

COMUNIDADE DE NEMATOIDES EM DIFERENTES FORMAÇÕES VEGETAIS EM UM ECOSISTEMA COSTEIRO DE *RESTINGA* NO BRASIL

Mondino E. A. ^{1*}, O. C. H. Tavares¹, A. F. Figueira¹, N. B. Souza¹, y R. L. L. Berbara¹

¹Laboratório de Biologia do Solo, Depto. de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465, km 7 Seropédica, 23890-000 RJ-Brasil. Telephone: 55-21-26821220. Fax: 55-21-26821120, e-mail: emondino@mdp.edu.ar

ABSTRACT

Mondino, E. A., O. C. H. Tavares, A. F. Figueira, N. B. Souza, and R. L. L. Berbara. 2011. Nematode communities in different vegetation types in a coastal ecosystem of *Restinga* in Brazil. *Nematropica* 41:229-239.

Restinga da Marambaia is an emerged sandbar located between Sepetiba Bay and the South Atlantic Ocean in the state of Rio de Janeiro on the southeastern coast of Brazil. This sandbar is occupied by a set of physiognomically distinct plant communities under marine and fluviomarine influences. The objective of this study was to investigate the nematode community structure of *Restinga* da Marambaia and to characterize the relationships between nematodes and soil properties in different vegetation community types. Composite samples, of 20 soil core at depths of 0-10 and 10-20 cm, were collected in three areas (250 m²) in each of the three plant physiognomy types: a closed herbaceous floodplain community (C), a shrub dune thicket community (D) and ridge forest community (F). Total and relative abundance were calculated, and the nematode trophic groups were described. A total of 44 nematode taxa were identified. The total average density of nematodes (ind./100 ml⁻¹ soil) in F was greater than in C, which was greater than in D ($p < 0.05$), and was highest in samples obtained from the shallower depth. Phytophagous nematodes made up the main trophic component of the soil nematode community in *Restinga* da Marambaia, accounting for 42.8%, bacteriophagous nematodes were the second most abundant trophic component at 31.4%, and mycophagous nematodes accounted for 9.8% of the total. Phytophagous nematodes were positively correlated with organic matter and Mg ($p < 0.05$), whereas predators and omnivores were associated with Mg, K, organic carbon and P ($p < 0.05$). There were positive correlations between omnivorous and phytophagous nematodes, between predators and omnivores and between bacteriophagous and mycophagous nematodes ($p < 0.05$). Principal component analysis based on the nematodes genera and trophic groups and chemical characteristics of the soil explained 78.5% and 57.8% of the total variability respectively. *Hemicycliophora* was the indicator genus for the stabilized sand dune system at the *Restinga* da Marambaia. These results make it possible to distinguish the different plant communities based on the genus and feeding habits of the soil nematode community. Each plant succession stage has its own nematode community that reflects both its biotic characteristics (plant coverage and soil microbial community) and its abiotic characteristics (the physical-chemical properties of the soil).

Key words: nematode, *Restinga*, trophic groups, chemical analysis.

RESUMO

Mondino, E. A., O. C. H. Tavares, A. F. Figueira, N. B. Souza, R. L. L. Berbara. 2011. Comunidade de nematoides em diferentes formações vegetais em um ecossistema costeiro de *Restinga* no Brasil. *Nematropica* 41:229-239.

A *Restinga* da Marambaia é uma imensa barreira de areia localizada entre a Baía de Sepetiba e o Oceano Atlântico Sul, no estado do Rio de Janeiro, na costa sudeste do Brasil e representa um conjunto de comunidades vegetais, fisionomicamente distintas, sob influência marinha e flúvio-marinha. O objetivo do trabalho foi investigar a estrutura da comunidade de nematoides na *Restinga* da Marambaia, para esclarecer a relação entre os nematoides e as propriedades do solo em diferentes tipos de vegetação. As amostras foram tomadas em maio de 2008 em três fisionomias vegetais: formação herbácea fechada inundável (C), Formação arbustiva fechada de cordão arenoso (D) e Floresta de cordão arenoso (F). Em cada uma se escolheram três parcelas (250 m²) e coletaram-se 20 amostras simples, a duas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Os nematoides foram extraídos pelo método de flutuação-centrifugação. Foram calculados os parâmetros de Abundância total e Abundância relativa; a estrutura trófica, foi descrita em: fitófagos, bacteriófagos, micófagos, predadores e onívoros. Foram feitas as análises químicas do solo. Identificaram-se 44 táxons de nematoides. A densidade total média dos nematoides (ind.100 ml⁻¹ de solo) foi maior em F > C > D ($p < 0.05$), e foi maior quando obtida a menor

profundidade. Os nematóides fitófagos foram os principais componentes tróficos da *Restinga* da Marambaia com uma participação de 42,8% na comunidade, os bacteriófagos como o segundo componente trófico (31,4%) e os micófagos com a menor participação (9,8%). Os fitófagos se correlacionaram positivamente com a matéria orgânica e Mg ($p < 0.05$). Enquanto os predadores e os onívoros se correlacionaram com Mg, K, carbono orgânico e P ($p < 0.05$). Entre os grupos tróficos as correlações foram positivas entre onívoros e fitófagos, predadores com onívoros e bacteriófagos com micófagos ($p < 0.05$). A análise de componentes principais baseada nos gêneros de nematóides, explicou 78,5% da variabilidade total nas duas primeiras componentes enquanto a análise de componentes principais para grupos tróficos e características químicas do solo explicou 57,8% nas duas primeiras componentes. *Hemicycliophora* foi o gênero indicador para o sistema estabilizado de duna de areia na *Restinga* da Marambaia. De acordo com os resultados obtidos é possível separar as distintas fisionomias vegetais a partir dos gêneros bem como pelo hábito alimentar da comunidade de nematóides do solo. Portanto cada sere na sucessão vegetal possui uma comunidade de nematóides própria, que reflete suas características bióticas (cobertura vegetal e comunidade microbiana do solo) e abióticas (propriedades físico-químicas do solo).

