Francisco, em Petrolina, PE, Brasil, se caracterizou por apresentar corpo alongado, contudo algumas vezes apresentando forma curvada. Região cefálica levemente “offset”, com presença de 4 anéis cefálicos. Estilete delicado com nódulos redondos. Campo lateral areolado, com 4 incisuras. Cauda subcilíndrica a conoide. Esta população se assemelhou com as descrições para as espécies *Tylenchorhynchus digitatus* Das, 1960, *T. Dactylurus* Das, 1960e *T. Shivanandi* Shaw & Khan, 1992, contudo diferença discrepante foi observada quanto à morfologia e morfometria da cauda em relação a estas populações, sugerindo que esta população pode possivelmente tratar-se de uma nova espécie.

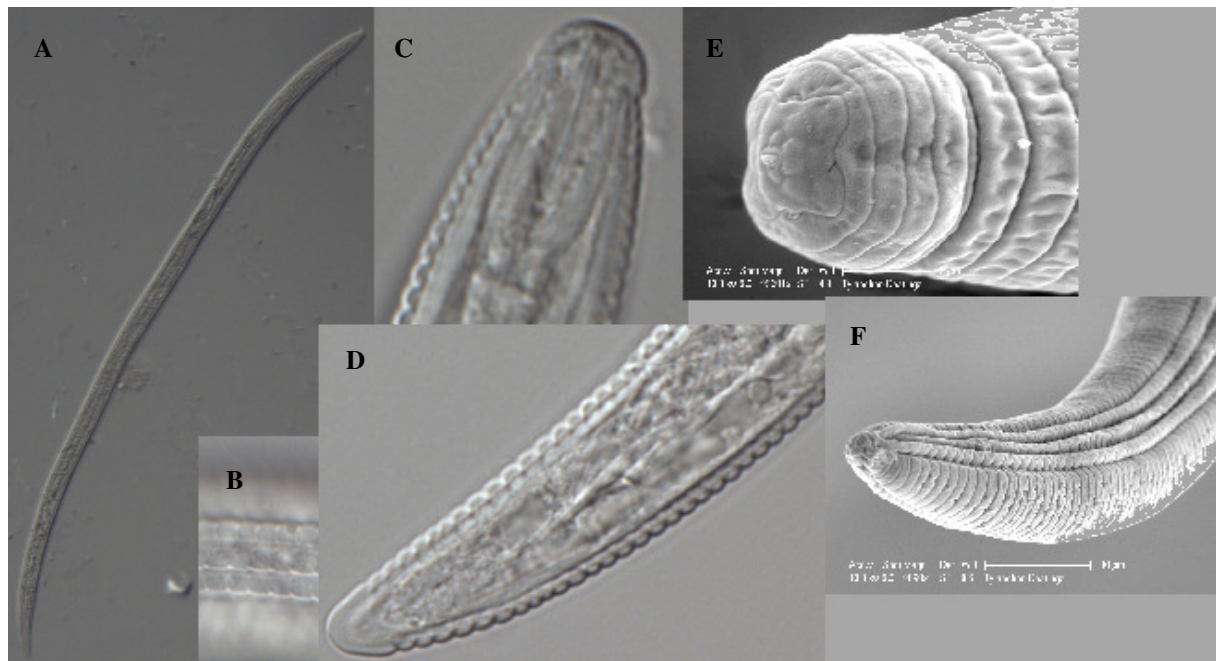


Figura 4.13. *Tylenchorhynchus* sp. população 29 proveniente do Vale do São Francisco, PE, (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) Campo lateral areolado, com 4 incisuras; (C) Região anterior do corpo mostrando o estilete delicado, com nódulos arredondados; (D) Região posterior do corpo mostrando cauda subcilíndrica com ponta lisa; (E - F) Micrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV): (E) Região cefálica com 4 anéis cefálicos; (F) cauda com campo lateral areolado.

Tabela 4.13. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus* sp. população 29, proveniente do Vale do São Francisco, PE, Brasil.

	<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	
	Caatinga- Vale do São Francisco-PE (Brazil)	
	7 Fêmeas	9 Machos
L (µm)	688,29±95,91 (599-834,74)	675,16±62,18 (594-783,23)
Largura do corpo (µm)	21,98±2,48 (19-25,14)	20,7±1,64 (18-23,24)
Poros excretor - região labial (µm)	109,15±10,67 (88-127,74)	103,63±8,93 (90,15-114,55)
Vulva-região labial (µm)	381,87±54,28 (324-462,74)	–
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	20,55±4,03 (16,66-26,62)	–
Vulva-ânus (µm)	282,4±25,77 (250-316,54)	–
Comprimento da cauda (µm)	41,95±6,38 (34-52,12)	46,73±4,91 (40-52,57)
Largura da cauda (µm)	15,82±2,36 (12-19,56)	17,12±1,53 (14-19,58)
Ânus-fasmídeo (µm)	15,29±3,56 (8-23,07)	130,26±9,13 (117-146,1)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	138,96±16,86 (128-171,78)	123,89±9,41 (113-141,1)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	134,29±16,44 (117-167,69)	18,22±1,23 (16-20)
DGO (µm)	3±0,45 (2-4)	3,07±0,35 (2,4-3,7)
Estilete (µm)	16,81±2,37 (15-20,6)	15,83±1,26 (15-18,64)
Altura da região labial (µm)	3,74±0,67 (3-4,83)	3,99±0,93 (3-5,71)
Largura da região labial (µm)	7,7±1,09 (6-9,18)	7,07±0,97 (6-8,49)
Gonada 1 (µm)	160,98±20,66 (131-183)	–
Gonada 2 (µm)	154,5±20,17 (128-181,48)	–
Testículo (µm)	–	311,42±54,76 (220-370)
Espículo (µm)	–	19,37±1,8 (17-22,38)
Gubernáculo (µm)	–	10±1,73 (7-13,03)
Número de anéis cefálicos	4,43±0,55 (4-5)	4,22±0,44 (4-5)
Número de anéis na cauda	20,57±1,14 (15-26)	36,78±5,83 (28-45)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)
a	31,38±1,91 (28,36-34,47)	32,65±2,3 (28,29-35,5)
b	5,12±0,09 (4,79-5,89)	36,37±2,32 (31,05-38,94)
b'	5,01±0,28 (4,47-5,38)	5,35±0,27 (4,74-5,65)
V(%)	0,57±0,02 (0,54-0,6)	–
T(%)	–	46±3,08 (35-58)
c	16,56±0,78 (14,7-19,26)	14,5±0,99 (13,31-16,63)
c'	2,67±0,16 (2,27-3,17)	2,75±0,37 (2,35-3,57)
G1(%)	23±2,02 (21-27)	–
G2(%)	23±2,03 (20-26)	–
Epermateca (presença)	Sim	–
Deirídeos (presença)	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus* sp. (População 8- Green House, UCR, Riverside-Califórnia)**

A população 8, proveniente da casa de vegetação da Universidade da Califórnia, UCR, Riverside, nos Estados Unidos, apresentou a forma do corpo espiralada. Campo lateral com 4 incisuras. Região cefálica “offset”, com presença de 6-7 anéis cefálicos, disco labial dividido em 6 setores. Estilete delicado, com nódulos pequenos. Cauda da fêmea cilíndrica com presença de 32-39 anéis caudais, com término arredondado e presença de pequenas anelações na ponta (Figuras 4.14 a e b). Esta população se assemelhou com as características descritas para *Tylenchorhynchus maximus*, contudo, esta população se diferenciou por não apresentar uma linha longitudinal atrás de cada anfédeo.

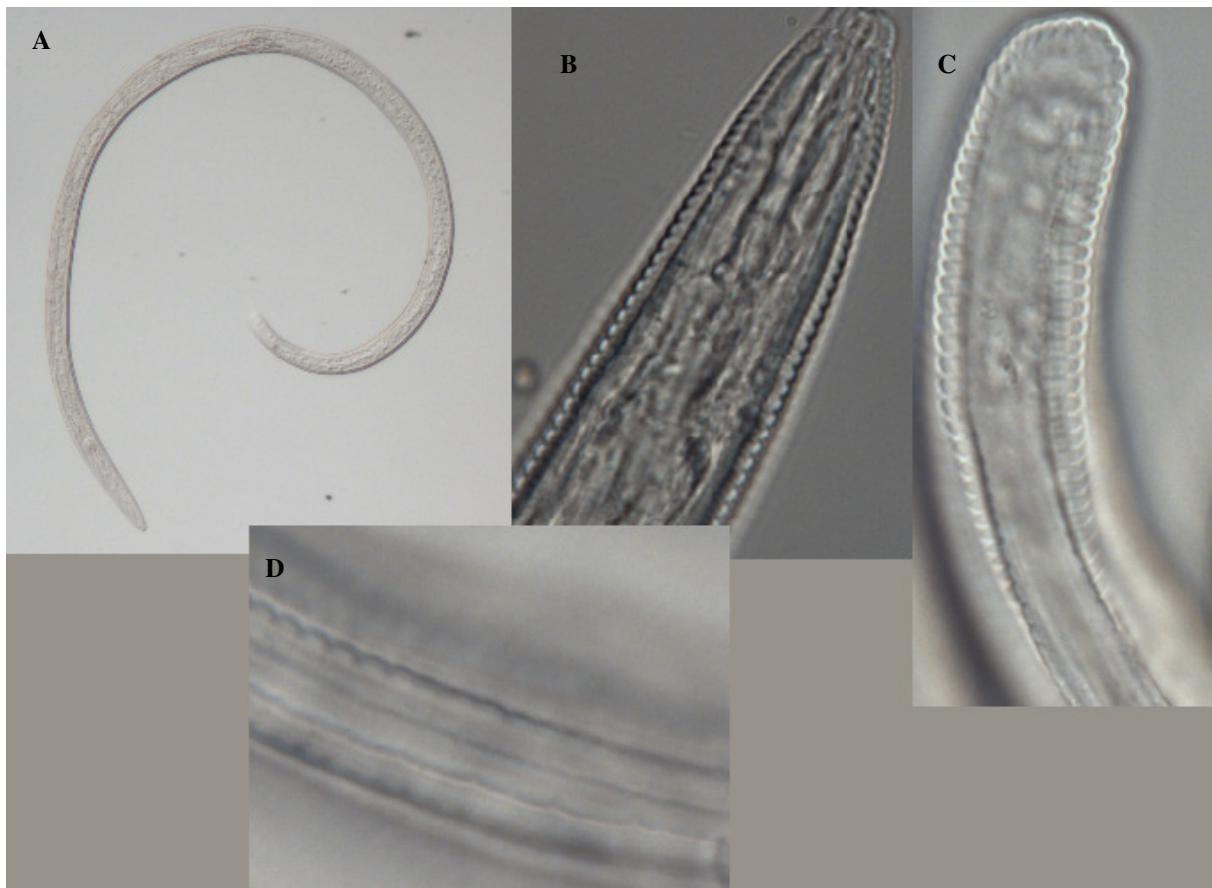


Figura 4.14a. *Tylenchorhynchus* sp., população 8, provenientes da UCR, Riverside-Califórnia, nos Estados Unidos, (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) região cefálica apresentando-se “offset” e com estilete delicado e nódulos pequenos; (C) cauda apresentando forma subcilíndrica (D) campo lateral com 4 incisuras.

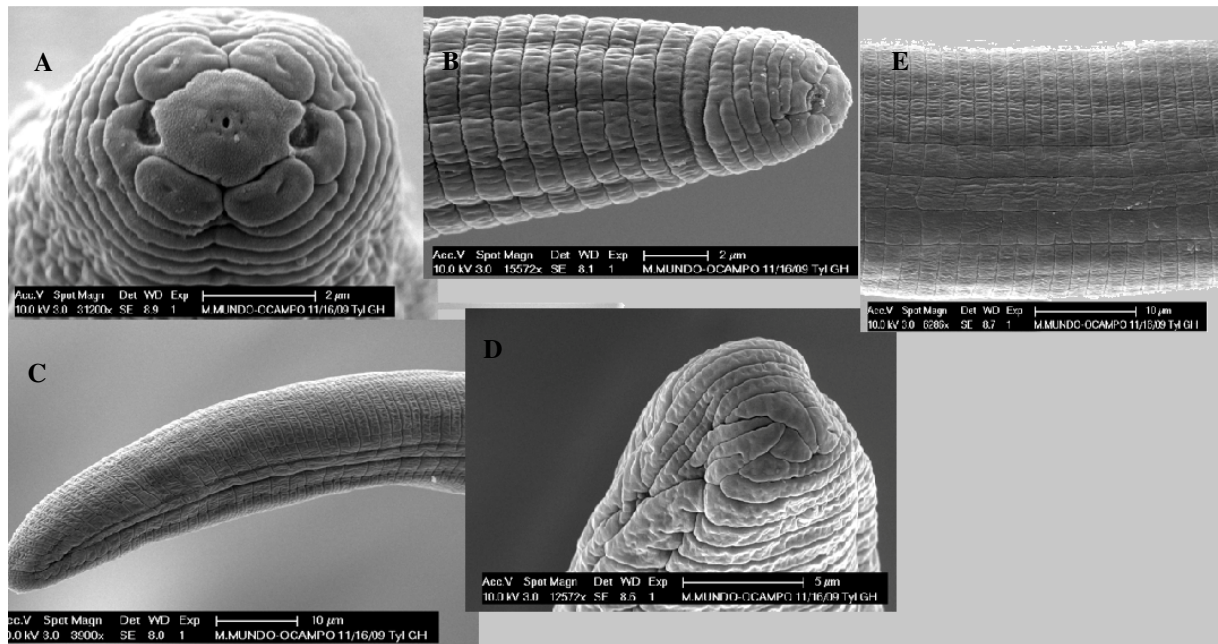


Figura 4.14b. Micrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) da população 8 de *Tylenchorhynchus* sp., proveniente de Casa de vegetação (UCR): (A-B) Região labial com vista frontal e vista lateral destacando os anéis cefálicos; (C-D) Cauda subcilíndrica com anelações na ponta; (E) Campo lateral areolado com 4 incisuras.

Tabela 4.14. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus* sp. população 8, proveniente da UCR, Riverside-Califórnia, Estados Unidos.

<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	
Green House- UCR (USA)	
5 Fêmeas	
L (µm)	1386,32±61,41 (1332,07-1473,55)
Largura do corpo (µm)	28,48±3,07 (25,99-32,34)
Poros excretor - região labial (µm)	145,91±7,07 (136,66-154,52)
Vulva-região labial (µm)	694,74±46,37 (637,79-751,67)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	32,15±1,32 (30,6-33,9)
Vulva-ânus (µm)	617,8±12,13 (602,32-630,18)
Comprimento da cauda (µm)	72,65±6,29 (67,68-83,04)
Largura da cauda (µm)	22,37±2,22 (19,74-24,64)
Ânus-fasmídeo (µm)	32,28±3,18 (26,88-34,69)
Extremidade anterior - cardia (µm)	218,16±15,26 (199,74-233,76)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	213,59±15,33 (195,18-229,39)
DGO (µm)	2,67±0 (2,67-2,67)
Estilete (µm)	25,27±0,74 (24,44-26,46)
Altura da região labial (µm)	4,68±0,2 (4,42-4,96)
Largura da região labial (µm)	8,96±0,49 (8,19-9,43)
Gonada 1 (µm)	251,45±23,82 (218,34-273,97)
Gonada 2 (µm)	253,91±29,24 (219,03-293,2)
Testículo (µm)	–
Espícula (µm)	–
Gubernáculo (µm)	–
Número de anéis cefálicos	6,2±0,45 (6-7)
Número de anéis na cauda	34,33±4,04 (32-39)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)
a	49,05±4,84 (41,97-54,92)
b	6,5±0,3 (6,25-6,95)
b'	6,37±0,28 (6,13-6,79)
V(%)	53±0,01 (51-54)
T(%)	–
c	19,16±1,36 (17,19-20,72)
c'	3,26±0,28 (2,96-3,58)
G1(%)	18±0,02 (16-20)
G2(%)	18±0,02 (15-21)
Epermateca	–
Deirídeos	Não_

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; cárdia c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Tylenchorhynchus* sp. (População 9 – Coachela Valley, Estados Unidos)**

A população 9, proveniente de Coachela Valley, nos Estados Unidos, apresentou a forma do corpo alongada. Campo lateral com 4 incisuras. Região cefálica “offset”, com presença de 5-7 anéis cefálicos, disco labial dividido em 4 setores, com estria longitudinal localizada logo atrás do anfídeo. Estilete delicado, com nódulos pequenos. Cauda da fêmea subcilíndrica com presença de 43-63 anéis caudais, com término arredondado (Figuras 4.15 a e b). Esta população não se assemelhou com nenhuma espécie descrita para o gênero *Tylenchorhynchus*, podendo se tratar, provavelmente, de uma nova espécie inserida em outro gênero.