Palavras-chave: nematóides, *Restinga*, grupos tróficos, análise química.

INTRODUÇÃO

A *Restinga* apresenta um conjunto de comunidades vegetais, fisionomicamente distintas, sob influência marinha e flúvio-marinha. Estas comunidades, distribuídas em mosaico, ocorrem em áreas de grande diversidade ecológica sendo consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do solo que do clima (CONAMA, 1996). A *Restinga* da Marambaia é uma imensa barreira de areia localizada entre a Baía de Sepetiba e o Oceano Atlântico Sul, no estado do Rio de Janeiro, na costa sudeste do Brasil. A principal característica dos ecossistemas de *Restingas* é a presença de solos arenosos com baixa concentração de argila e matéria orgânica, baixa retenção de água e nutrientes (Hay e Lacerda, 1984) e por uma grande proporção de entrada anual de nutrientes sob a forma do salsugem (van der Valk, 1974).

As comunidades de nematóides do solo apresentam uma ampla diversidade de grupos tróficos, em geral são identificados 8 grupos (Yeates *et al.*, 1993), embora somente cinco sejam geralmente reconhecidos bacteriófagos, fungívoros, fitófagos, predadores e onívoros. Por conseguinte, os nematóides do solo estão ativos dentro de cada nível da rede heterotrófica, cuja dinâmica populacional pode proporcionar informação de outros componentes da rede trófica do solo, portanto o surgimento dos diferentes grupos terá importância específica com relação a estes níveis. Além disso, a maioria dos nematóides são ativos e se movem no solo na totalidade de seu ciclo de vida, sendo diretamente influenciados pelas condições biológicas do solo (Freckman y Ettema, 1993) bem como físico-químicas (Ritz and Trudgill, 1999).

Nematóides têm sido usados como indicadores de qualidade do solo (Bongers, 1990), como bioindicadores

para características do solo (de Goede e Bongers, 1994) e como indicadores de estabilidade do habitat (Wasilewska, 1994). Isto porque sua composição de espécies reflete o substrato, textura, clima, biogeografia, inputs orgânicos, e tanto a perturbação natural como antrópica (Yeates, 1984; Neher, 2001). Ou seja, modificações na cobertura do solo levam a alterações na oferta de recursos tróficos, refletindo na diversidade e na estrutura trófica da comunidade de nematóides (Ferris and Ferris, 1974; Wasilewska, 1989).

Dunas de areia são geralmente pobres em nutrientes com baixos níveis de produção primária. Solenius (1980) assumiu que grande parte da fonte de nutrientes disponível para os organismos do solo em áreas de baixa produção primária é provavelmente mediada pelos nematóides como reguladores da população microbiana. Estudos com nematóides em habitats de duna foram durante muito tempo relacionados na sucessão da vegetação e na formação da estrutura do solo. Na década dos 90 a distribuição e sucessão das comunidades de solo em dunas litorais têm sido determinadas com maior atenção (de Goede *et al.*, 1993; Koehler *et al.*, 1995; Goralczyk, 1998). As comunidades de nematóides são freqüentemente sensíveis à perturbação do habitat, por exemplo, na mudança em sua composição de espécies, abundância, ou uma troca na estrutura trófica (Goralczyk, 1998; Wall, *et al.*, 2002; Háněl, 2003; Gruzdeva *et al.*, 2007) e eles mostram uma sucessão característica de recolonização de habitats transformados (Ettema e Bongers, 1993). Dentro da sucessão natural, mudanças nas propriedades do solo são normalmente mais graduais que os efeitos de perturbação artificial como a adubação, a poluição, a mecanização e os agrotóxicos (Goralczyk, 1998).

Na *Restinga* da Marambaia existem comunidades vegetais fisionomicamente distintas, dentro da sucessão

natural do ecossistema, que achamos terá influência nas comunidades de nematóides presentes. O estudo da estrutura da comunidade de nematóides permite a determinação da qualidade e funcionalidade dos solos. Isso porque a determinação da dinâmica da comunidade de nematóides não só reflete a condição de funções do solo, mas também os influenciam (Bongers, 1990; Freckman and Ettema, 1993; Yeates *et al.*, 1993; Neher *et al.*, 1995). Assumimos como hipótese de trabalho que esses organismos refletem as mudanças ocorridas na cobertura do solo e, como consequência, podem ser usados para indicar alterações ecológicas do ambiente de *Restinga*. Assim, este estudo teve o objetivo investigar a estrutura da comunidade de nematóides na *Restinga* da Marambaia, para esclarecer a relação entre os nematóides e algumas propriedades do solo em diferentes fisionomias vegetais. Finalmente, este é o primeiro artigo a caracterizar a nematofauna, em ambiente de *Restinga* no Brasil.

MATERIALES Y METODOS

Foi realizado o estudo da comunidade de nematóides do solo associada a diferentes tipos de vegetação na *Restinga* da Marambaia, litoral sul do Estado do Rio de Janeiro. A amostragem foi realizada em maio de 2008 em três fisionomias vegetais: formação herbácea fechada inundável (C), associada as depressões de formato alongado, com o lençol freático aflorando em períodos de maior pluviosidade, sendo a formação submetida a variações sazonais extremas, o solo apresenta uma camada orgânica com mais de 40 cm de profundidade, espécies vegetais dominantes: *Paspalum maritimum*, *P. arenatum*, *Lagenocarpus rigidus*; *B. lechnum serrulatum*, *Paepalanthus tortilis*, *Xyris jupicai*, *Tibouchina urceolaris* e ervas. Formação arbustiva fechada de cordão arenoso (D), sem influência

do lençol freático, solo com camada orgânica de 10 cm de profundidade sempre seca e as espécies dominantes são da família Mirtaceae. Floresta de cordão arenoso (F), o substrato apresenta camada orgânica de 15 cm de profundidade, apresenta um dossel superior que atinge 20-25 m de altura, formado por *Protium brasiliensis*, *Pouteria grandiflora*, *Aspidosperma parvifolium*, *Xilopia sericea* e um estrato inferior composto por Bromélias. Para maiores detalhes das áreas amostradas ver Tabela 1 e a Menezes Araujo (2005).

Para a realização deste estudo foi executado um planejamento prévio para otimizar e obter dados confiáveis segundo Melo Hepp (2008). Em cada fisionomia vegetal se escolheram três parcelas (250 m²) ao acaso separadas 50 m entre si. Em cada parcela coletaram-se 20 amostras simples, em linha zig-zag para formar uma amostra composta, a duas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, utilizando-se um trado cilíndrico de 2,5 cm de diâmetro. As amostras foram conservadas a 4°C, e todas foram processadas em um período de cinco dias.

Os nematóides foram extraídos pelo método de flutuação-centrifugação (Caveness Jensen, 1955), realizou-se lâminas definitivas para a identificação até o nível taxonômico de gênero, utilizando-se a literatura específica (Heyns, 1971; Siddiqui, 1985; Jairajpuri Ahmad, 1992; Chaves *et al.*, 1995; Cares Huang, 2000, 2001).

A comunidade de nematóides foi descrita através dos seguintes parâmetros: Abundância total (número total de nematóides em 100 mL de solo) e Abundância relativa conforme Magurran (1988); foi determinada a estrutura trófica, descrita com base nos grupos tróficos dos nematóides classificados quanto à estratégia alimentar em cinco grupos: fitófagos, bacteriófagos, micófagos, predadores e onívoros, segundo Yeates *et al.* (1993).

Tabela 1. Descrição dos solos das diferentes formações vegetais estudadas na Restinga da Marambaia: formação herbácea fechada inundável (C), formação arbustiva fechada de cordão arenoso (D), floresta de cordão arenoso (F).

| Cobertura | Classes de solo | Descrição |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C | NEOSSOLO QUARTZARÊNICO HIDROMÓRFICO | Solos com textura arenosa, muito mal drenados, com o lençol freático quase à superfície do solo. Apresentam geralmente seqüência de horizontes H-A-C |
| D | NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO | Solos de textura arenosa, com grande predomínio de quartzo, acentuadamente drenados, baixa capacidade de retenção de umidade e baixa CTC. Apresentam seqüência A-C, com predomínio do horizonte A do tipo fraco |
| F | Complexo de: ESPODOSSOLO FERROCARBICO Hidromórfico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO hidromórfico, ambos tiomórficos | O ESPODOSSOLO é imperfeitamente drenado, apresenta seqüência de horizontes A-E-Bhs ou H-E-Bhs. Possuem nos horizontes minerais textura arenosa, com mineralogia de quartzo. |

Modificado de Góes *et al.* (2005)

Tabela 2. Análise química de solo das diferentes formações vegetais estudadas na restinga da Marambaia: formação herbácea fechada inundável (C), formação arbustiva fechada de cordão arenoso (D), floresta de cordão arenoso (F).

| | Na | Ca** | Mg** | K | H+Al** | Al** | S** | T* | V* | pH _{água} * | Corg** | P |
|---|---------------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|------|-------|-------|----------------------|--------|--------|
| | -----Cmol/dm ³ ----- | | | | | | | | % | 1:2,5 | % | mg/L |
| C | 0.027a ^x | 2.45b | 1.65ab | 0.003 a | 3.00b | 0.55a | 4.0b | 7.0b | 59.0a | 4.35b | 1.19b | 1.67 a |
| D | 0.032 a | 2.90ab | 1.00b | 0.005 a | 3.85b | 0.20b | 4.0b | 8.0b | 51.0a | 4.80a | 1.01b | 0.50 a |
| F | 0.012 a | 3.55a | 2.05a | 0.007 a | 9.65a | 0.40ab | 5.5a | 15.5a | 36.5b | 5.05a | 2.94a | 4.33 a |

x Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a * $p < 0.01$ e ** $p < 0.05$.

As análises químicas do solo foram feitas segundo método de análises de solo da EMBRAPA (1999).

Os resultados foram submetidos à análise de variância visando identificar diferenças significativas na composição da nematofauna e para cumprir os pressupostos foram realizados o teste de Lilliefors e Bartlett para testar a normalidade e homocedasticidade das variáveis estudadas (Neter Wasserman, 1974; Fowler Cohen, 1990). As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey (Sokal Rohlf, 1995) utilizando os programas SAEG (UFV, 1999) e SISVAR (Ferreira, 2000). Fizeram-se correlações de Pearson entre a densidade dos grupos tróficos e propriedades químicas do solo. A ordenação dos dados foi realizada pela análise de componentes principais utilizando o programa CANOCO (ter Braak, 1988)

RESULTADOS

Os dados químicos do solo (Tabela 2) mostraram diferenças significativas em alguns parâmetros medidos. A área C apresentou maiores teores de Al, menor Ca e pH. Enquanto a área F apresentou altos teores de Ca, Mg, carbono orgânico e acidez potencial (H+Al), ainda maiores valores de S e T. Finalmente D apresentou valores intermediários dos parâmetros e o menor teor de carbono orgânico. Nas diferentes áreas estudadas foram identificados 44 táxons de nematóides divididos em 42 gêneros e duas famílias (Tabela 3). Foram descritos 25 gêneros em C, 19 em D e 28 em F. *Prismatolaimus*, *Hemicycliophora*, *Criconemella* foram os gêneros que mais prevaleceram na área C. Enquanto em D foram *Rhabditis* e *Tylenchus* e em F *Hemicycliophora*, *Xiphinema*, *Rhabditis* e *Aporcelaimus* (Tabela 3). Destaca-se a alta presença de *Prismatolaimus* encontrada na área C como também de *Hemicycliophora* na área F.

A densidade total média dos nematóides (ind.100 ml⁻¹ de solo) foi maior em F > C > D ($p < 0.05$), e foi maior quando obtida a menor profundidade (Tabela 3). Enquanto para as diferentes áreas estudadas esta distribuição variou, sendo mais abundantes os nematóides para a profundidade de 0-10 cm em C > F > D ($p < 0.05$). Entretanto, para a profundidade de 10-20 cm foram mais abundantes em F > D > C ($p < 0.05$) (Tabela 4).