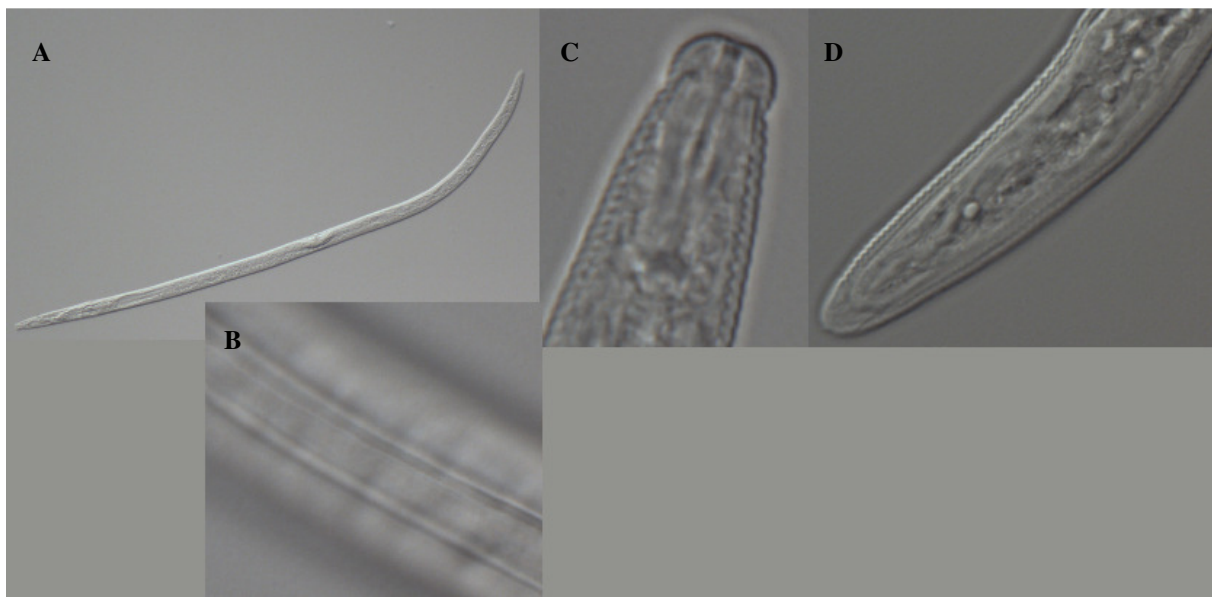


Figura 4.15a. *Tylenchorhynchus* sp., população 9, provenientes de Coachela Valley, nos Estados Unidos, (fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) campo lateral com 4 incisuras; (C) região cefálica apresentando-se “offset”; (D) cauda apresentando forma subcilíndrica.

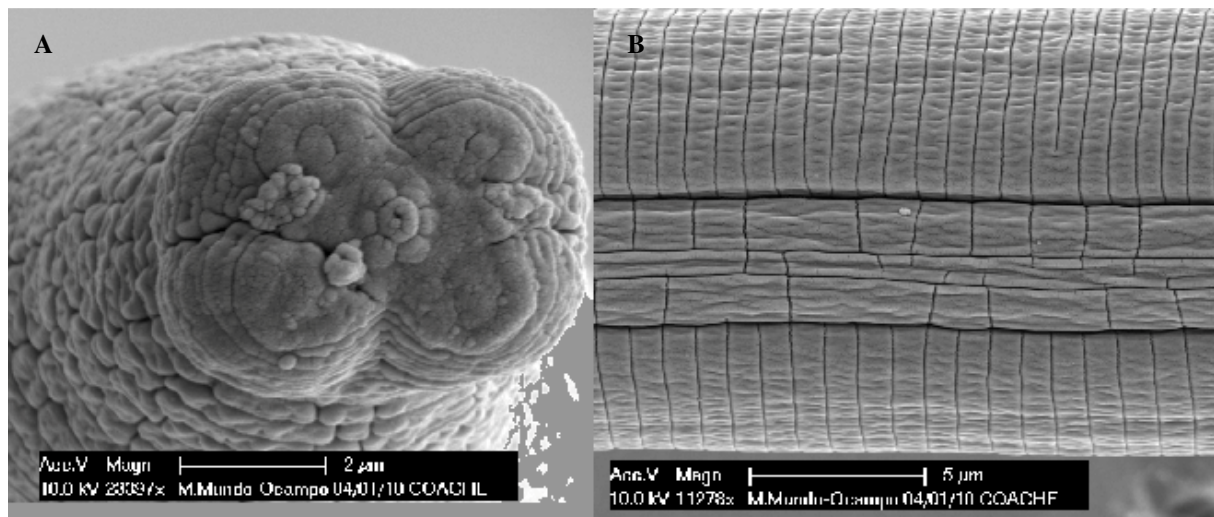


Figura 4.15b. Micrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) de *Tylenchorhynchus* spp., população 9, proveniente de Coachela Valley: (A) Região labial com vista frontal e vista lateral destacando os anéis cefálicos; (B) Campo lateral com 4 incisuras.

Tabela 4.15. Dados morfométricos de *Tylenchorhynchus* sp. população 9, proveniente Coachela Valley, Estados Unidos.

	<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	
	Coachela Valley (USA)	
	9 Fêmeas	2 machos
L (µm)	827,89±36,59(778,79-880,56)	816,875±30,58(795,25-838,5)
Largura do corpo (µm)	22,49±1,39(20,6-25,31)	21,36±0,57(20,95-21,77)
Poros excretor - região labial (µm)	131,81±5,64(119,92-139,79)	138,2±7,07(133,2-143,2)
Vulva-região labial (µm)	454,27±20,55(427,71-493,39)	–
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	21,81±1,78(18,81-24,8)	–
Vulva-ânus (µm)	330,19±23,8(292,69-361,28)	–
Comprimento da cauda (µm)	55,53±3,82(48,91-61,81)	58,83±1,85(57,52-60,14)
Largura da cauda (µm)	17,26±1,08(15,25-18,57)	14,635±0,41(14,34-14,93)
Ânus-fasmídeo (µm)	15,84±3,37(11,76-21,36)	18,82±4,07(15,94-21,7)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	150,4±4,76(143,78-157,4)	157,66±4,57(154,43-160,9)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	145,82±5,56(137,77-154,17)	152,18±3,18(149,93-154,44)
DGO (µm)	2,23±0,03(2,17-2,28)	2,29±0(2,29-2,29)
Estilete (µm)	16,96±0,71(15,85-17,99)	17,48±0,08(17,42-17,54)
Altura da região labial (µm)	4,19±0,55(3,06-4,98)	4,23±0,39(3,95-4,51)
Largura da região labial (µm)	8,9±0,46(8,24-9,56)	8,72±1,15(7,9-9,54)
Gonada 1 (µm)	212,75±31,06(173,92-260,99)	–
Gonada 2 (µm)	208,85±29,49(162,79-263,26)	–
Testículo (µm)	–	434,91±61,51(391,42-478,41)
Espícula (µm)	–	27,23±0,75(26,7-27,77)
Gubernáculo (µm)	–	12,34±0,94(11,68-13,01)
Número de anéis cefálicos	5,86±0,6(5-7)	5±0(5-5)
Número de anéis na cauda	49±6,58(43-63)	57±4,24(54-60)
Número de linhas laterais	4±0(4-4)	4±0(4-4)
a	36,8±1,97(37,81-34,79)	38,24±2,47(37,95-38,51)
b	5,68±0,25(5,65-5,71)	5,36±0,31(5,3-5,42)
b'	5,5±0,24(5,42-5,59)	5,18±0,34(5,14-5,21)
V(%)	57±0,02(59-57)	–
T(%)	–	53±0,05(49-57)
c	14,9±1,38(15,92-14,25)	13,88±0,95(13,82-13,94)
c'	3,22±0,38(3,21-3,33)	4,01±0,012(4,01-4,028)
G1(%)	0,26±0,03(0,22-0,3)	–
G2(%)	0,25±0,03(0,21-0,3)	–
Epermateca	–	–
Deirídeos	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Quinisolcius acutoides* (Torne & Malek, 1968)**

As populações 24, 25 e 26 de *Quinisolcius acutoides* proveniente de amostras coletadas em Guassave, no México, tiveram como características forma do corpo curvada na região posterior do corpo, depois da vulva. Campo lateral com 5 incisuras. Região labial “offset”, moderadamente esclerosada, com 4 a 5 anéis cefálicos. Cauda da fêmea conoide, com o término pontiagudo, com 21 a 26 anéis caudais (Figuras 4.16 a e b). Todas estas características, somadas aos caracteres morfométricos (Tabela 4.16) são coincidentes às originalmente apresentadas para *Quinisolcius acutoides* por (Torne & Malek, 1968).

Esta espécie foi relatada pela primeira vez nos Estados Unidos, nos estados Dakota e Montana (Geraert, 2011).

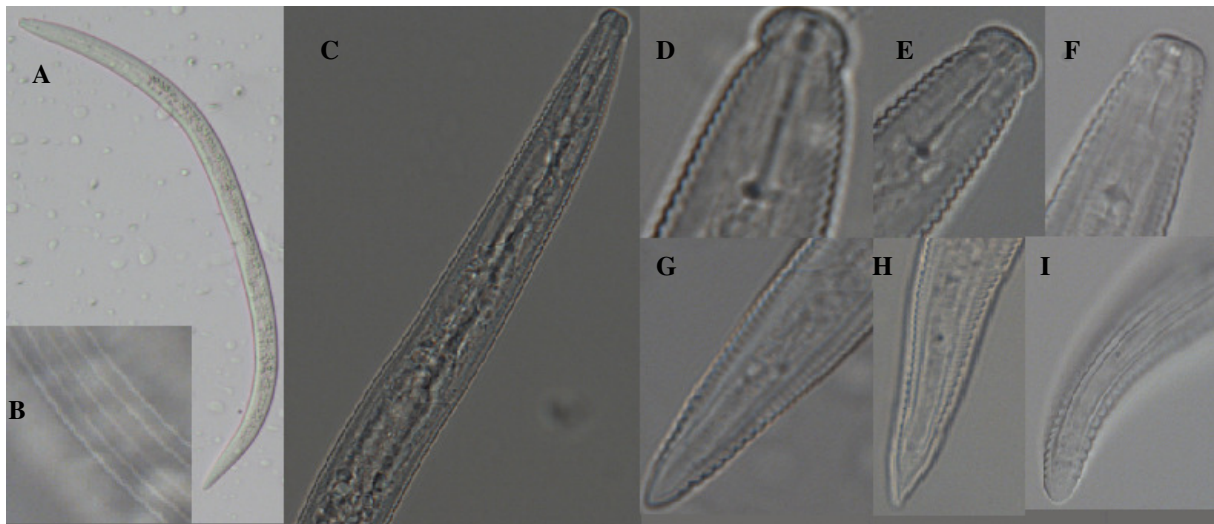


Figura 4.16a. *Quinisolcius acutoides* populações 24, 25 e 26 provenientes do de Guassave, México, (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) Campo lateral com 5 incisuras; (C) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e parte do esôfago, até a porção posterior do esôfago; (D-F) região cefálica com estilete robusto e nódulos em forma de âncora, população 34, 35 e 36, respectivamente; (G-I) cauda apresentando forma conoide com a parte terminal apontada, da população 34, 35 e 36, respectivamente.

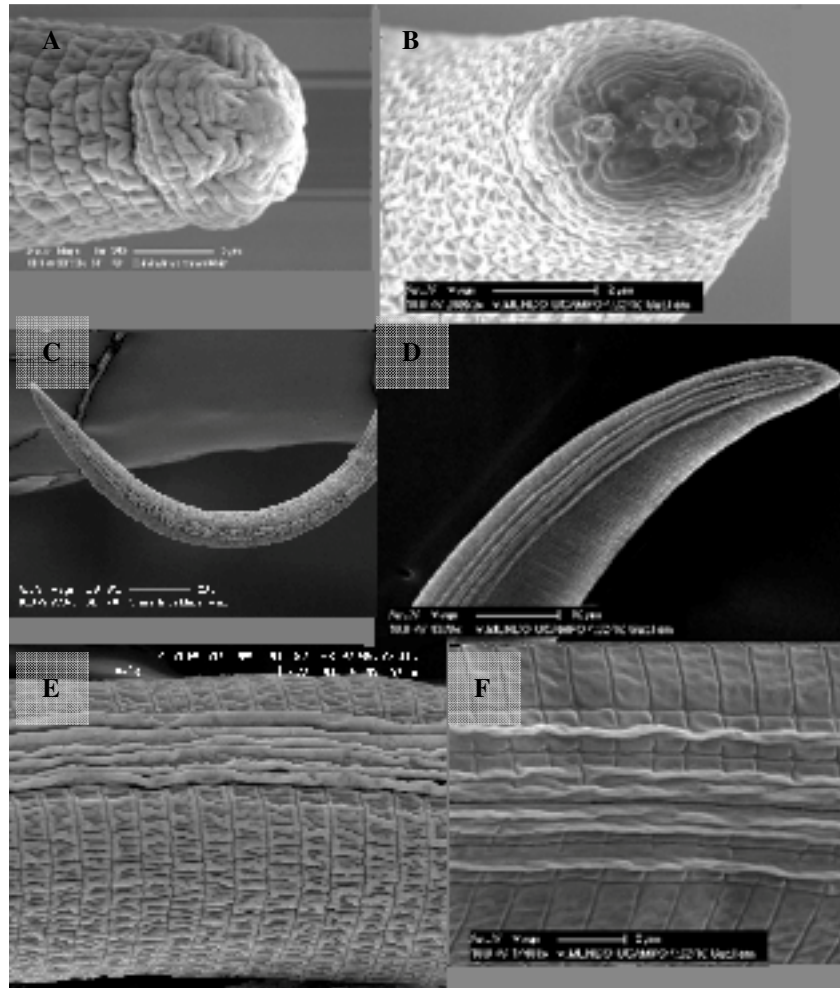


Figura 4.16b. Micrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura(MEV) das populações 24 e 25 de *Quinusilcius acutoides*, proveniente de Guassave, México: (A) Vista lateral da região labial, destacando os anéis cefálicos; (B) Vista frontal da região cefálica; (C-D) Cauda com a forma conoide e término pontiagudo; (E-F) Campo lateral com 5 incisuras.

Tabela 4.16. Dados morfométricos de *Quinusulcius acutoides* (populações 24, 25 e 26), provenientes de Guassave, México.

	<i>Quinusulcius acutoides</i>					
	Guassave-Maceta Maiz (México)		Guassave-Maceta (México)		Guassave Sinaloa (México)	
	7 Fêmeas	1 Macho	5 Fêmeas	2 Machos	2 Fêmeas	
L (µm)	600,38±43,43 (542,71-672,01)	552,63	622,51±34,43 (592,33-680,1)	591,52±0,69 (591,03-592,01)	837,34±10,13 (830,18-844,5)	
Largura do corpo (µm)	22,14±1,69 (19,54-24,42)	20,60	21,27±1,6 (19,28-23,6)	20,63±0,53 (20,25-21)	22,33±3,73 (19,69-24,96)	
Poros excretor - região labial (µm)	116,59±17 (101,46-151,89)	104,90	113,93±4,36 (108,79-119,27)	109,51±4,43 (106,38-112,64)	128,55±6,49 (123,96-133,14)	
Vulva-região labial (µm)	331,92±22,52 (298,59-362,01)	-	343,28±16,02 (326,75-360,17)	-	467,8±6,93 (462,9-472,7)	
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	22,16±1,64 (20,25-24,71)	-	20,83±1,29 (19,77-22,66)	-	24,93±0,28 (24,73-25,12)	
Vulva-ânus (µm)	227,14±24,72 (206,19-279,12)	-	236,25±29,02 (212,47-282,61)	-	325,26±0,44 (324,95-325,57)	
Comprimento da cauda (µm)	42,79±4,4 (37,95-50)	48,56	42,1±2,51 (40,15-46,09)	52,78±2,16 (51,25-54,31)	44,85±3,2 (42,59-47,11)	
Largura da cauda (µm)	14,83±0,74 (13,6-15,76)	15,99	14,41±0,67 (13,73-15,46)	14,95±0,22 (14,79-15,1)	17,4±1,82 (16,11-18,68)	
Ânus-fasmídeo (µm)	14,7±1,99 (12,22-18,01)	23,68	14,42±0,78 (13,43-15,25)	23,03±0,25 (22,85-23,2)	14,01±5,08 (10,42-17,6)	
Extremidade anterior - cárdia (µm)	137,87±8,85 (128,7-152,62)	128,45	140,2±10,67 (125,24-151,34)	134,49±4,02 (131,64-137,33)	150±11,31 (142-157,99)	
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	132,83±8,56 (122,1-146,55)	124,92	136,41±10,77 (122,01-148,17)	131,77±2,95 (129,68-133,85)	146,37±9,94 (139,34-153,4)	
DGO (µm)	1,74±0,42 (1,05-2,33)	1,79	1,63±0,29 (1,28-1,91)	1,89±0 (1,89-1,89)	1,79±0,14 (1,69-1,89)	
Estilete (µm)	16,94±1,36 (14,63-18,34)	14,50	15,73±1,21 (14,49-17,48)	15,93±0,73 (15,41-16,44)	18,18±1,07 (17,42-18,93)	
Altura da região labial (µm)	4,26±0,54 (3,63-5,18)	3,50	3,91±0,59 (3,1-4,44)	3,6±0,09 (3,53-3,66)	3,67±0,09 (3,6-3,73)	
Largura da região labial (µm)	8,97±1,04 (7,76-10,24)	7,90	8,72±0,21 (8,52-9,04)	7,95±0,13 (7,85-8,04)	7,65±0,13 (7,56-7,74)	
Gonada 1 (µm)	155,31±13,01 (140,83-177,96)	-	185,86±11,41 (173,51-202,52)	-	192,66±38,55 (165,4-219,92)	
Gonada 2 (µm)	157,02±11,9 (137,33-175,73)	-	184,99±10,71 (173,46-195,93)	-	193,57±29,08 (173,01-214,13)	
Testículo (µm)	-	270,94	-	256,54±49,93 (221,23-291,84)	-	
Espículo (µm)	-	24,66	-	20,82±0,49 (20,47-21,16)	-	
Gubernáculo (µm)	-	8,59	-	9,86±0,47 (9,52-10,19)	-	
Número de anéis cefálicos	4,71±0,49 (4-5)	5,00	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	4±0 (4-4)	
Número de anéis na cauda	26,86±4,45 (23-34)	31,00	24,8±3,27 (22-30)	46±0 (46-46)	21,5±2,12 (20-23)	
Número de linhas laterais	5±0 (5-5)	5,00	5±0 (5-5)	5±0 (5-5)	5±0 (5-5)	
a	27,23±2,45 (23,35-29,41)	26,83	29,4±2,62 (26,03-32,38)	28,69±0,77 (28,14-29,24)	38,08±6,81 (33,26-42,89)	
b	4,56±0,24 (4,33-4,93)	4,42	4,58±0,26 (4,15-4,85)	4,49±0,1 (4,42-4,56)	5,73±0,32 (5,51-5,96)	
b'	4,39±0,22 (4,18-4,75)	4,30	4,45±0,25 (4,06-4,73)	4,4±0,13 (4,31-4,49)	5,6±0,35 (5,35-5,85)	
V(%)	0,59±0,02 (0,56-0,61)	-	0,59±0,03 (0,56-0,62)	-	0,59±0 (0,59-0,59)	
T(%)	-	0,49	-	43±4,08 (37-49)	-	
c	14,09±0,92 (12,82-15,25)	11,38	14,82±1,16 (13,55-16,66)	11,22±0,45 (10,9-11,53)	18,73±1,56 (17,62-19,83)	
c'	2,88±0,2 (2,64-3,17)	3,04	2,92±0,15 (2,78-3,16)	3,53±0,2 (3,39-3,67)	2,58±0,09 (2,52-2,64)	
G1(%)	26±1,01 (23-27)	-	30±0,02 (28-33)	-	23±1,05 (20-26)	
G2(%)	26±1,02 (23-28)	-	30±0,02 (28-32)	-	23±1,04 (20-26)	
Epermateca (presença)	Sim	-	Sim	-	-	
Deirídeos (presença)	Não	Não	Não	Não	Sim_	