A composição trófica das comunidades estudadas é dominada pelo grupo trófico fitófagos, seguido do grupo dos bacteriófagos, os onívoros e predadores e finalmente os fungívoros. Esses diferentes grupos tróficos se diferenciaram, dependendo da área e a profundidade do solo. Os fitófagos destacaram-se nos ambientes F e C na profundidade de 0-10 cm ($p < 0.1$) e em F de 10-20 cm ($p < 0.1$), enquanto no ambiente D apresentaram a menor densidade de 0-20 cm ($p < 0.1$) (Tabela 4). Os nematóides bacteriófagos foram mais numerosos em C do que nas demais áreas para a profundidade de 0-10 cm, mas apresentaram a menor densidade na profundidade de 10-20 cm ($p < 0.05$). A densidade dos nematóides micófagos foi maior na profundidade 0-10 cm nas áreas C e D, enquanto para a profundidade 10-20 cm apresentaram a maior densidade na área D ($p < 0.05$). Os onívoros-predadores foram mais abundantes em F para ambas profundidades estudadas ($p < 0.1$) (Tabela 4).

As correlações entre os grupos tróficos e as variáveis edáficas são apresentadas na Tabela 5. Os fitófagos correlacionaram-se positivamente com a matéria orgânica e Mg ($p < 0.05$). Enquanto os predadores e os onívoros correlacionaram-se com Mg, K, carbono orgânico e P ($p < 0.05$). Entre os grupos tróficos as correlações foram positivas entre onívoros e fitófagos, predadores com onívoros e bacteriófagos com micófagos ($p < 0.05$).

A análise de componentes principais baseada nos gêneros de nematóides, explicou 78,5 % da variabilidade total nas duas primeiras componentes (Fig. 1), sendo que 53,6 % da variância estão explicados pela PC1 estando positivamente ligado, aos gêneros *Aporcelaimellus*, *Prionchulus*, *Milonchulus*, *Aporcelaimus*, *Iotonchus*, *Dorylaimus*, *Acrobeloides*, *Xiphinema*, *Discolaimoides* e *Helicotylenchus*, os quais ocorrem com maior abundância nas fisionomias F10 e F20, contribuindo para uma elevada diversidade específica em solo relativamente fértil e formados. Em oposição, projetam-se negativamente na PC1 os gêneros *Prismatolaimus*, *Ditylenchus*, *Hemicriconemoides*, *Tylenchus*, *Leptolaimus*, *Mononchus*, *Eucephalobus*, *Mesorhabditis*, *Coslenchus*, *Turbatrix*, *Pratylenchus*, *Actinolaimus*, *Nygolaimus*, *Cryptonchus*, *Criconemella* e *Cephalobus*, na fisionomia C10 e D20. Essa primeira componente principal sintetiza o efeito

Tabela 3. Abundância relativa de nematóides encontrados em diferentes formações vegetais, formação herbácea fechada inundável (C), formação arbustiva fechada de cordão arenoso (D) e floresta de cordão arenoso (F), a duas profundidades do solo (cm) na restinga da Marambaia e classificados de acordo com o tipo de estratégia alimentar (Yeates *et al.*, 1993).

| Nematóides | C | | D | | F | |
|--------------------------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| | 0-10 | 10-20 | 0-10 | 10-20 | 0-10 | 10-20 |
| Fitófagos | | | | | | |
| <i>Coslenchus</i> | 0.31 | - | - | - | - | - |
| <i>Criconema</i> | 0.41 | 0.31 | 0.10 | 0.72 | 0.31 | 0.92 |
| Criconematidae | - | - | - | - | - | 0.10 |
| <i>Criconemella</i> | 2.87 | 0.51 | 0.31 | 1.13 | 0.21 | 0.41 |
| <i>Dolichodorus</i> | 1.23 | 0.62 | 0.21 | 0.21 | 0.41 | 0.21 |
| <i>Helicotylenchus</i> | - | - | 0.10 | 0.21 | 0.51 | 0.41 |
| <i>Hemicriconemoides</i> | - | - | 0.10 | - | - | - |
| <i>Hemicycliophora</i> | 3.59 | 2.67 | 0.51 | 0.82 | 4.83 | 9.55 |
| <i>Pratylenchus</i> | 0.10 | - | - | - | - | - |
| <i>Xiphinema</i> | 0.10 | 0.10 | - | - | 5.24 | 2.46 |
| Bacteriófagos | | | | | | |
| <i>Cruzema</i> | - | - | 0.92 | 0.21 | 0.10 | 0.21 |
| <i>Mesorhabditis</i> | 0.62 | - | - | - | - | - |
| <i>Panagrolaimus</i> | - | - | - | - | - | 0.10 |
| <i>Rhabditis</i> | 0.92 | - | 3.29 | 1.54 | 1.23 | 0.62 |
| <i>Acrobeloides</i> | - | - | - | - | 0.62 | 1.03 |
| <i>Eucephalobus</i> | 0.62 | - | 0.72 | 0.21 | 0.10 | 0.21 |
| <i>Cephalobus</i> | 0.31 | 0.21 | 0.21 | - | - | - |
| <i>Chronogaster</i> | - | 0.41 | - | - | - | - |
| <i>Clarkus</i> | - | - | - | - | - | 0.21 |
| <i>Leptolaimus</i> | - | - | 0.10 | - | - | - |
| <i>Turbatrix</i> | 0.21 | - | - | - | - | - |
| <i>Cryptonchus</i> | 0.10 | - | - | - | - | - |
| <i>Plectus</i> | - | 0.10 | - | - | - | - |
| <i>Punctodora</i> | 0.82 | 0.31 | - | - | - | - |
| <i>Prismatolaimus</i> | 11.60 | 0.21 | 1.64 | 1.23 | 0.51 | - |
| Micófagos | | | | | | |
| <i>Aphelenchus</i> | 0.41 | - | 0.21 | - | 0.21 | 0.10 |
| <i>Ditylenchus</i> | 1.33 | 0.10 | 0.62 | 1.03 | - | 0.10 |
| <i>Aphelenchoides</i> | - | - | - | - | 0.10 | - |
| <i>Tylenchus</i> | 1.85 | 0.10 | 2.05 | 1.44 | 0.21 | - |
| Predadores | | | | | | |
| <i>Iotonchus</i> | - | - | - | - | 1.13 | 0.10 |
| <i>Granonchulus</i> | - | - | - | - | 0.21 | - |
| <i>Milonchulus</i> | - | - | - | - | 0.62 | 0.21 |
| <i>Mononchus</i> | - | - | 0.21 | 0.10 | - | - |
| Qudsianematidae | 0.31 | - | 0.21 | - | - | - |
| <i>Discolaimoides</i> | 0.10 | - | 0.21 | - | 0.41 | 0.31 |
| <i>Prionchulus</i> | - | - | - | - | 1.03 | 0.41 |

Tabela 3. Abundância relativa de nematóides encontrados em diferentes formações vegetais, formação herbácea fechada inundável (C), formação arbustiva fechada de cordão arenoso (D) e floresta de cordão arenoso (F), a duas profundidades do solo (cm) na restinga da Marambaia e classificados de acordo com o tipo de estratégia alimentar (Yeates *et al.*, 1993). (Cont'd)

| Nematóides | C | | D | | F | |
|------------------------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 0-10 | 10-20 | 0-10 | 10-20 | 0-10 | 10-20 |
| <i>Dorylaimus</i> | - | - | - | - | 0.41 | - |
| <i>Actinolaimus</i> | 0.10 | - | - | - | - | - |
| <i>Nygolaimus</i> | 0.10 | - | - | - | - | - |
| Onívoros | | | | | | |
| Dorilaimidae | 0.62 | - | - | - | 1.54 | 0.41 |
| <i>Prodorylaimus</i> | - | - | - | - | 0.21 | - |
| <i>Eudorylaimus</i> | 0.21 | - | - | - | 0.10 | 0.21 |
| <i>Aporcelaimellus</i> | - | - | - | - | 1.64 | 0.21 |
| <i>Aporcelaimus</i> | - | - | - | - | 1.54 | 0.72 |
| <i>Labronema</i> | 0.51 | 0.10 | 0.21 | - | 1.54 | 0.21 |
| Total | 29.2 | 5.7 | 11.9 | 8.8 | 24.9 | 19.4 |

Tabela 4. Média da densidade total e dos grupos tróficos (ind.100ml⁻¹solo) da comunidade de nematóides determinados em diferentes formações vegetais da restinga da Marambaia a duas profundidades de solo.

| Grupo trófico | Area | Profundidade (cm) | | | | | | Média | CV |
|--------------------|-------|-------------------|-----------------|------|-------|---|---|-------|-------|
| | | 0-10 | | 0-20 | | | | | |
| Fitófagos** | C | 28,00 | A ^{xy} | a | 13,67 | B | b | 20,83 | 16,16 |
| | D | 4,33 | B | a | 10,00 | B | a | 7,17 | |
| | F | 37,33 | A | a | 45,67 | A | a | 41,50 | |
| | Média | 23,22 | | | 23,11 | | | | |
| Bacteriófagos* | C | 49,33 | A | a | 4,00 | A | b | 26,67 | 36,70 |
| | D | 22,33 | AB | a | 10,33 | A | a | 16,33 | |
| | F | 8,33 | B | a | 7,67 | A | a | 8,00 | |
| | Média | 26,67 | | | 7,33 | | | | |
| Micófagos* | C | 11,67 | A | a | 0,67 | B | b | 6,17 | 26,86 |
| | D | 9,33 | A | a | 8,00 | A | a | 8,67 | |
| | F | 1,67 | B | a | 0,67 | B | a | 1,17 | |
| | Média | 7,56 | | | 3,11 | | | | |
| Onívoro-predador** | C | 5,67 | B | a | 0,33 | B | b | 3,00 | 28,4 |
| | D | 2,67 | B | a | 0,33 | B | a | 1,50 | |
| | F | 33,67 | A | a | 9,00 | A | b | 21,33 | |
| | Média | 14,00 | | | 3,22 | | | | |
| Densidade total * | C | 94,7 | A | a | 18,7 | B | b | 56,7 | 23,3 |
| | D | 38,7 | B | a | 28,7 | B | a | 33,7 | |
| | F | 81 | A | a | 63 | A | a | 72 | |
| | Média | 71,4 | | | 36,8 | | | | |

formação herbácea aberta inundável (C), formação arbustiva fechada de cordão arenoso (D), floresta de cordão arenoso (F).

^x Letras maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal.

^y Valores médios com mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a * $p < 0.05$ e ** $p < 0.1$.

(von Bussau, 1990; de Goede *et al.*, 1993; Goralczyk, 1998; Wall *et al.*, 2002). A riqueza, aqui representada pelos 42 gêneros e 2 famílias foi maior que as reportadas previamente nos habitats de dunas de areia na sucessão primária com 30 gêneros de nematóides identificados por Zhang *et al.* (2007); e num total de 10 táxons de nematóides encontrados em dois diferentes estágios de uma sucessão ecológica num ecossistema costeiro de dunas móveis de Praia no Rio Grande do Norte por Medeiros *et al.* (2008).

A densidade total média dos nematóides (ind. 100 ml⁻¹ de solo) foi maior à menor profundidade, confirmando observações contidas em estudos, como Yeates (1996), ao comparar três diferentes tipos de vegetação em Nova Zelândia e por Zhang *et al.* (2007) em diferentes ambientes de dunas da China. Em relação aos grupos tróficos, os nematóides fitófagos foram dominantes na nematofauna da *Restinga* da Marambaia. Este resultado não é consistente com o informado por Wall *et al.* (2002) que determinou aos onívoros como dominantes no sistema de duna de areia à boca do rio Tay e tampouco pelo reportado por Zhang *et al.* (2007) referindo-se aos bacteriófagos como grupo trófico mais abundante. Em relação aos bacteriófagos, como segundo grupo dominante, coincide com o reportado por Wall *et al.* (2002). Zhang *et al.* (2007) encontraram os onívoros-predadores como grupo trófico com menor densidade, enquanto em nosso estudo os micófagos foram os menos abundantes.