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo/L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Quinisulcius punici* Gupta & Uma, 1980**

Quinisulcius punici provenientes de Granite Mountain (população 17) e de Deep Canyon (população 18), caracterizou pela presença de campo lateral areolado, com 5 incisuras. Região cefálica “offset” com 5 anéis cefálicos e esqueleto cefálico pouco esclerosado. Estilete moderadamente desenvolvido, com nódulos robustos e projetados para a extremidade anterior. Cauda conoide, com 31 a 38 anéis caudais (Figura 4.17). Estas características juntamente com os dados morfométricos (Tabela 4.17) se enquadram nas características da descrição original da espécie *Tylenchorhyncus punici* por (Gupta & Uma, 1980).

Esta espécie foi descrita encontrada primeira vez na Índia.

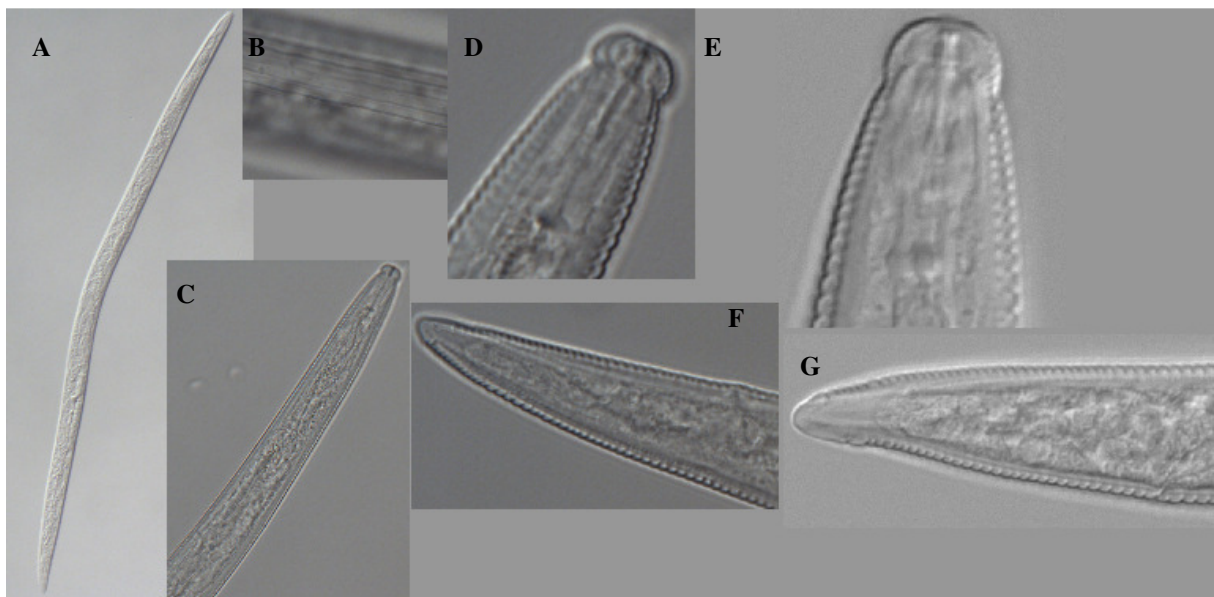


Figura 4.17. *Quinisulcius punici* populações 17 e 18 provenientes da Califórnia das localidades de Granite Mountain e Deep Canyon, respectivamente, (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) Campo lateral com 5 incisuras; (C) Parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e o esôfago; (D-E) Região cefálica com estilete robusto e nódulos projetados anteriormente; (G-I) Cauda apresentando forma conoide com a parte terminal apontada.

Tabela 4.17. Dados morfométricos das populações 17 e 18 provenientes de Deep Canyon e Granite Mountain, Estado Unidos.

	<i>Quinisulcius punici</i>	
	<u>Deep Canyon (USA)</u>	<u>Granite Mountain (USA)</u>
	25 Fêmeas	11 Fêmeas
L (µm)	624,79±42,05(557,32-707,24)	751,32±76,9 (630,2-876,75)
Largura do corpo (µm)	20,38±1,2(17,24-22,15)	24,55±2,23 (21,48-28,03)
Poros excretor - região labial (µm)	101,67±5,75(90,8-111,9)	122,54±9,44 (109,87-147,72)
Vulva-região labial (µm)	331,72±21,42(292,86-370,76)	396,16±33,54 (345,67-453,42)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	19,73±1,13(16,5-21,65)	24,54±1,46 (22,79-27,64)
Vulva-ânus (µm)	253,22±19,25(220,94-292,74)	303,63±34,53 (256,4-376,66)
Comprimento da cauda (µm)	40,73±2,27(36,66-46,02)	50,47±4,88 (40,91-55,86)
Largura da cauda (µm)	14,28±1,03(12,37-16,51)	16,25±1,39 (13,97-18,22)
Ânus-fasmídeo (µm)	13,43±1,98(8,07-18,68)	18,63±2,78 (13,07-23,44)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	122,73±5,32(112,03-131,39)	144,77±11,72 (129,1-171,72)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	118,19±5,25(107,83-127,31)	140,6±12,38 (124,32-169,47)
DGO (µm)	1,97±0,26(1,55-2,53)	2,58±0,34 (1,83-2,95)
Estilete (µm)	15,65±0,79(13,47-17,06)	18,79±0,74 (17,86-20,01)
Altura da região labial (µm)	4,11±0,52(2,98-5,35)	4,21±0,49 (3,71-5,33)
Largura da região labial (µm)	7,72±0,38(6,73-8,22)	8,7±0,63 (7,87-9,57)
Gonada 1 (µm)	137,8±14,36(114,93-178,13)	180,42±27,76 (137,65-225,39)
Gonada 2 (µm)	138,59±20,69(114,4-203,31)	178,25±27,15 (137,36-227,85)
Testículo (µm)	–	–
Espículo (µm)	–	–
Gubernáculo (µm)	–	–
Número de anéis cefálicos	6±2,2(5-7)	5±1,42 (5-6)
Número de anéis na cauda	31,2±2,43(26-38)	38,27±6,13 (27-47)
Número de linhas laterais	5±0(5-5)	4,91±0,3 (4-5)
a	30,68±1,52(27,64-33,16)	30,64±2,27 (27,25-35,13)
b	5,09±0,32(4,41-5,64)	5,35±0,45 (4,89-6,48)
b'	5,29±0,32(4,55-5,84)	5,19±0,41 (4,77-6,22)
V(%)	53,11±4,86(51-55)	57±3,02 (52-59)
T(%)	–	–
c	15,34±0,59(14,29-16,51)	14,98±1,94 (13,32-20,24)
c'	2,86±0,15(2,64-3,13)	3,13±0,4 (2,25-3,92)
G1(%)	22,09±2,14(18,16-27,1)	24±2,03 (21-31)
G2(%)	22,24±3,55(18,09-35,92)	24±2,03 (21-31)
Epermateca (presença)	–	–
Deirídeos (presença)	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre o comprimento do corpo/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b' = relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia;c= relação entre o L/comprimento da cauda; c' = relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Quinisulcius* sp. (População 23- Guassave, México)**

Esta população se caracterizou por apresentar corpo alongado, ligeiramente curvado ventralmente. Região cefálica contínua com a linha do corpo, região cefálica esclerosada, com ausência de anéis cefálicos. Estilete delicado com nódulos projetados para a extremidade anterior do corpo. Campo lateral com 5 incisuras e formando 4 bandas elevadas. Cauda subcilíndrica e ligeiramente clavada, com média de 34 anéis caudais e presença de anelações na extremidade (Figura 4.18). Estas características morfológicas, juntamente com os dados morfométricos (Tabela 4.18) não se enquadraram em nenhuma descrição de espécies do gênero *Quinisulcius*, sugerindo tratar-se de uma possível nova espécie para a ciência.

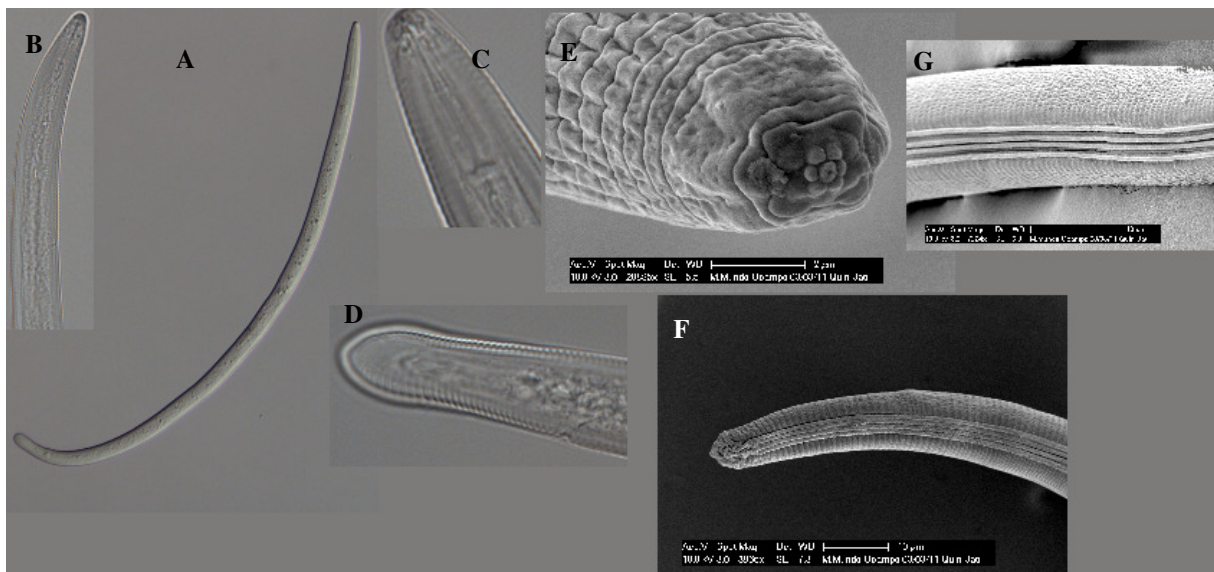


Figura 4.18. *Quinisulcius* sp. população 23 proveniente de Guassave, México, (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e o esôfago; (C) Região anterior do corpo, mostrando o estilete delicado, com nódulos projetados para a extremidade superior do corpo; (D) Parte posterior do corpo mostrando a cauda subcilíndrica, ligeiramente clavada; (E - G) Micrografia ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) mostrando a região cefálica contínua ao corpo e sem anéis cefálicos (E); Parte posterior do corpo mostrando cauda e linhas do campo lateral areolado (F); Campo lateral com 5 incisuras formando 4 bandas elevadas (G).

Figura 4.18. Dados morfométricos da população 23 de *Quinisulcius* sp. proveniente de Guassave, México.

<i>Quinisulcius</i> sp.	
Guassave <i>Jatropha</i> (México)	
6 Fêmeas	
L (µm)	832,93±54,85 (756,29-906,12)
Largura do corpo (µm)	23,51±1,44 (22,1-25,1)
Poros excretor - região labial (µm)	123,6±8,99 (114,71-134,63)
Vulva-região labial (µm)	453,17±25,26 (416,88-487,58)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	23,33±1,31 (22,02-25,27)
Vulva-ânus (µm)	333,92±29,4 (293,2-372,23)
Comprimento da cauda (µm)	48,29±4,22 (42,8-54,2)
Largura da cauda (µm)	17,63±0,77 (16,81-18,68)
Ânus-fasmídeo (µm)	13,57±1,89 (11,12-15,4)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	158,68±5,44 (153,32-166,52)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	154,91±5,01 (149,17-161,6)
DGO (µm)	2,13±0,31 (1,64-2,48)
Estilete (µm)	22,45±0,83 (21,75-23,8)
Altura da região labial (µm)	3,56±0,31 (3,17-3,92)
Largura da região labial (µm)	7,32±0,65 (6,74-8,27)
Gonada 1 (µm)	205,69±13,4 (191,31-223,55)
Gonada 2 (µm)	204,38±17,51 (183,52-227,66)
Testículo (µm)	–
Espículo (µm)	–
Gubernáculo (µm)	–
Número de anéis cefálicos	0±0 (0-0)
Número de anéis na cauda	34,67±3,91 (30-40)
Número de linhas laterais	5±0 (5-5)
a	35,43±1,67 (34,22-36,1)
b	5,38±0,21 (5,07-5,61)
b'	5,25±0,23 (4,93-5,44)
V(%)	0,58±0,01 (0,59-0,57)
T(%)	–
c	17,25±1,16 (17,67-16,72)
c'	2,74±0,2 (2,55-2,9)
G1(%)	25±0,00 (25-25)
G2(%)	25±0,02 (24-25)
Epermateca (presença)	–
Deirídeos (presença)	–

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Trophurus usuriensis* Eroshenko, 1981**

Esta população de *T. usuriensis*, proveniente de Viçosa (população 31), Minas Gerais, foi caracterizada por apresentar uma leve curvatura na região ventral e presença de apenas um ovário e um saco pós uterino. Cutícula finamente anelada, sendo que na cauda a anelação torna-se mais acentuada. Possui campo lateral com 4 incisuras. Região cefálica cônica contínua com a linha do corpo. Estilete delicado com pequenos nódulos ovalados. Cauda clavada com espessamento na ponta e término com anelações suaves (Figura 4.22). Estas características, juntamente com os dados morfométricos apresentados na Tabela 4.22, são similares com a descrição apresentada por Karegar *et al.* (1995).

Esta espécie, segundo Eroshenko (1981) se assemelha com *T. sculptus* Loof, 1956, *T. minessotensis* (Caveness, 1958) Caveness, 1959 e *T. similis* Khan & Nanjappa, 1971 e foi descrita pela primeira vez na Rússia (Geraert, 2011).

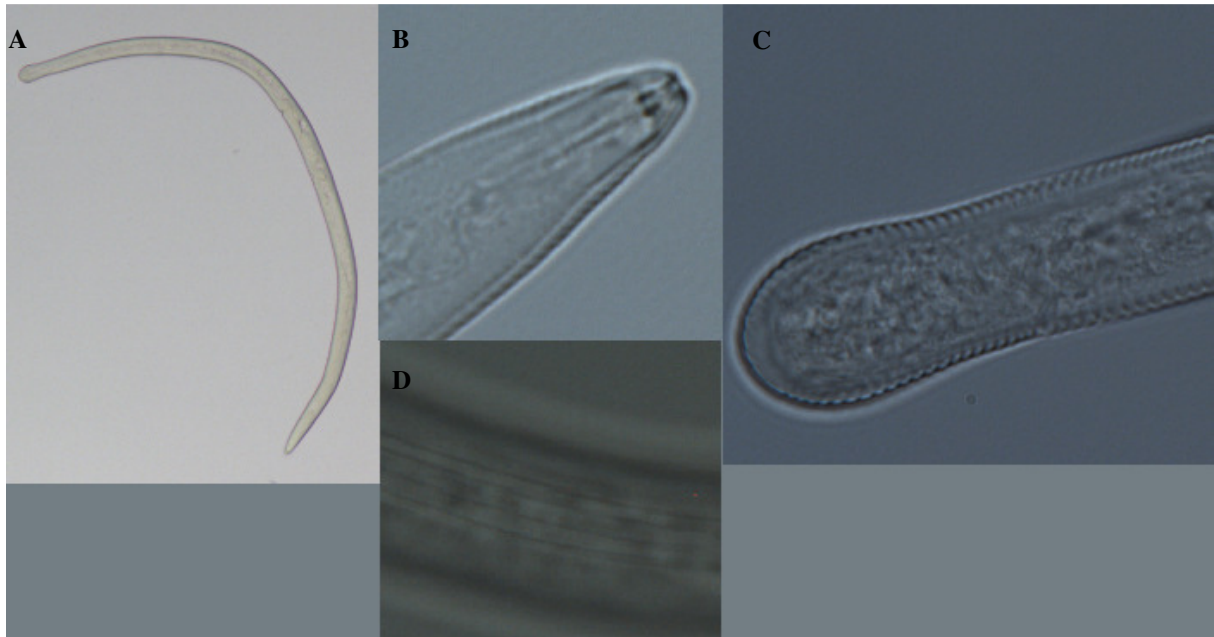


Figura 4.22. *Trophurus usuriensis*, população 31, proveniente de Viçosa, Brasil (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) região cefálica contínua ao corpo, com estilete delicado; (C) cauda com engrossamento da ponta; (D) Campo lateral com 4 incisuras.

Tabela 4.22. Dados morfométricos de *Trophurus usuriensis*, população 31, provenientes de Viçosa, Brasil.

	<i>Trophurus usuriensis</i>	
	Viçosa-MG (Brazil)	
	3 Fêmeas	1 Macho
L (µm)	761,59±66,41 (812,73-686,53)	734,36
Largura do corpo (µm)	21,76±3,64 (24,41-17,61)	19,44
Poros excretor - região labial (µm)	106,16±1,56 (107,75-104,63)	101,15
Vulva-região labial (µm)	445,8±2,16 (447,75-443,48)	–
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	21,61±1,41 (22,83-20,06)	–
Vulva-ânus (µm)	255,22±60,33 (324,1-211,76)	–
Comprimento da cauda (µm)	35,84±1,79 (37,1-34,57)	40,84
Largura da cauda (µm)	16,83±2,05 (18,28-15,38)	14,31
Ânus-fasmídeo (µm)	15,34±5,17 (18,99-11,68)	19,15
Extremidade anterior - cárdia (µm)	188,08±15,32 (205,75-178,49)	168,82
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	181,09±13,59 (196,74-172,26)	162,3
DGO (µm)	1,31±0,27 (1,51-1)	–
Estilete (µm)	16,31±0,64 (16,94-15,66)	16,1
Altura da região labial (µm)	3,76±0,48 (4,16-3,23)	4,62
Largura da região labial (µm)	5,62±0,2 (5,85-5,46)	6,85
Gonada 1 (µm)	214,23±18,04 (230,56-194,86)	–
Testículo (µm)	–	415,55
Espículo (µm)	–	19,19
Gubernáculo (µm)	–	7,1
Número de anéis cefálicos	Liso	Liso
Número de anéis na cauda	25±2,83 (27-23)	Liso
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)	4
a	34,99±3,16 (33,29-38,99)	–
b	4,21±0,39 (4,13-3,99)	–
b'	4,05±0,39 (3,95-3,85)	–
V(%)	64±3,05 (58-68)	–
T(%)	–	–
c	21,25±1,65 (21,91-19,86)	–
c'	2,13±0,37 (2,03-2,25)	–
G(%)	28±0,0 (28-28)	–
Epermateca (presença)	Sim	Não
Deirídeos (presença)	_Não	Não_

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G= comprimento gonada/L x 100.

***Paratrophurus costarrisensis* López, 1986**

Esta população de *Paratrophurus costarrisensis*, proveniente de Guassave no México (população 22) se caracterizou por apresentar espécimes com curvatura ventral e campo lateral com 4 incisuras. Região cefálica arredondada e sem anelação distinta e presença de esqueleto cefálico esclerosado. O estilete é robusto com nódulos achatados na superfície superior e projetados lateralmente. A cauda é cilíndrica, com 14 a 26 anéis caudais com término hialino, sem anulações (Figura 4.23). Estas características, juntamente às apresentadas na Tabela (4.23) são similares à descrição feita por (López, 1986). Contudo, pequenas diferenças quanto ao comprimento do corpo (633 μm -710 μm vs. 500 μm -580 μm) e ao tamanho do estilete (24 μm -26 μm vs. 21 μm -23 μm) foram observadas nesta população.

Esta espécie foi descrita pela primeira vez na Costa Rica.

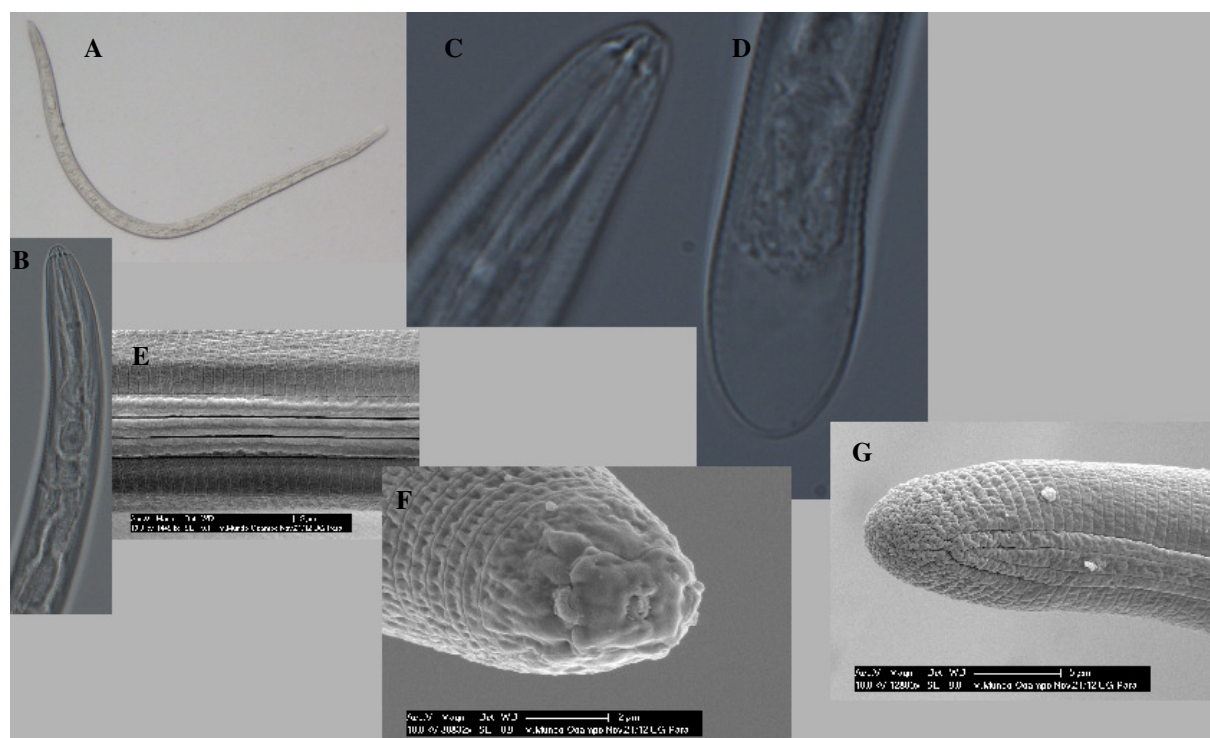


Figura 4.23. *Paratrophurus costarrisensis*, população 22, proveniente de Guassave, México, (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) Parte anterior do corpo mostrando a região posterior do esôfago; (C) Região cefálica com estilete robusto; (D) Cauda cilíndrica com término hialino; (E-F) Micrografias ao Microscópio de Varredura (MEV) mostrando a estrutura da região cefálica e cauda, respectivamente.

Tabela 4.23. Dados morfométricos de *Paratrophurus costarrisensis*, população 22, proveniente de Guassave, México.

<i>Paratrophurus costarrisensis</i>	
Guassave (México)	
7 Fêmeas	
L (µm)	684,89±24,16 (655,62-718,26)
Largura do corpo (µm)	21,15±0,91 (20,25-22,62)
Poros excretor - região labial (µm)	81,77±8,4 (68,86-94,91)
Vulva-região labial (µm)	395,79±36,87 (339,37-435,86)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	20,19±0,46 (19,6-20,86)
Vulva-ânus (µm)	254,85±30,04 (230,92-314)
Comprimento da cauda (µm)	32,01±3,35 (28,64-37,42)
Largura da cauda (µm)	16,53±0,88 (15,81-17,67)
Ânus-fasmídeo (µm)	7,23±1,16 (5,74-8,34)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	143,81±8,78 (133,43-159,7)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	139,67±7,78 (130,03-152,93)
DGO (µm)	2,94±0,46 (2,46-3,56)
Estilete (µm)	24,98±0,89 (24,03-26,55)
Altura da região labial (µm)	3,87±0,52 (3,23-4,59)
Largura da região labial (µm)	7,01±0,59 (6,18-7,89)
Gonada 1 (µm)	135,97±16,16 (118,9-159,99)
Gonada 2 (µm)	137,78±15,36 (123,9-165,77)
Testículo (µm)	-
Espículo (µm)	-
Gubernáculo (µm)	-
Número de anéis cefálicos	Liso
Número de anéis na cauda	20±6,38 (14-26)
Número de linhas laterais	4±0 (4-4)
a	32,41±1,36 (29,7-33,43)
b	4,77±0,23 (4,5-5,04)
b'	4,91±0,22 (4,68-5,18)
V(%)	57,74±4,27 (50,56-60,69)
T(%)	-
c	18,64±8,5 (18-24)
c'	1,67±0,77 (1,73-2,37)
G1(%)	19,83±2,05 (17,7-23,13)
G2(%)	20,11±2,09 (18,3-24,3)
Epermateca (presença)	Sim
Deirídeos (presença)	-Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Paratrophurus* sp. (Amazônia, Brasil)**

A população de *Paratrophurus*, proveniente de amostra coletada na Amazônia, Brasil (população 32) se caracterizou por apresentar corpo espiralado. Região cefálica contínua ao corpo, com presença de 4 anéis cefálicos. Estilete delicado com nódulos pouco desenvolvidos. Campo lateral com 4 incisuras. Cauda subcilíndrica com uma leve depressão na ponta e término hialino com anelação terminal. Esta população pode possivelmente tratar-se de uma nova espécie do gênero *Paratrophurus*, pois as características morfológicas em conjunto com as morfométricas não foram condizentes com nenhuma descrição de espécies já relatadas para este gênero.

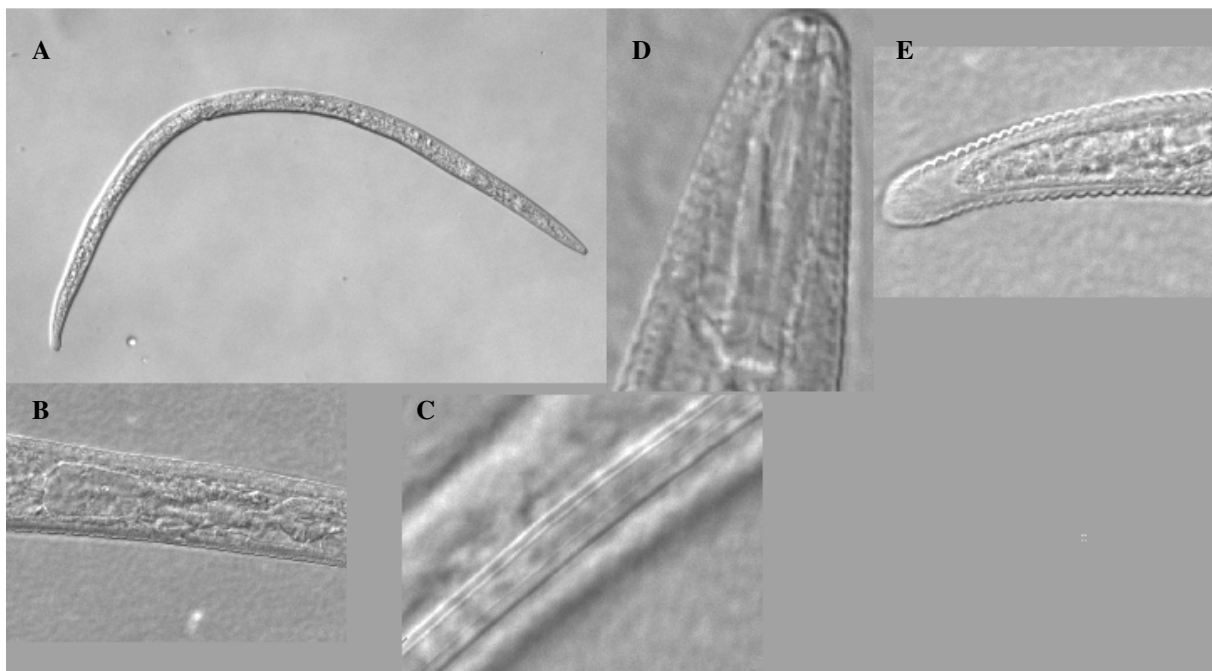


Figura 4.24. *Paratrophurus* sp., População 32, Amazônia, Brasil (Fêmea): (A) Corpo inteiro; (B) Parte posterior do esôfago; (C) Parte anterior do corpo mostrando a região labial e o estilete; (D) Campo lateral com 4 incisuras; (E) Cauda com dilatação na ponta e término hialino.

Tabela 4.24. Dados morfométricos de *Paratrophurus* sp. população 32, proveniente da Amazônia, Brasil.

	<i>Paratrophurus</i> sp.
	Amazônia-Brasil
L (µm)	575,06±68,07(634,01-500,57)
Largura do corpo (µm)	19,63±1,92(21,38-17,57)
Poros excretor - região labial (µm)	95,04±4,17(98,54-90,42)
Vulva-região labial (µm)	333,15±46,28(371,74-281,84)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	18,61±1,55(20,05-16,97)
Vulva-ânus (µm)	200,48±19,87(220,24-180,51)
Comprimento da cauda (µm)	41,43±2,95(44,03-38,23)
Largura da cauda (µm)	13,54±1,2(14,78-12,38)
Ânus-fasmídeo (µm)	11,1±2,95(13,62-7,86)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	127,51±7,64(132,01-118,69)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	121,68±8,5(126,74-111,86)
DGO (µm)	1,96±0,06(2-1,89)
Estilete (µm)	18,77±1,58(19,98-16,98)
Altura da região labial (µm)	3,22±0,18(3,41-3,06)
Largura da região labial (µm)	5,99±0,26(6,29-5,83)
Gonada 1 (µm)	143,16±10,1(153,11-132,92)
Gonada 2 (µm)	137,23±8,56(146,69-130,02)
Testículo (µm)	-
Espículo (µm)	-
Gubernáculo (µm)	-
Número de anéis cefálicos	Lisa
Número de anéis na cauda	24±0(24-24)
Número de linhas laterais	4±0(4-4)
a	29,46±4,27(33,62-25,09)
b	4,5±0,3(4,81-4,22)
b'	4,72±0,27(5-4,47)
V(%)	57,83±1,33(58,63-56,3)
T(%)	-
c	13,86±1,07(15,08-13,1)
c'	3,07±0,21(3,27-2,84)
G1(%)	25,03±2,11(26,55-22,63)
G2(%)	23,99±1,73(25,97-22,86)
Epermateca (presença)	-
Deirídeos (presença)	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Geocenamus stegus* Allen, 1955**

Esta população de *G. stegus* (população 34), proveniente de Bolsa Chica, Califórnia, Estados Unidos, se caracterizou por apresentar aproximadamente 24 estrias longitudinais na cutícula. Campo lateral com 6 incisuras e região labial “offset” com presença de 5 anéis cefálicos. Nódulos do estilete em formato de concha. Estas características, juntamente com as apresentadas na (figura 4.19) e (tabela 4.19) são semelhantes às apresentadas na descrição de *G. stegus* (Thorne & Malek, 1968), apresentando, contudo diferenças na média do comprimento da cauda (51µm vs .41 µm) e do estilete (15 µm -16 µm vs. 20 µm -22 µm).

Esta espécie foi descrita pela primeira vez em no estado de Montana, nos Estados Unidos.

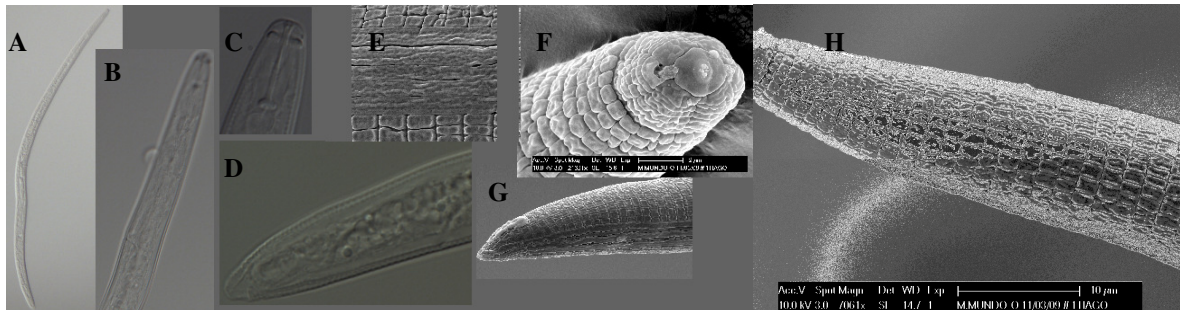


Figura 4.19. *Geocenamus stegus*, população 34 proveniente de Bolsa Chica, Estados Unidos, (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) Parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e o esôfago; (C) Região anterior do corpo, mostrando o estilete robusto, com nódulos em formato de concha; (D) Região posterior do corpo mostrando a cauda conoide; (E - H) Micrografias ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) mostrando a região cefálica contínua com a linha do corpo e sem anéis cefálicos (E); Estrutura da região cefálica juntamente com os anéis(F); Região posterior do corpo mostrando a cauda conoide (G); Parte anterior do corpo mostrando as estrias longitudinais cortando os anéis cuticulares formando pequenos blocos (V).

Tabela 4.19. Dados morfométricos de *Geocenamus stegus*, população 34 proveniente de Bolsa Chica, Estados Unidos

	<i>Geocenamus stegus</i>	
	Bolsa Chica (USA)	
	2 Fêmeas	1 Macho
L (µm)	739,77±38,78 (712,34-767,19)	694,41
Largura do corpo (µm)	22,51±2,23 (20,93-24,08)	21,36
Poros excretor - região labial (µm)	121,83±6,6 (117,16-126,5)	109,80
Vulva-região labial (µm)	408,48±13,47 (398,9-541,8)	–
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	23,48±0,99 (22,78-24,18)	–
Vulva-ânus (µm)	281,36±7,91 (275,77-286,95)	–
Comprimento da cauda (µm)	51,8±2,53 (50,01-53,59)	15,88
Largura da cauda (µm)	17,33±3,63 (14,76-19,89)	15,26
Ânus-fasmídeo (µm)	19,95±5,24 (16,24-23,65)	19,31
Extremidade anterior - cárdia (µm)	150,76±0,05 (150,72-150,79)	–
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	155,9±1,61 (154,76-157,03)	142,42
DGO (µm)	1,64±0,21 (1,49-1,78)	2,47
Estilete (µm)	15,77±0,97 (15,08-16,45)	15,15
Altura da região labial (µm)	3,88±0,28 (3,68-4,07)	4,79
Largura da região labial (µm)	8,91±0,11 (8,83-8,99)	8,53
Gonada 1 (µm)	143,08±17,56 (130,66-155,5)	–
Gonada 2 (µm)	151,74±22,29 (135,98-167,5)	–
Testículo (µm)	–	303,63
Espículo (µm)	–	29,06
Gubernáculo (µm)	–	13,38
Número de anéis cefálicos	5±0 (5-5)	5,00
Número de anéis na cauda	53,5±16,26 (42-65)	32,00
Número de linhas laterais	5±0 (5-5)	–
a	32,95±1,54 (31,86-34,03)	32,51
b	4,75±0,3 (4,54-4,96)	4,88
b'	4,91±0,26 (4,72-5,09)	–
V(%)	59±0 (59-59)	–
T(%)	–	44
c	14,32±1,45 (13,29-15,34)	22,1
c'	3,07±0,79 (2,51-3,63)	1,04
G1(%)	19±1,01 (18-20)	–
G2(%)	20±1,02 (19-22)	–
Epermateca (presença)	–	–
Deirídeos (presença)	Não	Não

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Geocenamus brevidens* (Allen, 1955) Brzeski, 1991**

A população 33 de *Geocenamus brevidens*, proveniente da amostra coletada em Carpinteria, nos Estados Unidos apresentou a forma do corpo curvada. Campo lateral com 6 incisuras. Região cefálica arredondada, “offset” com 4 a 5 anéis cefálicos e região sefálica esclerosada. Nódulos do estilete arredondados com curvatura posterior ao corpo. Cauda subcilíndrica com 52 a 59 anéis caudais (Figura 4.20). Estas características, juntamente com dados morfométricos apresentados na Tabela 4.20 são condizentes com a descrição de *G. brevidens* (Anderson & Potter, 1991).

Esta espécie foi descrita na Califórnia, nos Estados Unidos

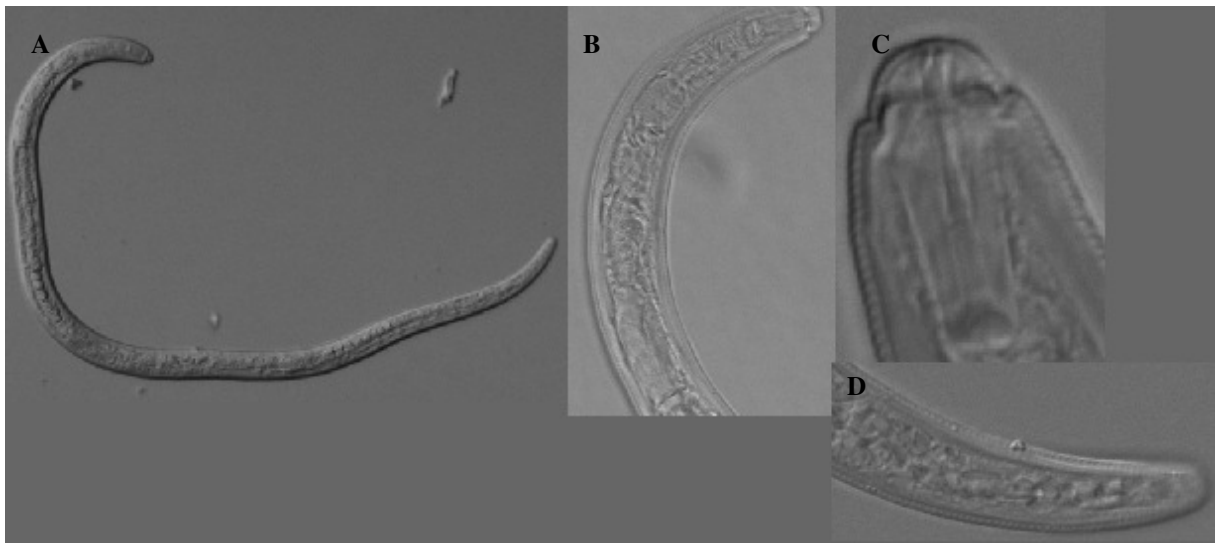


Figura 4.20. *Geocenamus brevidens*, população 33 proveniente de Carpinteria, Estados Unidos, (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B) Parte anterior do corpo mostrando a região labial, o estilete e o esôfago; (C) Região cefálica com estilete robusto e nódulos com projeção posterior; (D) Parte posterior do corpo mostrando cauda de forma subcilíndrica.

Tabela 4.20. Dados morfométricos de *Geocenamus brevidens*, população 33 proveniente de Carpinteria, Estados Unidos.

<i>Geocenamus brevidens</i>	
Carpinteira (USA)	
5 Fêmeas	
L (µm)	579,28±30,63 (550,65-631,36)
Largura do corpo (µm)	19,78±1,58 (17,7-21,37)
Poros excretor - região labial (µm)	84,63±6,94 (75,62-94,33)
Vulva-região labial (µm)	324,06±21,11 (301,25-357,85)
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	20,07±1,08 (18,35-21,32)
Vulva-ânus (µm)	203,86±15,88 (181,5-220,79)
Comprimento da cauda (µm)	42,22±1,84 (40,22-44,43)
Largura da cauda (µm)	12,8±0,52 (12,44-13,7)
Ânus-fasmídeo (µm)	20,97±1,74 (19,09-23,67)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	120,53±5,27 (115,56-126,53)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	117,28±6,28 (111,86-125,23)
DGO (µm)	2,11±0,39 (1,58-2,5)
Estilete (µm)	13,41±0,34 (13,07-13,87)
Altura da região labial (µm)	3,3±0,56 (2,67-4,21)
Largura da região labial (µm)	7,2±0,34 (6,69-7,47)
Gonada 1 (µm)	157,19±16 (132,34-173,54)
Gonada 2 (µm)	140,45±7,97 (128,6-149,98)
Testículo (µm)	–
Espículo (µm)	–
Gubernáculo (µm)	–
Número de anéis cefálicos	4,2±0,45 (4-5)
Número de anéis na cauda	54,5±2,69 (52-59)
Número de linhas laterais	6±0 (6-6)
a	29,38±1,95 (26,75-32,04)
b	4,94±0,2 (4,66-5,14)
b'	4,81±0,2 (4,55-4,99)
V(%)	61±3,02 (59-64)
T(%)	–
c	13,74±0,81 (12,96-14,91)
c'	3,3±0,19 (3,09-3,57)
G1(%)	27±2,03 (23-30)
G2(%)	24±2,02 (22-26)
Epermateca (presença)	–
Deirídeos (presença)	Sim

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre L/extremidade anterior - término do esôfago; b'= relação entre L/extremidade anterior - término da cárdia; c= relação entre o L/comprimento da cauda; c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/L x 100; T(%)= distância da abertura da cloaca até o término anterior do testículo /L x 100; G1 e G2 (%)= comprimento gonada/L x 100.

***Nagelus falcatus* (Eroshenko, 1981) Siddiqi, 1986**

Estas três populações de *Nagelus falcatus*, provenientes de Yellow Stone National Park (populações 36 e 37) e Granite Mountain (38), foram caracterizadas pela presença de deirídeo. Região cefálica com 5-7 anéis. Estilete robusto com nódulos projetados para a região posterior do corpo. Cauda da fêmea cônica com 34-45 anéis, com terminação esférica a pontiaguda e lisa (Figuras 4.21 a e b). Estas características morfológicas, com os dados morfométricos apresentados na Tabela 4.20 são similares com a descrição de *N. falcatus* (Eroshenko, 1981).

Segundo Brzeski (1991), esta espécie se assemelha com *N. macrodens* (Allen, 1955), *N. alpinus* (Allen, 1955), *N. arenosus* Ivanova & Shagalina, 1983, *N. elongatus* Ivanova & Shagalina, 1983, *N. falcatus* (Eroshenko, 1981) e *Geocenamus adakensis* (Bernard, 1984) Brzeski, 1991.

Foi descrita pela primeira vez na Rússia.

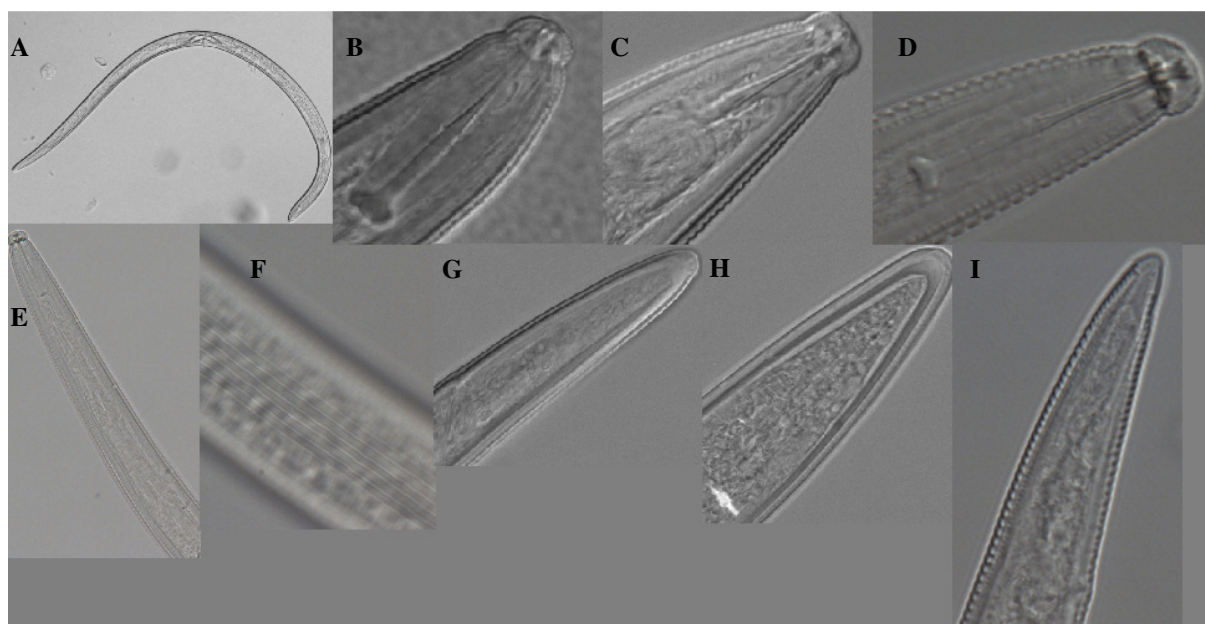


Figura 4.21a. *Nagelus falcatus* populações 36, 37 e 38 provenientes de Yellow Stone National Park e Granite Mountain, nos Estados Unidos, (Fêmeas): (A) Corpo inteiro; (B-D) Região cefálica com estilete robusto e nódulos projetados posteriormente; (E) Parte anterior do corpo mostrando o esôfago; (F) Campo lateral com 6 incisuras; (G-I) Cauda apresentando forma cônica com o término arredondado.

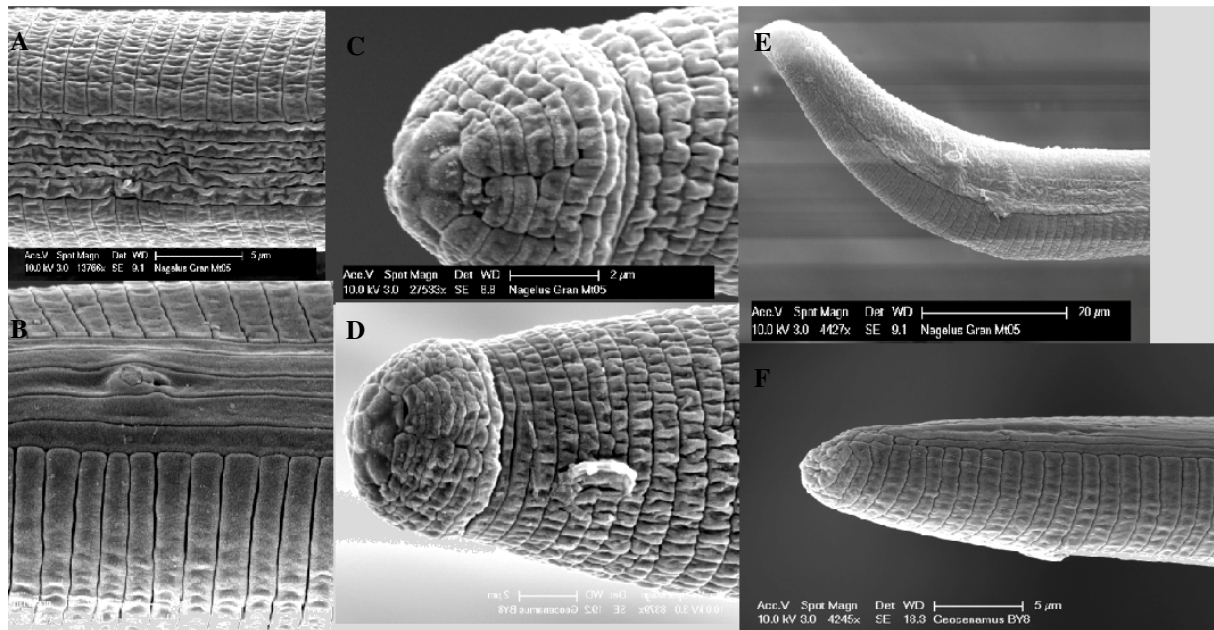


Figura 4.21b. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das populações 36 e 38 provenientes de Yellow Stone National Park e Granite Mountain, Estados Unidos: (A-B) Campo lateral com 6 incisuras e presença de deirídeo; (C-D) Vista lateral da região labial, destacando os anéis cefálicos; (E-F) Cauda com a forma cônica e término arredondado com anelação terminal.

Tabela 4.21. Dados morfométricos de *Nagelus falcatus*, populações 36, 37 e 38, provenientes de Yellow Stone National Park e Granite Mountain, nos Estados Unidos.

	<i>Nagelus falcatus</i>					
	Yellow Stone - BY11 (USA)		Yellow Stone - BY8 (USA)		Granite Mountain (USA)	
	9 Fêmeas	12 Machos	1 Fêmea	5 Machos	3 Fêmeas	8 Machos
L (µm)	1007,26±43,43 (959,43-1089,89)	1030,76±46,27 (937,18-1118,35)	951,52	935,3±74,9 (1024,82-832,71)	1195,99±173,12 (1050,28-1387,36)	1218,6±61,36 (1110,44-1284,35)
Largura do corpo (µm)	33,56±3,96 (28,02-39,16)	29,01±3,39 (24,57-36,76)	39,08	33,77±1,17 (35,49-32,28)	40,6±7,4 (32,42-46,82)	35,22±2,12 (33,29-38,26)
Poros excretor - região labial (µm)	130,82±9,68 (117,89-141,96)	142,26±8,85 (120-151,14)	106,13	130,04±17,49 (155,02-109,59)	169,67±11,5 (156,53-177,89)	170,5±12,24 (162,31-191,63)
Vulva-região labial (µm)	529,29±21,47 (507,66-572,98)	-	489,84	-	665,58±96,01 (580,89-769,88)	-
Diâmetro do corpo na região da vulva (µm)	33,63±3,78 (28,79-40,3)	-	37,35	-	42,25±6,59 (35,47-48,63)	-
Vulva-ânus (µm)	426,26±48,45 (367,01-510,98)	-	421,50	-	454,69±66,5 (413,97-531,43)	-
Comprimento da cauda (µm)	77,6±7,06 (64,96-88,66)	89,88±6,21 (75,07-97,23)	41,73	77,84±4,43 (84,13-72,19)	78,14±4,2 (73,94-82,34)	95,33±4,84 (90,9-105,47)
Largura da cauda (µm)	22,91±3,55 (18,18-29,1)	17,98±1,99 (13,25-21,29)	23,73	19,92±2,59 (23,71-16,91)	28,96±0,13 (28,83-29,09)	22,93±1,41 (21,41-24,91)
Ânus-fasmídeo (µm)	29,68±3,91 (24,39-35,52)	37,52±6,78 (28-55,66)	10,57	29,16±10,34 (38-12,56)	29,82±1,18 (28,64-31)	39,1±1,72 (37,17-41,96)
Extremidade anterior - cárdia (µm)	178±15,86 (139,83-192,77)	181,67±5,37 (172,13-188,42)	115,03	143,27±39,04 (181,66-95,28)	203,75±3,75 (201,21-208,06)	201,85±7,41 (186,46-208,37)
Extremidade anterior - Esôfago (µm)	173,87±16,32 (134,45-188,52)	176,53±5,19 (165,78-183,86)	111,26	137,82±38,59 (174,52-90,2)	202,45±8,66 (196,74-212,42)	198,04±5,05 (190-203,96)
DGO (µm)	3,01±0,58 (2,08-4,12)	3,07±0,53 (2,31-3,99)	-	2,35±0,2 (2,51-2,06)	2,62±0,19 (2,45-2,82)	2,63±0,59 (2,01-3,69)
Estilete (µm)	31,63±1,87 (28,59-34,93)	32,03±1,76 (29-34,7)	31,49	32,11±2,14 (35,14-29,48)	31,78±1,47 (30,46-33,36)	31,07±2,05 (27,96-33,46)
Altura da região labial (µm)	4,87±0,57 (3,95-5,8)	4,43±0,43 (3,89-5,07)	4,79	4,13±0,55 (4,97-3,53)	5,81±0,59 (5,23-6,41)	5,06±0,71 (4,1-5,95)
Largura da região labial (µm)	9,24±0,35 (8,55-9,8)	8,82±0,64 (7,76-9,79)	8,26	8,97±0,63 (9,55-8,27)	11,1±0,85 (10,11-11,61)	10,87±0,55 (10,22-12,01)
Gonada 1 (µm)	215,3±45,35 (145,65-297,29)	-	190,32	-	228,23±17,56 (216,14-248,37)	-
Gonada 2 (µm)	205,14±41,5 (135,02-279,77)	-	163,06	-	236,05±27,92 (216,16-267,97)	-
Testículo (µm)	-	682,58±130,88 (465,89-886,12)	-	268,45±79,34 (408,99-214,5)	-	630,92±67,56 (539,16-724,51)
Espículo (µm)	-	24,77±2,43 (21,45-28,85)	-	26,45±2,39 (30,28-23,83)	-	27,72±0,78 (26,92-28,97)
Gubernáculo (µm)	-	8,8±1,23 (7,21-10,51)	-	5,96±1,43 (7,6-4,44)	-	9,94±1,27 (7,9-11,99)
Número de anéis cefálicos	6,25±0,66 (5-7)	4,75±0,62 (4-6)	6,00	5,4±0,55 (6-5)	5±0 (5-5)	5±0 (5-5)
Número de anéis na cauda	45,67±7,98 (30-54)	61,27±7,42 (50-75)	60,00	47±12,9 (58-25)	34±0 (34-34)	41,86±3,76 (34-46)
Número de linhas laterais	6±0 (6-6)	5,78±0,57 (4-6)	5,00	5±0 (5-5)	6±0 (6-6)	6±0 (6-6)
a	30,39±3,75 (24,5-36,92)	35,91±3,97 (28,91-40,99)	24,35	27,72±2,38 (30,81-24,57)	29,46±2,68 (32,4-29,63)	34,72±2,84 (30,68-39,82)
b	5,83±0,55 (5,45-7,2)	5,86±0,36 (5,13-6,44)	8,55	7,18±1,81 (9,23-5,78)	5,91±0,62 (5,34-6,53)	6,15±0,24 (5,84-6,41)
b'	5,69±0,5 (5,34-6,93)	5,69±0,36 (5-6,3)	8,27	6,88±1,66 (8,74-5,64)	5,87±0,74 (5,22-6,67)	6,04±0,34 (5,54-6,62)
V(%)	0,55±0,03 (0,51-0,58)	-	54,00	-	59±1,01 (58-59)	-
T(%)	-	66±4,13 (46-83)	-	29±2,07 (41-23)	-	52±3,06 (44-58)
c	12,98±1,33 (14,77-12,29)	11,5±0,58 (10,52-12,48)	22,80	12,01±0,65 (12,44-10,87)	15,31±3,02 (14,2-16,85)	11,31±4,64 (0-13,98)
c'	3,43±0,39 (2,96-4,1)	5,06±0,7 (4,35-7,03)	1,76	3,96±0,58 (4,53-3,04)	2,7±0,16 (2,56-2,83)	3,64±1,49 (0-4,4)
G1(%)	21±2,05 (14-29)	-	20	-	19±1,02 (21-18)	-
G2(%)	20±2,04 (13-27)	-	17	-	20±1,01 (21-19)	-
Epermateca (presença)	-	-	-	-	-	-
Deirídeos (presença)	_Sim	_Sim	_Sim	_Sim	_Sim	_Sim

* L= comprimento do corpo; a= relação entre L/diâmetro do corpo; b= relação entre o comprimento/ extremidade anterior (esôfago); c= relação entre o comprimento do corpo/comprimento da cauda; b'= relação entre o comprimento do corpo/extremidade anterior (cárdia); c'= relação entre o comprimento da cauda/diâmetro do corpo na altura do ânus; V(%)= distância da região cefálica até a vulva/comprimento do corpo; T(%)= distância da abertura cloacal até término anterior do testículo /comprimento do corpo; G1 e G2 (%)= gonada/tamanho total do corpo.

Relações filogenéticas da família Telotylenchidae *sensu* Siddiqi, 2000

Sequências da região dos segmentos da expansão D2-D3 da subunidade 28S do rDNA foram obtidas para todas as populações estudadas neste trabalho. As relações filogenéticas de máxima verossimilhança, abordando a relação taxonômica da família Telotylenchidae dentro da ordem Tylenchida são apresentadas nas Figuras 4.25. Embora sequências adicionais do gene 28S do rDNA de grupos estreitamente relacionados foram transferidos do banco de dados GenBank para completar estas análises, a discussão dos resultados obtidos será focada nas populações estudadas dentro da família Telotylenchidae.

O Cladograma da Figura 4.26 foi construído a partir de sequências geradas neste estudo a partir de 38 populações de nematoides pertencentes a gêneros da família Telotylenchidae juntamente com um conjunto de sequências de membros da ordem Tylenchida depositadas no Genbank, somando-se 495 sequências. Aphelenchoididae, Cephalobidae e Aphelenchidae foram utilizados como grupos externos.

A família Telotylenchidae se caracterizou como polifilética segundo a análise de máxima verossimilhança. Tal parafilia foi dada pelo posicionamento de *Tylenchorhynchus/Bitylenchus* sp., proveniente de Coachela Valley, *Tylenchorhynchus quirozi*, proveniente da Amazônia e os membros da Merliniinae, fora do clado formado pelos demais membros da Telotylenchidae (Telotylenchinae + Macrotriphurinae). Além disso, a subfamília Telotylenchinae se mostrou enraizada com Dolichodorus e Merliniinae com Tylenchidae, tratando-se de dois grupos distintos.

Devido ao fato da subfamília Merliniinae não se agrupar filogeneticamente com os demais membros da Telotylenchidae aqui estudados, os dados morfométricos e morfológicos das populações pertencentes apenas à subfamília Telotylenchinae foram abordados e comparados com os resultados obtidos pela filogenia molecular.

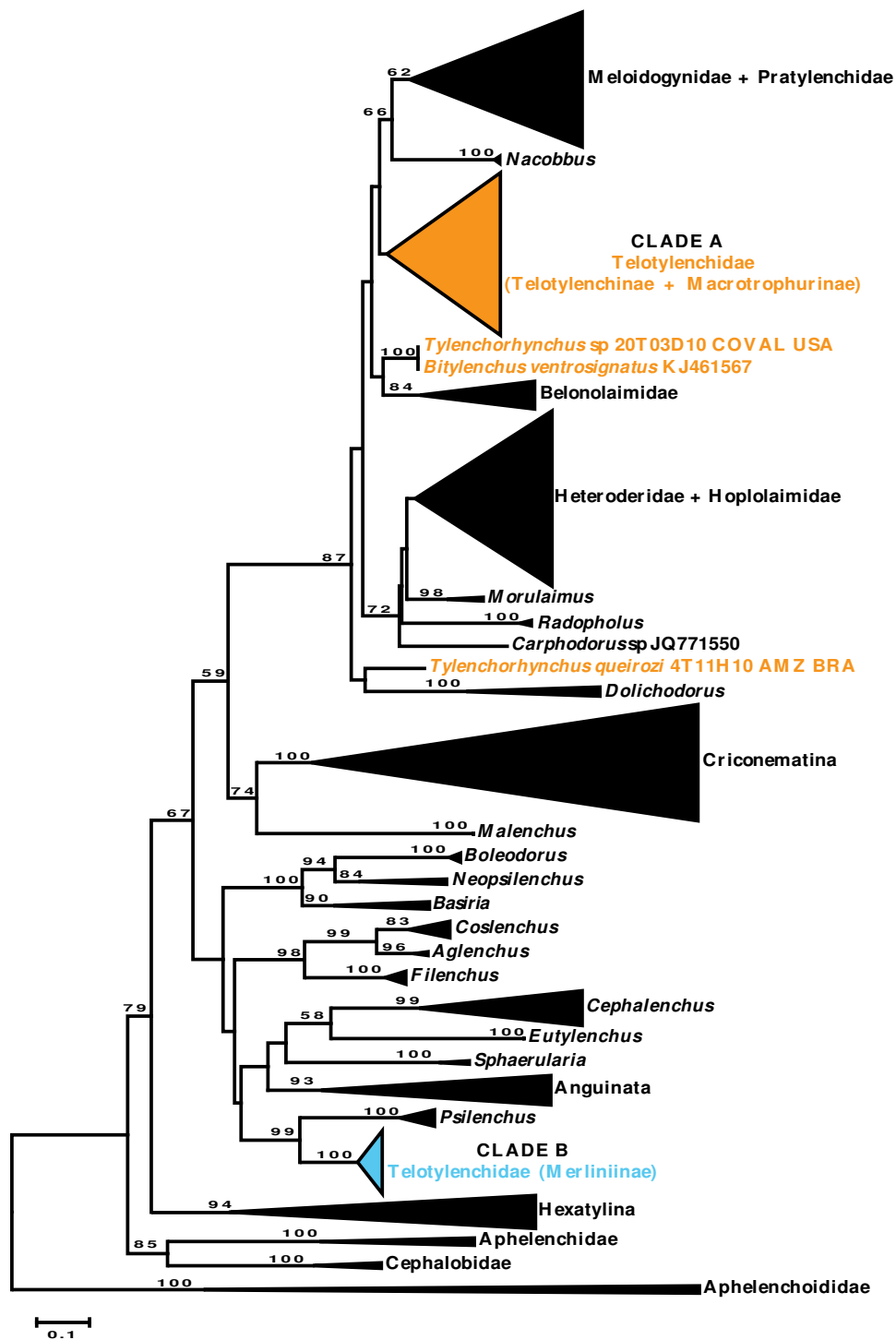


Figura 4.25. Árvore filogenética de máxima verossimilhança inferida no alinhamento de 495 seqüências do gene 28S rDNA mostrando a relação entre a família Telotylenchidae (Telotylenchinae + Macrotraphurinae, laranja e Merliniinae, azul) dentro da ordem Tylenchida. Seqüências alinhadas (tamanho total 1346 bp) em MAFFT (E-INS-i).

Os valores de *bootstrap* maiores que 50% (1.000 repetições) estão representados nos nós. Aphelenchoididae, Cephalobida, e Aphelenchida foram utilizados como grupo externo.

Relações filogenéticas da subfamília Telotylenchinae e Macrotriphurinae *sensu* Siddiqi, 2000

As relações filogenéticas dos “stunt nematodes” pertencentes às subfamílias Telotylenchinae das populações estudadas neste trabalho, apresentadas na figura 4.26, foram avaliadas em conjunto com outras sequências depositadas no Genbank para o mesmo grupo, somando-se 110 sequências. Os valores de *bootstrap* maiores que 50% mostraram sete clados altamente ou moderadamente suportados.

A topologia obtida indicou que no geral a subfamília Telotylenchinae compreendeu dois ramos monofiléticos. O primeiro formado pela espécie identificada morfológicamente como *Tylenchorhynchus queirozi*, proveniente da Amazônia ocupando a posição mais basal da árvore e claramente separada das demais espécies aqui apresentadas. O segundo grande agrupamento filogenético observado compreendeu todos os demais táxons estudados de Telotylenchinae e um táxon da Macrotriphurinae, (*Macrotriphurus arbusticola*) proveniente de sequência depositada no Genbank. Dentro do grande agrupamento, o espécime de *Tylenchorhynchus/Bitylenchus* sp., provenientes de Coachella Valley, juntamente com *B. ventrosignatus*, proveniente do Genbank, foram segregadas juntamente às espécimes da família Belonolaimidae, depositadas no Genbank, e se agruparam em um clado a parte dos demais membros da Telotylenchinae. Os Telotylenchinae restantes, dentro deste grande agrupamento, formaram mais quatro clados.

O clado I agrupou 14 espécies de *Tylenchorhynchus* (*T. claytony* + *T. aduncus* + *T. annulatus* + *T. nudus* + *T. idahoensis* + *T. agri* + *T. leviterminalis* + *T. microcephalus* + *T. cylindricus* + *Tylenchorhynchus* sp. + *T. zae* + *T. brassicae* + *T. clarus* + *T. leviterminalis*) e uma de *Telotylenchus* sp., tendo como clado basal a sequência de *Telotylenchus* sp., do GenBank. O clado II agrupou duas espécies de *Quinisulcius* (*Q. acutoides* + *Q. aduncus*) duas de *Tylenchorhynchus* (*Tylenchorhynchus* sp., proveniente da Caatinga, + *T. aduncus*) e uma de *Neodolichorhynchus* sp., formando um grupo irmão com o clado III, que agrupou seis espécies de *Bitylenchus* (*B. iphilus* + *B. maximus* + *B. brevilineatus* + *B. dubius* + *B. parvus* + *B. hispaniensis*) e quatro espécies de *Paratrophurus* (*Paratrophurus* sp., proveniente da Amazonia, + *P. butanensis* + *P. costarrisensis* + *P. loofi*). Por fim, o clado IV se comportou como basal dos

clados I, II e III, agrupando quatro espécies de *Trophurus* (*T. ussuriensis* + *T. imperialis* + *T. sculptus* + *T. impar*).

O gênero *Tylenchorhynchus* se mostrou polifilético, devido à posição das espécimes provenientes da Argentina, Caatinga e Amazônia fora do clado principal de *Tylenchorhynchus* sp. Da mesma forma, o gênero *Bitylenchus* também se apresentou parafilético, devido à posição de *Tylenchorhynchus/Bitylenchus* sp., proveniente de Coachela Valley, e *B. ventrosignatus*, proveniente do Genbank, fora do clado principal que agrupou *Bitylenchus* e *Paratrophurus*. Por outro lado, a subfamília Macrotrophurinae não se apresentou coesa tendo em vista a análise de máxima verossimilhança, devido ao posicionamento de *Macrotrophurus arbusticula*, proveniente de sequencia depositada no Genbank, no meio do clado composto por membros da Telotylenchinae.

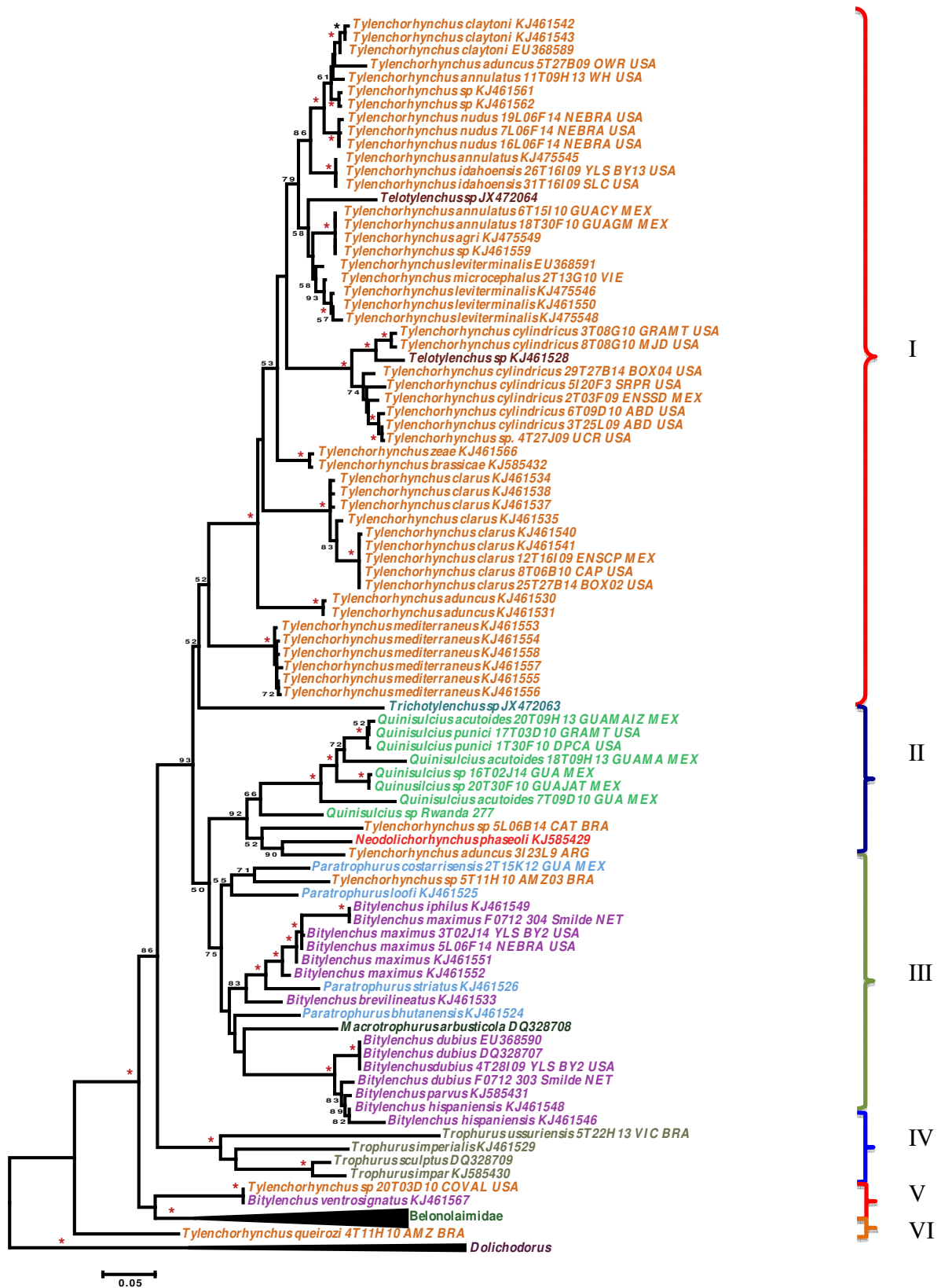


Figura 4.26. Árvore filogenética de máxima verossimilhança inferida no alinhamento de 110 sequências do gene 28S rDNA mostrando a relação entre as espécies da Telotylenchinae + Macrotrophurinae. Sequências alinhadas (tamanho total 804 bp) em MAFFT (E-INS-i). Os valores de *bootstrap* maiores que 50% (1.000 repetições) estão representados nos nós. Valores maiores a 95% são representados com o asterisco vermelho. Belonolaimidae e Dolichodorus estão colapsados e estão somente como contexto filogenético. A árvore está enraizada com Dolichodorus.

DISCUSSÃO

Com base na morfologia (LM e SEM) e morfometria, todas as amostras de nematoides foram identificados ao nível de espécie, segundo critérios propostos por Geraert, 2011. Alguns dos exemplares identificados neste trabalho representaram novas espécies para os gêneros em particular e, portanto, serão devidamente descrito posteriormente. Pela análise morfométrica e morfológica, a família Telotylenchidae, sensu Siddiqi, 2000, foi bem representada pelo gênero *Tylenchorhynchus* (possivelmente representando 13 espécies diferentes), bem como *Geocenamus*, *Merlinius*, *Nagelus*, *Quinisulcius*, *Scutylenchus*, *Paratrophurus* e *Trophurus*.

No geral, os caracteres morfológicos e morfométricos utilizados aqui, apresentaram-se de certa forma, coerentes em relação ao agrupamento dos diferentes gêneros que compõem a família Telotylenchidae, obtido pela filogenia molecular, com base nas sequências da região dos segmentos da expansão D2-D3 da subunidade 28S do rDNA. Contudo, a relação entre os táxons em todos os níveis da hierarquia taxonômica da família Telotylenchidae necessita de uma avaliação cuidadosa.

Neste estudo, a análise obtida pela máxima verossimilhança, envolvendo todos os grupos da ordem Tylenchina mostrou que os “stunt nematodes” da subfamília Telotylenchinae e Merliniinae, são dois grupos totalmente separados, sendo um indicativo da natureza parafilética da família Telotylenchidae estabelecida por Siddiqi (2000) com base em critérios puramente morfológicos. Estes resultados suportaram dados demonstrados anteriormente pela filogenia molecular, a partir de sequências de rDNA 28S, 18S e ITS (Subbotin *et al.*, 2006, Holterman *et al.*, 2006, Van Megen *et al.*, 2009) e portanto, a classificação proposta atualmente (Siddiqi 2000; Geraert 2011) necessita de uma revisão.

A subfamília Telotylenchinae formou um clado, tendo *Belonolaimus* spp. + *Dolichodorus* spp. como grupos irmãos. Além disso, a análise de máxima verossimilhança indicou que a

subfamília Telotylenchinae compreendeu dois ramos monofiléticos. O primeiro formado pela espécie identificada morfológicamente como *Tylenchorhynchus queirozi*, proveniente da Amazônia, ocupando a posição mais basal da árvore e claramente separada das demais espécies apresentadas dentro da Telotylenchinae. A posição desta espécie na árvore filogenética leva a supor que esta pode se enquadrar em uma posição taxonômica fora do gênero *Tylenchorhynchus*, assim como fora de todas as categorias que compõem a subfamília Telotylenchinae. *Macrotrophurus arbusticola* (Subfamília Macrotrophurinae), anteriormente classificado na Família Tylenchidae, Subfamília Tylogorinae, posicionou-se entre representantes da Telotylenchinae (Clado III), argumento este que pode ser usado para sua inclusão no mesmo grupo em que *Paratrophurus* e *Bitylenchus* se encontram.

O gênero *Tylenchorhynchus* foi bem representado na análise filogenética e mostrou-se polifilético, agrupando com uma variedade de outros gêneros. Alguns destes, por exemplo, *Quinisulcius* e *Trophurus* são muito semelhantes aos *Tylenchorhynchus*, diferindo apenas quanto ao número de linhas do campo lateral (5 em *Quinisulcius* e *Tylenchorhynchus* 3-4) ou o número de gônadas (1 e em *Trophurus* 2 em *Tylenchorhynchus*) trazendo assim questionamentos para validade de tais caracteres morfológicos para a separação destes gêneros.

Além disso, o gênero *Telotylenchus* também posicionou-se entre membros de *Tylenchorhynchus* do clado principal (clado I). A estreita relação de *Telotylenchus* com *Tylenchorhynchus* foi anteriormente apontada por Siddiqi (1960). Os caracteres morfológicos e morfométricos destes dois gêneros são similares, diferindo um do outro apenas por *Telotylenchus* apresentar sobreposição dorsal da glândula esofágica ao longo do intestino e morfologia distinta da estrutura do gubernáculo (Siddiqi, 2000). Assim, estes resultados podem dar uma razão para a sinonimização deste gênero com *Tylenchorhynchus*, como adotado por Siddiqi, 1960.

Alguns autores suportam a hipótese de monofilia para o gênero *Tylenchorhynchus*. Handoo *et al.* (2014), analisando todos os conjuntos de dados morfológicos e moleculares, aceitaram a hipótese de monofilia do gênero *Tylenchorhynchus* sensu Siddiqi (2000). Neste trabalho, o clado I, consideravelmente bem suportado, constituído por 51 sequências *Tylenchorhynchus* é apresentado na filogenia, indicando que este gênero pode sim ser considerado monofilético, como suportado por Handoo *et al.* (2014), desde que sejam excluídas as sequências identificadas morfológicamente como *T. queirozi*, da Amazônia, *T. aduncus*, da Argentina e a provável nova espécie, a princípio identificada como *Tylenchorhynchus* sp.,

proveniente da Caatinga, como indício de uma incorreta identificação para estes táxons, devido à dificuldade de separação taxonômica baseados nos caracteres morfológicos e morfométricos.

O gênero *Tylenchorhynchus* é provavelmente o gênero com maior número de espécies identificadas (mais de 100 espécies) e o “stunt nematode” mais amplamente distribuídos dentro da superfamília Belonolaimidae sensu De Ley & Blaxter (2002). Portanto, a delimitação de espécies dentro de *Tylenchorhynchus*, bem como entre gêneros estreitamente relacionados torna-se muito confusa, gerando um grande número de espécies e até mesmo gêneros sinonimizados (Carta *et al.* 2010).

Tratando-se da sinonimização de gêneros estreitamente relacionados à *Tylenchorhynchus*, muitos autores consideram este argumento para o gênero *Bitylenchus*, tratando este como sinônimo de *Tylenchorhynchus* (Fortuner & Luc, 1987; Geraert 2011), contudo este gênero foi aceito em 2000 na classificação proposta por (Siddiqi, 2000) e as características morfológicas que diferenciam estes dois gêneros são que em *Bitylenchus* há formação de uma linha longitudinal atrás de cada anfídeo; também há presença de um saco pós intestinal grande em relação ao *Tylenchorhynchus* e ausência de crista no gubernáculo. O presente estudo revelou que *B. maximus* (= *T. maximus*) e *B. dubius* (= *T. dubius*), provenientes de Yellowstone National Park e de Nebraska nos Estados Unidos, foram agrupadas dentro de espécies *Bitylenchus* (*B. brevilineatus*, *B. hispaniensis*, *B. iphilus*, *B. parvus*, *B. maximus* e *B. dubius*) (clado III), de sequências do Genbank, e portanto não se agrupando ao clado principal formado por *Tylenchorhynchus* (clado I), apoiando assim a visão de Siddiqi (2000), suportada por Handoo *et al.* (2014) sobre as diferentes relações entre *Tylenchorhynchus* e *Bitylenchus*. Quanto ao gênero *Tylenchorhynchus/Bitylenchus* sp., de Coachella Valley, nos Estados Unidos, agrupou-se com *B. ventrosignatus* em um clado a parte dos demais *Bitylenchus*. Cabe ressaltar que estas sequências foram idênticas e na árvore filogenética se diferenciaram das demais espécies de *Bitylenchus*. Esta distância filogenética pode ser devido à carência de um saco pós intestinal nestas espécies, que é um carácter genérico para *Bitylenchus*. Assim, estas duas sequências ocuparam uma posição basal dentro da Telotylenchinae, sugerindo que este grupo pode ser considerado como um gênero a parte de *Bitylenchus*, molecularmente mais relacionados com membros da Belonolaimidae.

O gênero *Paratrophurus* é morfológicamente semelhante ao *Tylenchorhynchus*. Castillo *et al.* (1989) observaram que ambos os gêneros possuem MEV semelhante das vistas faciais, com

discos labiais fundidos em uma estrutura quadrangular, o que fornece fortes evidências para a relação morfológica estreita entre esses gêneros. Contudo estes dois gêneros são diferenciados apenas pela presença de cutícula espessada na cauda terminal (Castillo *et al.*, 1989; Siddiqi, 2000), característica a qual poderia suportar a distinta relação genética encontrada entre estes dois gêneros, pela filogenia molecular obtida neste trabalho, apoiando o que antes já tinha sido levantado por Carta *et al.* (2010).

A análise filogenética deste trabalho também confirmou relações estreitas entre *Paratrophurus* e *Bitylenchus*. Segundo Siddiqi (2000) estes dois gêneros compartilham uma série de caracteres morfológicos, contudo, se diferenciam quanto ao formato da região cefálica, que se apresenta com reentrâncias em *Bitylenchus* e sem reentrâncias em *Paratrophurus*; também se diferenciando quanto ao formato do gubernáculo, o qual há presença de crista em *Bitylenchus* e ausência em *Paratrophurus*. Curiosamente estas características utilizadas por Siddiqi (2000) para diferenciação de *Bitylenchus* e *Paratrophurus*, são as mesmas na separação de *Bitylenchus* e *Tylenchorhynchus*, ou seja, para este autor, *Tylenchorhynchus* e *Paratrophurus* estão morfológicamente mais relacionados do que *Bitylenchus* e *Paratrophurus*, contrariando os resultados apoiados pela filogenia molecular obtida neste trabalho.

Espécies de *Trophurus* formaram um clado basal à maioria dos membros da Telotylenchinae. Este gênero é caracterizado pela presença de um saco pós uterino, formado pela atrofia do ovário posterior, característica mais importante na diferenciação deste para os demais gêneros desta subfamília. Bert *et al.* (2008) notou que poucos representantes da ordem Tylenchida apresentam esta característica e indicou que o carácter monodelfíco pode ser ancestral de nematoides da ordem Tylenchida. No presente trabalho, espécies de *Trophurus* agrupadas na posição basal da Telotylenchinae, podem sugerir que a presença de saco pós uterino, característica de espécies monodelfícas, é o carácter morfológico ancestral para esta subfamília. No entanto, outros testes mais detalhados e filogenias baseadas em outras regiões importante, como rDNA 18S e ITS, e precisam de ser utilizados a fim de avaliar completamente esta hipótese.

Neste trabalho, alguns posicionamentos das espécies, identificadas com base em caracteres morfológicos e morfométricos, mostraram-se pouco coesos em relação ao agrupamento obtido pela filogenia molecular. Tais conflitos puderam ser observados para sequências identificadas como *T. idahoensis*, provenientes de Yellowstone National Park e Salt

Lake City, nos Estados Unidos que se apresentaram idênticas com *T. annulatus*, do GenBank. Estas duas espécies apresentam características morfológicas e morfométricas próximas, contudo, diferenciando na morfologia dos nódulos do estilete, sendo os de *T. annulatus* frequentemente irregulares, achatados e em forma de âncora, enquanto que *T. idahoensis* os bulbos apresentam-se arredondados.

Um outro agrupamento com sequências idênticas também foi observado para sequências morfológicamente identificadas neste trabalho como *T. annulatus*, provenientes do México, com uma sequência morfológicamente identificada como *T. agri*, do Genbank. Estas duas espécies são morfológicamente bem próximas, de acordo com as características morfológicas e morfométricas enfatizadas neste trabalho. Contudo, uma outra sequência morfológicamente identificada como *T. annulatus*, proveniente de Woods Hole, nos Estados Unidos, não se enquadrou neste agrupamento. Esta espécie esteve molecularmente relacionada com sequências de *T. claytoni*, do Genbank, de *T. aduncus* de Owen`s River, nos Estados Unidos e de *T. nudus*, do Genbank, contudo, com pequenas características morfológicas e morfométricas distintas, como na morfologia da cauda, dos nódulos do estilete e nas características da região labial. Uma outra sequência, no clado I, identificada aqui como *T. microcephalus*, proveniente do Vietnam, se relacionou molecularmente com sequências de *T. leviterminalis*, do Genbank. Estas espécies se apresentam morfológicamente e morfometricamente muito semelhantes, diferindo uma da outra pelo número de anéis na cauda.

Além disso, no clado II, que agrupou espécies morfológicamente identificadas como *Q. pucini*, provenientes de Granite Mountain e Deep Canyon, nos Estados Unidos, apresentaram sequências idênticas com *Q. acutoides*, proveniente do México, tendo como grupos próximos outras sequências também identificadas como *T. acutoides*, e outras que morfológicamente não foi possível chegar a uma clara identificação, todas provenientes do México. Estas espécies se diferenciaram de um modo geral apenas pelo número de anéis cefálicos e pelo tamanho do estilete, sugerindo que estes caracteres não estão sendo utilizados como bons critérios para a separação destas espécies.

Também no clado II, as sequências provenientes das amostras da Caatinga, no Pernambuco, e da Argentina, que morfológicamente pode se tratar de uma provável nova espécie, se agrupou com *Neodolichorhynchus phaseoli*. *Neodolichorhynchus* é um gênero que caracteriza-

se pela presença de estrias longitudinais fora do campo lateral, fato não evidenciado nas populações de Pernambuco e da Caatinga.

A grande dificuldade na interpretação dos estudos taxonômicos baseados na interação de caracteres morfológicos e as relações filogenéticas moleculares de nematoides, é devido ao fato de que muitos destes caracteres serem plesiomorficos, caracteres primitivos compartilhados por diferentes linhagens de nematoides, e assim, muitas espécies ou gêneros filogeneticamente distintos podem compartilhar morfologias semelhantes (Geraert, 2011). Handoo *et al.* (2014) selecionaram alguns caracteres usados na chave de identificação das espécies (Handoo, 2000) para reconstruir a ancestralidade de alguns taxons por parcimônia e concluíram que as formas da terminação da cauda e da região labial não mostraram um padrão de evolução claro. Estes autores sugeriram que a posição dos nódulos do estilete pode ter evoluído a partir de uma posição posterior para uma posição anterior; no entanto, a morfologias intermediárias são compartilhadas entre várias espécies. Além disso, a presença de anéis no término da cauda também pode ser considerado um caracter ancestral; no entanto, a ponta da cauda lisa pode ter multiplas origens independentes.

CONCLUSÕES

A presente pesquisa estabeleceu a importância do uso da identificação taxonômica integrativa na definição taxonômica de dematoides. No geral, os dados obtidos aqui reforçam a ideia de uma tendência à parafilia da família Telotylenchidae, separando Merliniinae de Telotylenchinae, e portanto, a classificação mais atual para esta família, proposta por Siddiqi (2000) precisa ser revisada. No entanto, ainda não se pode fazer inferências consistentes sobre a filogenia dos gêneros e espécies da Telotylenchinae sensu Siddiqi, 2000, bem como dos clados que compõem esta subfamília. Estes resultados serão melhorados e aperfeiçoados à medida em que novos gêneros e espécies forem adicionados nas análises filogenéticas, envolvendo também outras regiões genômicas, como rDNA 18S e ITS. Estes marcadores moleculares demonstram o uso potencial no auxílio da avaliação dos caracteres morfológicos utilizados na caracterização e classificação dos táxons dessa família e fornecem diagnóstico preciso e inequívoco de algumas espécies dos “stunt nematodes”. Este ponto é particularmente importante porque a morfologia dos nematoides é bastante semelhante e populações mistas de várias espécies e gêneros dentro

Telotylenchidae pode ocorrer na mesma amostra de solo. Além disso, a descoberta de vários novos registros de espécies da família Telotylenchidae presentes no Brasil, Estados Unidos e México sugerem que a biodiversidade desses nematoides ainda não está totalmente esclarecida, e requer um estudo mais aprofundado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.W. 1955. A review of the nematode genus *Tylenchorhynchus*. University of California Publications in Zoology, 61:129-166.

ALLEN, M.W. 1955. A review of the nematode genus *Tylenchorhynchus*. University of California Publications in Zoology 61: 129–166.

ANDERSON, R.V. & POTTER, J.W. 1991. Stunt nematodes: *Tylenchorhynchus*, *Merlinius*, and related genera. In: Nickle WR, ed. Manual of agricultural nematology. New York, USA: Marcel Dekker, Inc, 529–586.

BERT, W.; LELIAERT, F.; VIERSTRAETE, A.R.; VANFLETEREN, J.R.; BORGONIE, G. 2008. Molecular phylogeny of the Tylenchina and evolution of the female gonoduct (Nematoda: Rhabditida). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 48: 728-744.

BERT, W.; OKADA, H.; TAVERNIER, I.; BORGONIE, G.; HOUTHOOFD, W. 2010. Morphological, morphometrical and molecular characterisation of *Filenchus fungivorus* n. sp., a fungivorous nematode from Japan in a most likely polyphyletic genus (Nematoda: Tylenchina). *Nematology*. 12: 235-246.

BLAXTER, M. L.; DE LEY, P.; GAREY, J. R.; LIU, L. X.; SCHELDEMAN, P.; VIERSTRAETE, A.; VANFLETEREN, J. R.; MACKAY, L. Y.; DORRIS, M.; FRISSE, L. M.; VIDA, J. T.; THOMAS, W. K. 1998. A molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. *Nature* 392: 71-75.

BRZESKI, M.W. 1991. Taxonomi of *Geocenamus* Thorne & Malek, 1968 (Nematoda: Belonolaimidae). *Nematologica*, 37: 125-173.

CARES, J.E. & HUANG, S.P. Soil nematodes. In: Moreira, F.M.S., E.J.Huising, D.E. Bignell (Org.). 2008. A handbook of tropical soil biology. 1 ed. London, UK.: Earthscan, v. 1, p. 97-106.

- CARTA, L.K.; SKANTAR, A.M. & HANDOO, Z.A. 2010. Molecular rDNA phylogeny of Telotylenchidae Siddiqi, 1960 and evaluation of tail termini. *Journal of Nematology* 42(4):359–369.
- CASSIDY, G.H. 1930. Nematodes associated with sugarcane in Hawaii. *Hawaiian Planters Record* 34: 379–387.
- CASTILLO, P.; SIDDIQI, M.R.; GÓMEZ-BARCINA, A. 1989. Studies on the genus *Paratrophurus* Arias (Nematoda: Tylenchina) with descriptions of two new species. *Nematologia Mediterranea* 17: 83–95.
- DE GUIRAN, G. 1967. Description de deux especes nouvelles du genre *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (Nematoda: Tylenchinae) accompagnee d'une cle des femelles et precisions sur *T. mamillatus* Tobar-Jiménez, 1966. *Nematologica* 13: 217– 230.
- DE LEY P. 2000. Lost in worm space: phylogeny and morphology as road maps to nematode diverCity. *Nematology*. 2: 9-16.
- DE LEY, P. & BLAXTER, M. 2002. Systematic position and phylogeny. In D. Lee (ed) *Systematic position and phylogeny*. Harwood Academic Publishers, Reading, pp. 1–30.
- DE LEY, P. & BLAXTER, M. 2004. A new system for Nematoda: combining morphological characters with molecular trees, and translating clades into ranks and taxa. *Nematology Monographs and Perspectives*. Editors: Howard Ferris. Brill. v. 2: p.633-653.
- DE LEY, P.; DE LEY, I.T.; MORRIS, K.; ABEBE, E.; MUNDO-OCAMPO, M.; YODER, M.; HERAS, J.; WAUMANN, D.; ROCHA-OLIVARES, A.; BURR, A.H.J.; BALDWIN, J. G.; THOMAS, W.K. 2005. An integrated approach to fast and informative morphological vouchering of nematodes for applications in molecular barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 360: 1945- 1958.

EISENBACK, J.D. 1985. Techniques for preparing nematodes for scanning electron microscopy. In: Carter, C.C. & Sasser, J.N. (eds). An Advanced Treatise on *Meloidogyne*: vol. II. Methodology. Raleigh, North Carolina State University Press, p. 79-105.

EROSHENKO, A.S. 1981. Plant parasitic nematodes of underwood; families Tylenchorhynchidae and Hoplolaimidae (Nematoda). In Svobodnozhivuschie i fitopatogennye nematody fauny Dal'nego Vostoka Biol. Pedolog. Inst. Of Far-Eastern Res. Cent. Of URSS Acad. Sci. Vladivostok, 22-27; 85-92.

FARRIS, J.S.; KALLERSJO, M.; KLUGE, A.G.; BULT, C. 1994. Testing significance of incongruence. *Cladistics*. 10:315-319.

FLEGG, J.J.M; HOOPER, D.J. 1970. Extraction of free-living stages from soil. In: Southey, J.F. Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes. Commonwealth Agricultural Bureaux, Tech. Bull. 2:5-22.

FORTUNER, R. & LUC, M. 1987. A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 6. The family Belonolaimidae Whitehead, 1960. *Revue de Nématologie* 10: 183–202.

FUNGARO, M.H.P. 2000. PCR na Micologia. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 14: 12-16.

GERAERT E. 2008. The Tylenchidae of the world - Identification of the family Tylenchidae (Nematoda). Academia Press, Ghent, Belgium, 540 pp.

GERAERT, E. 2011. The Dolichodoridae of the world. Identification of the Family Dolichodoridae (Nematoda Tylenchinae). Gent Press, Ghent University. 520p.

GOLDEN, A.M.; MAQBOOL, M.A.; HANDOO, Z.A. 1987. Description of two new species of *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (Nematoda: Tylenchida), with details of morphology and variation of *T. claytoni*. *Journal of Nematology* 19: 58-68.

GOLDEN, A.M.; MAQBOOL, M.A.; HANDOO, Z.A. 1987. Description of two new species of *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (Nematoda: Tylenchida), with details of morphology and variation of *T. claytoni*. Journal of Nematology 19: 58-68.

GÓMEZ-BARCINA, A.; SIDDIQI, M.R.; CASTILLO P. 1992. *Bitylenchus* Filipjev, 1934 (Nematoda: Tylenchida) with descriptions of two new species from Spain. Journal of Helminthological Society of Washington 59: 96-100.

GUPTA, N.K. & UMA (1980). *Quinisulsius punici* (Telotylenchidae: Tylenchida), a new nematode species from India. Proceedings Indian Academy of Sciences (Animal sciences) 89 (5):415-418.

HANDOO, Z.A. 2000. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (Nematoda: Belonolaimidae). Journal of Nematology 32: 20-34.

HANDOO, Z.A.; KHAN, A.; ISLAM, S. 2007. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Merlinius* Siddiqi, 1970 (Nematoda: Tylenchida) with description of *Merlinus khuzdarensis* n. sp. associated with date palm. J. Nematol., 9: 251–260.

HANDOO, Z.A.; PALOMARES-RIUS, J.E.; CANTALAPIEDRA-NAVARRETE, C.; LIÉBANAS, G.; SUBBOTIN S.A.; CASTILLO, P. 2014. Integrative taxonomy of the stunt nematodes of the genera *Bitylenchus* and *Tylenchorhynchus* (Nematoda, Telotylenchidae) with description of two new species and a molecular phylogeny. Zoological Journal of the Linnean Society, 172:231-264.

HOLTERMAN, M.; VAN DER WURFF, A.; VAN DEN ELSEN, S.; VAN MEGEN, H.; BONGERS, T.; HOLOVACHOV, O.; BAKKER, J.; HELDER, J. 2006. Phylum-wide analysis of SSU rDNA reveals deep phylogenetic relationships among nematodes and accelerated evolution toward crown clades. Molecular Biology and Evolution 23:1792-1800.

JAIRAJPURI, M. S. & HUNT, D. J. 1984. The taxonomy of Tylen-chorhynchinae (Nematoda: Tylenchida) with longitudinal lines and ridges. *Systematic Parasitology* 6:261-268.

JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48 (9):692.

KAREGAR, A.; GERAERT, E.; KHEIRI, A. 1995. Tylenchs associated with grapevine in the province of Hamadan, Iran. *Mededelingen Fakulteit Landbouwwetenschappen Universiteit Gent*, 60 (3b): 1063-1086.

LÓPEZ, R.C.H. 1986. Nematodos asociados al arroz en Costa Rica. I. *Paratrophurus costarricensis* sp.n. *Nematropica* 16, 177-184.

LUC, M.; MAGGENTI, A. R.; FORTUNER, R.; RASKI, D. J.; GERAERT, E. 1987. A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 1. For a new approach to the taxonomy of Tylenchina. *Revue de Nématologie*, 10:127-134.

MONTEIRO, A.R. & LORDELLO, L.G.E. 1976. *Tylenchorhynchus queirozi* n.sp. (Nemata: Tylenchorhynchidae) de solo do Brasil. *Rev. Brasil. Biol.*, 36 (3): 697-699.

PALOMARES-RIUS, J.E.; SUBBOTIN, S.A.; LIÉBANAS, G.; LANDA, B.B.; CASTILLO P. 2009. *Eutylenchus excretorius* Ebsary & Eveleigh, 1981 (Nematoda: Tylodoridae) from Spain with approaches to molecular phylogeny of related genera. *Nematology*. 11: 343-354.

POSADA, D.; BUCKLEY, T. 2004. Model selection and model averaging in phylogenetics: advantages of akaike information criterion and bayesian approaches over likelihood ratio tests. *Systematic Biology*. 53: 793-808.

POWERS, T.O.; BALDWIN, J.G.; BELL, A.H. 1983. Taxonomic limits of the genus *Nagelus* (Thorne & Malek, 1968) Siddiqi, 1979 with a description of *Nagelus borealis* n. sp. from Alaska. *Journal of Nematology*, 15:582-595.

RAGSDALE, E.J. & BALDWIN, J.G. 2010. Resolving phylogenetic incongruence to articulate homology and phenotypic evolution: a case study from Nematoda. *Proceedings of the Royal Society B- Biological Sciences*. 277: 1299-1307.

RAGSDALE, E.J.; MUNDO-OCAMPO, M.; BUMBARGER, D.J.; BALDWIN, J.B. 2011. *Cervidellus sonorensis* n. sp. from the desert of Anza-Borrego, California. *Nematology*. 13: 607-617.

RAMZAN, M.; HANDOO, Z.A.; FAYYAZ S. 2008. Description of *Tylenchorhynchus qasimi* sp. n. with a new report of *T. kegasawai* Minagawa, 1995 from Pakistan. *J. Nematol.*, 40: 20-25.

SEINHORST, J. W. 1959. A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica* 8:29-32.

SHIMODAIRA, H.; HASAGAWA, M. 1999. Multiple comparisons of log-likelihoods with applications to phylogenetic inference. *Molecular Biology and Evolution*. 16: 1114-1116.

SHURTLEFF, M.C. & AVERRE, C.W. 2005. Diagnosing plant disease caused by nematodes. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA.

SIDDIQI, M.R. & PATEL, D.J. 1990. *Tylenchorhynchus microcephalus* sp.n and *Paurodontus similis* Siddiqi, 1961 (Nematoda: Tylenchina) from Gujarat state, India. *Current Nematology*, 1:7-10.

SIDDIQI, M. R. 2000. Tylenchida parasites of plants and insects, 2nd edn. CABI Publishing, Wallingford.

SIDDIQI, M.R. 1986. Tylenchida parasites of plants and insects. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, 645p.

SIDDIQI, M.R. 2008. Descriptions of five new species of *Tylenchorhyncus* Cobb (Nematoda: Tylenchida: Telotylenchinae). *International Journal of Nematology*, 19: 159-168.

SUBBOTIN, S.A.; RAGSDALE, E.J.; MULLENS, T.; ROBERTS, P.A.; MUNDO-OCAMPO, M.; BALDWIN, J.G. 2008. A phylogenetic framework for root lesion nematodes of the genus *Pratylenchus* (Nematoda): evidence from 18S and D2-D3 expansion segments of 28S ribosomal RNA genes and morphological characters. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 48: 491-505.

SUBBOTIN, S.A.; STURHAN, D.; CHIZHOV, V.N.; VOVLAS, N.; BALDWIN, J.G. 2006. Phylogenetic analysis of Tylenchida Thorne, 1949 as inferred from D2 and D3 expansion fragments of the 28S rRNA gene sequences. *Nematology*8: 455-474.

SWOFFORD, D.L. 1998. PAUP*. Phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods), Version 4. Sinauer Associates.

TARJAN, A.C. 1973. A synopsis of the genera and species in the Tylenchorhynchinae (Tylenchoidea, Nematoda). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 40: 123-144.

THORNE, G. & MALEK, R.B. 1968. Nematodes of the Northern Great Plains. Part I. Tylenchida (Nematoda: Secernentea). South Dakota State University Agricultural Experiment Station Technical Bulletin, 31, 111pp.

VAN MEGEN, H.; ELSEN, S.V.D.; HOLTERMAN, M.; KARSSSEN, G.; MOOYMAN, P.; BONGERS, T.; HOLOVACHOV, O.; BAKKER, J.; HELDER, J. 2009. A phylogenetic tree of nematodes based on about 1200 full-length small subunit ribosomal DNA sequences. *Nematology*. 11: 927-950.

VIGLIERCHIO, D.R. & SCHMITT, R.V. 1983. On the methodology of nematode extraction from field samples: Baermann funnel modifications. *Journal of Nematology*. 15: 438-44.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo confirmou que a comunidade de nematoides é altamente influenciável pelas práticas agrícolas, assim como por atividades de mineração. Houve considerável contribuição para o incremento dos conhecimentos em biodiversidade de nematoides de solo e seu uso como bioindicadores de qualidade ambiental em áreas sob intervenção antrópica (sistemas agrícolas e atividades de mineração). Além disso, o estudo promoveu também uma abordagem taxonômica envolvendo nematoides pouco enfatizados no contexto taxonômico, como *Tylenchorhynchus* e gêneros afins, revelando a importância do uso da identificação taxonômica integrativa na caracterização taxonômica de nematoides.