Os nematóides fitófagos incrementaram seu número com o aumento da matéria orgânica e/ou acumulação de serrapilheira, concordando com Zhang *et al.* (2007); Wall *et al.* (2002), e nas correlações positivas entre a abundância de fitófagos e o conteúdo de matéria orgânica, estando em maior quantidade na floresta de cordão arenoso. Quando consideramos as profundidades, os fitófagos encontram-se abundantes em todo o perfil na área F, provendo assim mais sítios de alimentação para esse grupo trófico, enquanto na área C, eles foram mais abundantes na superfície (0-10 cm), refletindo a distribuição diferencial das raízes no perfil das diferentes áreas.

Os nematóides bacteriófagos foram o seguinte grupo mais abundante na *Restinga*. Foram mais presentes em C a menor profundidade, sendo o gênero prevalente *Prismatolaimus*. A elevada densidade de *Prismatolaimus*, poderia estar relacionada com os ciclos de alagamento e escoamento que ocorrem na área C, promovidas pela variação do lençol freático. Na época de amostragem, início de outono, apresentou uma redução de chuvas e conseqüente escoamento do horizonte H, que favorece a decomposição da MO e proliferação da comunidade bacteriana, propiciando o crescimento das populações de bacteriófagos principalmente *Prismatolaimus*. Este nematóide está associado aos habitats aquáticos, incluindo “águas temporárias”, águas subterrâneas, habitats de *Sphagnum* e até mesmo águas marinhas com baixa salinidade (Zullini, 2006). Segundo Ocaña *et al.* 1990, o consideraram como um

gênero excepcional capaz de tolerar alta amplitude de pH (4.9 para 8.4) e foi encontrado sobrevivendo com sucesso em águas de nascentes inteiramente anóxicas, inclusive em habitat com temperatura de águas entre 38-42.8 °C. Todas características preponderantes da área C na *Restinga* da Marambaia.

A densidade dos nematóides micófagos foi maior em D nas duas profundidades e em C de 0-10 cm. Isto se deve a drenagem acentuada e pela presença de matéria orgânica mais seca e recalcitrante na fisionomia vegetal. D. Piotrowska (1991) e Goralczyk (1998) encontraram abundantes nematóides micófagos apenas em locais com uma camada orgânica bem desenvolvida, ou seja, locais com estágios mais avançados da sucessão.

Os onívoros-predadores se correlacionaram positivamente com Mg, K, C orgânico e P, ainda com fitófagos, concordando com Wall *et al.* (2002) e Hu e Cao (2008) ao encontrar correlação positiva entre os onívoros e o C orgânico e com Hu e Cao (2008) na correlação positiva entre onívoros-predadores e K. Um fato interessante é que não há nenhum predador em C e nenhum onívoro em D nas profundidades de 10-20 cm. Porém, foram mais abundantes em F nas duas profundidades. Segundo Bongers *et al.* (1995); Bongers and Ferris (1999) and Korthals *et al.* (1996) a maior dominância de nematóides tipo cp-3 para cp-5 indica sucessão natural mediada por aumento na estabilidade ambiental, enquanto Goralczyk (1998) observou a substituição aparente de predadores e bacteriófagos por nematóides onívoros em alguns locais. Procter (1984) fala de polifagia (*polyphagy*) como um atributo servido a habitats com baixa ou incerta produtividade, que pode ser o caso deste ambiente de duna altamente dinâmico.

Segundo Freckman Caswell (1985), a cobertura vegetal é o denominador comum para a fauna do solo e exerce um papel importante determinando a dinâmica da comunidade do solo. As ACP, baseadas nos gêneros e grupos tróficos de nematóides, separaram claramente as áreas C, D e F, como também as diferentes profundidades. Esse resultado evidencia a importância da vegetação sobre as comunidades de nematóides uma vez que as diferentes comunidades de plantas apresentam diferentes vias de decomposição de seus resíduos e conseqüente ciclagem de nutrientes (Yeates Saggar, 1998; Yeates *et al.*, 1997), bem como sistemas radiculares diferentes. E como antecipou Yeates (1999) a fauna de nematóides refletiria isso. *Hemicycliophora*, *Prismatolaimus*, *Xiphinema*, *Tylenchus* e *Aporcelaimus* foram o gêneros predominantes na *Restinga* da Marambaia com 22, 15, 8, 6 e 2% da comunidade respectivamente. Esta informação não é coincidente com o Acrobeles predominante em Sandy Land na China (Zhang *et al.*, 2007) e em dunas de areia na Dinamarca (von Bussau, 1990). Este resultado indicou, que *Hemicycliophora* foi o gênero indicador para o sistema estabilizado de duna de areia na *Restinga* da Marambaia.

Ao longo da sucessão vegetal, a abundância relativa dos diferentes tipos tróficos de nematóides mudou

Tabela 5. Matrix de correlação de Pearson entre densidade dos grupos tróficos da comunidade de nematóides e propriedades químicas do solo em diferentes formações vegetais da restinga da Marambaia a duas profundidades.

| Indicadores | Na | Ca | Mg | K | Al | pH | Corg | P | Fit | Bac | Mic | Pred |
|-------------|------|------|-------------|-------------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|
| Fit | -0,4 | 0,4 | 0,65 | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,52 | 0,44 | | | | |
| Bac | 0,0 | -0,2 | -0,16 | -0,22 | 0,2 | -0,3 | -0,31 | -0,15 | -0,13 | | | |
| Mic | 0,1 | -0,1 | -0,35 | -0,18 | 0,1 | -0,1 | -0,35 | -0,42 | -0,41 | 0,66 | | |
| Pred | -0,2 | 0,4 | 0,57 | 0,69 | -0,3 | 0,3 | 0,74 | 0,81 | 0,42 | -0,07 | -0,3 | |
| On | -0,3 | 0,4 | 0,63 | 0,69 | -0,3 | 0,3 | 0,76 | 0,74 | 0,47 | -0,15 | -0,3 | 0,95 |

Fit: fitofagos; Bac: bacteriófagos; Mic: micofagos; Pred: predadores; On: onívoros. Em negrito, valores significativos $p < 0,05$.

consideravelmente, e a diferença de Goralczyk (1998) nas dunas de areia da Polônia, a fauna de nematóides na *Restinga* da Marambaia passou de um grupo dominado por nematóides bacteriófagos nos primeiros estágios sucessionais (C) para outra com domínio de micófagos (D) e finalmente para a área F, com vegetação permanente, com dominância de fitófagos, porém com alta presença de predadores e onívoros.

Estes resultados mostraram que determinados táxons específicos de nematóides, bem como grupos tróficos e determinados parâmetros de solo estão relacionadas com as diferentes fisionomias vegetais estudadas, diferenciando-se consideravelmente a nematofauna dessas áreas. Assim como em Zhang *et al.* (2007), mostraram que mudanças nas propriedades do solo durante o processo de sucessão da vegetação foram acompanhadas pela correspondente mudança na estrutura da comunidade de nematóide do solo. Cada sere em uma sucessão de vegetação tem uma comunidade de nematóides própria, que reflete as características bióticas e abióticas de cada estágio sucessional (Wasilewska 1994) e influencia a sucessão vegetal (Van der Putten, *et al.* 1993). Desta maneira podem ser distinguidos locais em pontos diferentes na sucessão natural da vegetação no sistema de duna na *Restinga* da Marambaia em base a distintos e reconhecíveis comunidades de nematóides tanto em nível taxonômico como por grupos tróficos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Marinha do Brasil, e ao Inter American Institute for Global Change Research (IAI CRN - US National Science Foundation (grant GEO-04523250) pelo apoio logístico e financeiro respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Bongers, T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83:14-19.
- Bongers, T., R.G.M. de Goede, G. Korthals, and G.W. Yeates, 1995. Proposed changes of c-p classification for nematodes. *Russian Journal of Nematology* 3:61-62.
- Bongers, T. and H. Ferris. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Evolution and Ecology* 14:224-228.
- Cares, J. E. and S. P. Huang. 2000. Taxonomia atual de fitonematóides. Chave sistemática simplificada para gêneros. Parte I. Revisão Anual de Patologia de Plantas 8: 185-223.
- Cares, J. E. and S. P. Huang. 2001. Taxonomia de fitonematóides. Chave sistemática simplificada para gêneros. Parte II. Revisão Anual de Patologia de Plantas 9: 177-235.
- Chaves, E. J., M. M., Echeverria y M. S. Torres. 1995. Clave para determinar géneros de nematodes del suelo de la República Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Bs. As.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). 1996. Anexo da Resolução CONAMA 07/96, de 23 de julho de 1996. Diário Oficial da União. Brasília. Publicado em 26.08.1996.
- Caveness, F.E. and H.J. Jensen. 1955. Modification of centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 22:87-89.
- De Goede, R. G. M., S. S. Georgieva, B. C. Verschoor and J. W. Kamerman. 1993. Changes in nematode community structure in a primary succession of blown-out areas in a drift sand landscape. *Fundamental and applied Nematology* 16: 501-513.
- De Goede, R. G. M. and T. Bongers. 1994. Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics. *Applied Soil Ecology* 1:29-44.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Solos/

- Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília.
- Ettema, C. H. and T. Bongers. 1993. Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the maturity index. *Biology and Fertility of Soils* 16:79-85.
- Ferreira, D. F. 2000. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. Pp.255-258. In. 45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP.
- Ferris, V. R. and J. M. Ferris. 1974. Inter-relationships between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. *Agroecosystems* 1:275-299.
- Fowler, J. and L. Cohen. 1990. *Practical statistics for field biology*. Open University Press, Buckingham.
- Freckman, D. W. and E. P. Caswell. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Reviews in Phytopathology* 23:275-295.
- Freckman, D.W. and C. H. Ettema. 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 45:239-261.
- Góes, M. H. B., J. X. da Silva, A. F. Rodrigues, M. S. G. Cavalcante, H. Roncaratti, C. D. Cravo, L. F. T. de Menezes, L. H. C. dos Anjos, G. S. Valladares e M. G. Pereira. 2005. Modelo digital para a *Restinga* e paleoilha da Marambaia, Rio de Janeiro. Pp. 1-288 in Menezes, L. F. T. DE, A. L. Peixoto e D. S. D. DE Araujo. (Org.). *História Natural da Restinga da Marambaia*. Seropédica, RJ: Editora da Universidade Rural do Rio de Janeiro.
- Goralczyk, K. 1998. Nematodes in a coastal dune succession: Indicators of soil properties? *Applied Soil Ecology* 9:465-469.
- Gruzdeva, L. I., E. M. Matveeva, and T. E. Kovalenko. 2007. Changes in Soil Nematode Communities under the Impact of Fertilizers. *Eurasian Soil Science* 40:681-693.
- Háněl, L. 2003. Recovery of soil nematode populations from cropping stress by natural secondary succession to meadow land. *Applied Soil Ecology* 22:255-270.
- Hay, J. D. and L. D. de Lacerda. 1984. Ciclagem de nutrientes no ecossistema de *Restinga*. Pp. 459-475 in L. D. Lacerda, D. S. D. Araujo, R. Cerqueira and B. Turcq (eds.), *Restingas: Origem, Estrutura, Processos*, Niterói, RJ: CEUFF.
- Heyns, J. A. 1971. Guide to the plant soil nematodes of south Africa. A. A. Balkema, ed. Cape Town.
- Jairajpuri, M. S. and W. Ahmad. 1992. *Dorylaimida, free-living, predaceous and plant-parasitic nematodes*: E. J. Brill, ed. New York.
- Koehler, H., E. Munderloh and S. Hofmann. 1995. Soil microarthropods (Acari, Collembola) from beach and dune: Characteristics and ecosystem context. *Journal of Coastal Conservation* 1:77-86.
- Korthals, G. W., A. van De Ende, H. van Megen, T. M. Lexmond, J. E. Kammenga and T. Bongers. 1996. Short-term effects of cadmium, copper, nickel, and zinc on soil nematodes from different feeding and life-history strategy groups. *Applied Soil Ecology* 4:107-117.
- Medeiros, H. A., G. R. C. Torres, I. M. Guimarães, R. S. Júnior and O. F. Oliveira. 2008. Estrutura trófica e composição da nematofauna em um ecossistema costeiro de dunas. *Revista Caatinga* 21:102-112.
- Melo, A.S. and L.U. Hepp. 2008. Ferramentas estatísticas para análises de dados provenientes de biomonitoramento. *Oecologia Brasiliensis*. 12:463-486.
- Menezes, L.F.T. and D.S.D. Araujo. 2005. Formações vegetais da *Restinga* da Marambaia. Pp. 67-120, in Menezes, L.F.T., D.S.D. Araujo, and A.L. Peixoto, ed. *História Natural da Marambaia*, Seropédica, RJ: Edur Editora da Universidade-UFRRJ.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurements*. Cambridge, UK: University Press.
- Neher, D.A., S.L. Peck, J.O. Rawlings and C.L. Campbell. 1995. Measures of nematode community structure and sources of variability among and within agricultural fields. *Plant and Soil* 170:167-181.
- Neher, D. A. 1999. Nematode communities in organically and conventionally managed agricultural soils. *Journal of Nematology* 31:142-154.
- Neher, D. A. 2001. Role of Nematode in soil health and their use as indicator. *Journal of Nematology* 33:161-168.
- Neter, J. and W. Wasserman. 1974. *Applied linear statistical models*. Homewood, Illinois: R. D. Irwin Inc.
- Ocaña, A. J. Picazo and F. Jimenez-Millan. 1990. First record of nematode species in continental water from Spain: taxonomic and ecological considerations. *Nematologia mediterranea* 18:179-188.
- Piotrowska, H. 1991. The development of the vegetation in the active deflation hollows of the Leba Bar (N. Poland). *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 35: 173-215.
- Procter, D.L.C. 1984. Towards a biogeography of free-living soil nematodes. I. Changing species richness, diversity and densities with changing latitude. *Journal of Biogeography* 11:103-117.
- Ritz, K. and D.L. Trudgill. 1999. Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspectives and challenges. *Plant and Soil* 212:1-11.
- Siddiqui, R. M. 1985. *Tylenchida parasites of plants and insects*. United Kingdom: St Albans, Commonwealth Institute of Parasitology.
- Solenius, B. 1980. Abundances, biomass and contribution to energy flow by soil nematodes in terrestrial ecosystems. *Oikos* 34:186-194.

- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3rd edition. W. H. Freeman and Co.: New York.
- Ter Braak, C. J. F. 1988. CANOCO—an extension of DECORANA to analyze species-environment relationships. *Plant Ecology* 75: 159-160.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV, 1999. Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG. Pp 138. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, (versão 8.0).
- Van Der Valk, A. G. 1974. Mineral cycling in coastal foredune plant communities in Cape hatteras National Seashore. *Ecology* 55: 1349-1358.
- Van Der Putten, W.H., C. Van Dijk, and B.A.M. Peters. 1993. Plant-specific soil-borne diseases contribute to succession in foredune vegetation. *Nature* 362:53–56.
- Von BUSSAU, C. 1990. Free-living nematodes from the coastal dunes and adjoining biotopes of the German and Danish coasts. 1. General part and re-description of some Chromadorida (Nematoda). *Zoologischer Anzeiger* 225:161–188.
- Wasilewska L. 1989. Impact of human activities on nematode communities in terrestrial ecosystems. Pp. 123-132 in Clarhol M. M., and L. BERGSTROM eds. *The ecology of arable land*. Kluwer: Dordrecht.
- Wasilewska, L. 1994. The effect of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. *Pedobiologia* 38:1-11.
- Wall, J. W., K. R. Skene and R. NEILSON. 2002. Nematode community and trophic structure along a sand dune succession. *Biology and Fertility of Soils* 35:293–301.
- Yeates, G. W. 1984. Variation in soil nematode diversity under pasture with soil and year. *Soil Biology and Biochemistry* 16:95-102.
- Yeates, G.W., T. Bongers, R. G. M. DE Goede, D.W. Freckman and S. S. GEORGIEVA. 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera- An outline for soil ecologists. *Journal of Nematology* 25:315-331.
- Yeates, G.W. 1996. Diversity of nematode faunae under three vegetation types on a pallic soil in Otago, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 23:401-407
- Yeates G. W, S. Saggarr and B. K. Daly. 1997. Soil microbial C, N and P, and microfaunal populations under *Pinus radiata* and grazed pasture land-use systems. *Pedobiologia* 41:549-565.
- Yeates G.W. and S. Saggarr. 1998. Comparison of soil microbial properties and fauna under tussock-grassland and pine plantation. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 28:523-35.
- Yeates, G.W. 1999. Effects of plants on nematode community structure. *Annual Review of Phytopathology* 37:127-149.
- Zhang, X. K., W. J. Liang, D. M. Jiang, Z. M. Liu and S. W. Jiang. 2007. Soil nematode community structure in a Chinese sand dune system. *Helminthologia* 44:204-209.
- Zullini, A. 2006. Order Triplonchida. Pp.293-325. in Abebe, E., I. Andrassy and W. Traunspurger, ed. *Freshwater nematodes: ecology and taxonomy*. CABI.

Received:

14/III/2011

Accepted for publication:

13/VII/2011

Recibido:

Aceptado para publicación: