

COLONIZAÇÃO E SUCESSÃO DE NEMÁTODES MARINHOS EM
SUBSTRATO ARTIFICIAL CONSOLIDADO

LUCIANA MONTEIRO LAGE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

NOVEMBRO – 2010

COLONIZAÇÃO E SUCESSÃO DE NEMÁTODES MARINHOS EM
SUBSTRATO ARTIFICIAL CONSOLIDADO

LUCIANA MONTEIRO LAGE

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Dr. Ricardo Coutinho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

NOVEMBRO – 2010

COLONIZAÇÃO E SUCESSÃO DE NEMÁTODES MARINHOS EM
SUBSTRATO ARTIFICIAL CONSOLIDADO

LUCIANA MONTEIRO LAGE

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Biotecnologia e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovado em 12 de novembro de 2010.

Comissão examinadora:

Prof^a. Verônica Fonsêca-Genevois – UFPE
Doutora em Ciências

Prof^a. Ilana Rosental Zalmon - UENF
Doutora em Ciências – Zoologia

Prof. Flávio da Costa Fernandes - IEAPM
Doutor em Ocenografia Biológica

Prof. Ricardo Coutinho – IEAPM
Doutor em Biologia
(Orientador)

Prof. Lohengrin Dias de Almeida Fernandes – IEAPM
Doutor em Ciências Biológicas
(Revisor)

Este trabalho é dedicado às criaturinhas que mais amo na vida:

meus pais Carmelito e Vanilda;

meu irmão Gustavo

minha cunhada (irmã) Edinéia;

meus sobrinhos Christian e Isabela

e ao amor da minha vida Leandro Calado.

*“Para alcançar conhecimento, adicione coisas todo dia.
Para alcançar sabedoria, elimine coisas todo dia.”*

Lao-Tsé

Agradecimentos:

À minha querida família que foi minha maior torcida, sempre com todo carinho e amor torcem para que eu cresça e alcance meus objetivos.

Ao amor da minha vida Leandro Calado por todo amor, carinho, paciência, companheirismo, cumplicidade, puxões de orelha, respeito, amizade, consolo, comemorações,..., enfim obrigada por tudo o que você é na minha vida.

Ao meu orientador Dr. Ricardo Coutinho, por todos os ensinamentos, pela atenção, paciência e acima de tudo pela amizade.

À FAPERJ pela concessão de bolsa no Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais na pessoa da Dr. Marina Satika Suzuki por todo empenho em tornar este curso cada vez melhor.

À Elisabete Costa, secretária do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, por sempre resolver as pendências dos alunos da melhor forma possível.

À Dr. Ilana Rosental Zalmon e ao Dr. Ronaldo Novelli que me acompanharam durante todo o curso integrando meu comintê de acompanhamento.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Verônica Gomes da Fonsêca-Genevois, Dr. Ilana Rosental Zalmon e Dr. Flavio da Costa Fernandes e ao revisor, Dr. Lohengrin Dias de Almeida Fernandes, pelas contribuições dadas para que este trabalho se tornasse ainda melhor.

Ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira nas pessoas do Ex.Sr. Contra-Almirante Marcos Nunes de Miranda, Diretor do IEAPM, e da Dr. Eliane Gonzalez Rodriguez, Chefe do Departamento de Oceanografia, por todo apoio oferecido durante o período do meu doutorado.

À toda equipe do IEAPM (civis e militares) pela amizade e companheirismo em todo o tempo em que estive nesta instituição (não vou citar nomes para não correr o risco de esquecer de alguém, mas obrigada a todos).

À Dr. Maria Helena Campos Baeta Neves por ter acreditado no meu potencial desde o início da faculdade, por todo o incentivo, carinho e respeito durante todos estes anos.

À Dr. Verônica Gomes da Fonseca-Genevois minha eterna orientadora, amiga e mãezona por todo carinho e incentivo, mesmo de longe.

À Maria Gabriella Jackson (Manoel) e Maurício Ballesté (Maria), eu, Joaquim, agradeço por toda amizade, carinho, incentivo e momentos lusitanamente inesquecíveis.

Aos meus colegas do Laboratório de Bioincrustação do IEAPM que de uma forma ou de outra me ajudaram a realizar este trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Meiofauna da UFPE por toda torcida e incentivo mesmo de longe.

Ao amigo Eduardo Barros Fagundes Netto, meu companheiro de aventuras rumo à Campos, por toda amizade, companheirismo e incentivo (e muitas “balinhas”) nesse longo caminho.

Ao amigo Bruno Mais, também companheiro neste caminho de doutorado, pela amizade e por sempre quebrar os galhos resolvendo coisas na UENF.

À todos os que torceram, incentivaram e contribuíram de alguma forma para o sucesso deste trabalho.

Sumário

Lista de tabelas	xi
Lista de figuras	xiv
Resumo	xix
Abstract	xxi

Introdução geral

I.1 Estrutura da tese	6
I.2 Objetivos	7
I.3 Hipóteses	7
I.4 Referências	8

Capítulo 1

Desenho amostral em meiofauna marinha	14
1.1 Considerações finais	31
1.2 Referências	32

Capítulo 2

Colonização e sucessão da meiofauna em diferentes substratos artificiais, com ênfase aos nemátodes marinhos	40
2.1 Introdução	41
2.2 Objetivo	43
2.3 Hipótese	43
2.4 Material e Métodos	44
2.4.1 Área de estudo	44
2.4.2 Caracterização dos substratos	45
2.4.3 Desenho experimental	45
2.4.4 Processamento e análise das amostras	47
2.4.5. Análise dos dados	48
2.5 Resultados	50

2.5.1 Meiofauna	50
2.5.1.1 Variação temporal da densidade da meiofauna em cada substrato testado	51
2.5.1.2 Variação temporal da comunidade em cada material	53
2.5.2 Nematofauna	56
2.5.2.1 Variação temporal da nematofauna	60
2.5.2.2 Diversidade da nematofauna	64
2.5.2.3 Variação temporal da riqueza da comunidade de nemátodes em cada material	65
2.5.2.4 Distribuição trófica	68
2.6 Discussão	70
2.7 Referências	76

Capítulo 3

Colonização e sucessão da meiofauna em substrato artificial consolidado, com especial ênfase aos nemátodes marinhos	83
3.1 Introdução	84
3.2 Objetivo	87
3.3 Hipóteses	87
3.4 Material e métodos	88
3.4.1 Área de estudo	88
3.4.2 Desenho experimental	89
3.4.3 Processamento e análise das amostras	90
3.4.4. Análise dos dados	91
3.5 Resultados	93
3.5.1 Meiofauna	93
3.5.1.1 Variação temporal da abundância da meiofauna	93
3.5.1.2 Variação temporal da riqueza da comunidade de meiofauna	94
3.5.2 Nematofauna	96
3.5.2.1 Variação temporal da abundância da nematofauna	98
3.5.2.2 Diversidade da nematofauna	103
3.5.2.3 Variação temporal da riqueza da comunidade de nemátodes	105
3.5.2.4 Distribuição trófica	112

3.6 Discussão	114
3.7 Referências	118

Capítulo 4

Variação da comunidade de nemátodes marinhos ao longo de um gradiente de influência da ressurgência costeira de Arrial do Cabo, RJ, Brasil	124
4.1 Introdução	125
4.2 Objetivo	129
4.3 Hipótese	129
4.4 Material de métodos	130
4.4.1 Área de estudo	130
4.4.2 Hidrologia	133
4.4.2.1 Análise e determinação dos parâmetros físico-químicos	133
4.4.2.2 Massas de água	133
4.4.2.3 Circulação de correntes	135
4.4.2 Desenho amostral	136
4.4.2.1 Sedimentos	136
4.4.2.2 Processamento das amostras de sedimento	136
4.4.3 Análise de dados	137
4.5 Resultados	139
4.5.1 Condições meteorológicas	139
4.5.2 Temperatura e salinidade da água do mar	140
4.5.3 Características e tipos dos sedimentos	143
4.5.4 Variáveis ambientais	145
4.5.5 Nematofauna	146
4.5.5.1 Variação espacial da abundância da nematofauna	150
4.5.5.2 Diversidade da nematofauna	151
4.5.5.3 Variação espacial da riqueza da comunidade	153
4.5.5.4 Correlação entre a comunidade de Nematoda e as variáveis ambientais	160
4.5.5.5 Distribuição trófica	161
4.6 Discussão	165

4.7 Referências	170
Discussão Geral	178
D.1 Referências	186

Lista de tabelas:

Capítulo 1:

Capítulo 2:

Tabela 2.1: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade média entre as abundâncias dos grupos da meiofauna para os quatro substratos testados. 54

Tabela 2.2: Comparativo da frequência de ocorrência dos gêneros de Nematoda encontrados no experimento de colonização em diferentes tipos de materiais (PVC, Granito, Acrílico e Vidro), segundo a classificação proposta por Bodin (1977). 58

Tabela 2.3: Dissimilaridade entre a abundância dos gêneros de Nematoda para os quatro substratos testados. 66

Tabela 2.4: Distribuição trófica dos gêneros de Nematoda de acordo com a classificação proposta por Wieser (1953) (1A - comedores de depósitos seletivos; 1B - comedores de depósitos não seletivos; 2A - comedores de epistrato e 2B - predadores e onívoros) por tipos de substratos. 69

Capítulo 3:

Tabela 3.1: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade entre a abundância dos grupos da meiofauna durante o experimento. 95

Tabela 3.2: Comparativo da frequência de ocorrência dos gêneros de Nematoda encontrados no experimento de colonização em placas de PVC, segundo a classificação proposta por Bodin (1977). 99

Tabela 3.3: Resultados de ANOSIM para a composição da nematofauna confrontando cada período de retirada de placas ao longo do tempo de 30 dias. Valores NÃO significativos de p estão destacados em negrito.	106
Tabela 3.4: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda durante o tempo do experimento.	107
Tabela 3.5: Distribuição trófica dos gêneros de Nematoda de acordo com a classificação proposta por Wieser (1953) (1A - comedores de depósitos seletivos; 1B - comedores de depósitos não seletivos; 2A - comedores de epistrato e 2B - predadores e onívoros).	113
Capítulo 4:	
Tabela 4.1 – Localização e nomenclatura das estações de coleta.	132
Tabela 4.2: Estações amostradas e suas características de sedimento.	144
Tabela 4.3: Coeficientes de cada variável ambiental nos eixos PC e variações cumulativas de PC1 – PC5.	145
Tabela 4.4: Abundância relativa dos gêneros de Nematoda identificados para as amostras de sedimento em todas as estações estudadas. Os gêneros com abundância relativa abaixo de 3% foram somados e representados com a denominação Outros.	151
Tabela 4.5: Resultado da análise de SIMPER realizada para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda entre as estações de coleta. A porcentagem acumulada de ocorrência de cada gênero foi descrita apenas até que se somasse 50%.	160

Tabela 4.6: Distribuição trófica dos gêneros de Nematoda de acordo com a classificação proposta por Wieser (1953) (1A - comedores de depósitos seletivos; 1B - comedores de depósitos não seletivos; 2A - comedores de epistrato e 2B – predadores/onívoros) para todas as estações amostradas. 162

Discussão Geral:

Tabela D.1: Presença e da ausência dos gêneros de Nematoda encontrados nos experimentos com diferentes materiais (PVC, Granito, Acrílico e Vidro) e PVC com os estudos realizados em ambientes próximos: A – Sedimentos (presente estudo); B – Sedimentos (Fonsêca-Genevois, et al., 2004); C – *Sargassum furcatum* (Da Rocha, 2003); D – Tufos de algas calcárias (Lage, 2005). 181

Lista de figuras:

Capítulo 1:

Figura 1.1 a - e: Avaliação da distribuição da meiofauna em uma área de cerca de 15 × 15 cm (0,2 m²) e sua dependência em relação ao desenho amostral. a Distribuição real da meiofauna no quadrado amostrado, avaliado por 81 amostras. b, c Diferentes estratégias de amostragem, resultando em padrões diferentes de distribuição(d, e) (Compilado de Findlay, 1982). 16

Figura 1.2: Tubo de amostragem do tipo Perspex (esquerda) e amostragem com tubo Perspex realizada no infralitoral por mergulhadores (direita). 19

Figura 1.3: Amostrador do tipo Kajak. 20

Figura 1.4: Amostragem realizada com amostrador múltiplo. 21

Figura 1.5: Pegador do tipo van Veen. 22

Figura 1.6: Amostradores do tipo caixa (Box-corer). 22

Figura 1.7: Amostradores do tipo deliberados. 24

Capítulo 2:

Figura 2.1: Mapa da área de estudo mostrando o local onde as estruturas experimentais foram instaladas. 46

Figura 2.2: Esquema do desenho experimental, consistindo de uma estrutura de metal com placas presas através de abraçadeiras de plástico. 47

Figura 2.3: Número de táxons meiofaunísticos encontrados em cada um dos materiais testados ao longo do tempo. 50

Figura 2.4: Densidade média dos táxons encontrados nos substratos testados ao longo do tempo. A –Granito; B – Acrílico; C – PVC e D – Vidro. A densidade foi expressa em indivíduos por 100cm ² .	52
Figura 2.5: Ordenações de MDS mostrando a composição da comunidade de meiofauna em cada material ao longo do tempo (3 Dias, 6 Dias, 9 Dias, 12 Dias e 15 Dias).	55
Figura 2.6: Distribuição dos gêneros de Nematoda ao longo do tempo nos diferentes materiais estudados (PVC, Granito, Acrílico e Vidro).	61
Figura 2.7: Porcentagem de participação média dos gêneros da família Oncholaimidae em cada período amostrado, para cada material (vidro - A, Acrílico - B, Granito - C e PVC - D).	62
Figura 2.8: Porcentagem de participação média dos gêneros da família Chromadoridae em cada período amostrado, para cada material (vidro - A, Acrílico - B, Granito - C e PVC - D).	63
Figura 2.9: Média do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para a nematofauna para cada material testado ao longo do tempo.	64
Figura 2.10: Curvas de K-Dominância (Lamshead <i>et al.</i> , 1983) para cada tempo de amostragem comparando os materiais testados.	65
Figura 2.11: Ordenações de MDS mostrando a composição da comunidade de Nematoda em cada material ao longo do tempo (3 Dias - A, 6 Dias - B, 9 Dias - C, 12 Dias - D e 15 Dias - E).	67
Figura 2.12: Composição da comunidade Nematoda independente do tempo.	68

Capítulo 3:

Figura 3.1: Área de estudo mostrando o local onde as estruturas experimentais foram instaladas.	89
Figura 3.2: Esquema do desenho experimental, consistindo de uma estrutura de metal com placas presas através de abraçadeiras de plástico.	90
Figura 3.3: Número total de indivíduos dos principais grupos da meiofauna em cada amostragem (os valores foram logaritmizados).	93
Figura 3.4: Número médio e desvio padrão dos principais grupos da meiofauna ao longo do período do experimento de campo. Os grupos menos representativos foram somados e representados como um grupo único chamado “outros” (os valores foram logaritmizados).	94
Figura 3.5: Ordenação de MDS para a composição da meiofauna comparando cada período de retirada de placas ao longo do tempo de 30 dias.	95
Figura 3.6: Número total de gêneros de Nematoda encontrado em cada retirada de placas (3 em 3 dias – total de 30 dias) de PVC durante o experimento de campo.	98
Figura 3.7: Porcentagem de participação média dos gêneros da família Oncholaimidae em cada período amostrado.	101
Figura 3.8: Porcentagem de participação média dos principais gêneros da família Chromadoridae em cada período amostrado. Os demais gêneros com baixa abundância relativa foram não foram representados neste gráfico.	102
Figura 3.9: Porcentagem de participação média dos gêneros da família Xyalidae em cada período amostrado.	102
Figura 3.10: Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para a nematofauna ao longo do tempo.	103

Figura 3.11: Curvas de K-Dominância (Lamshead <i>et al.</i> , 1983) para cada tempo de amostragem.	104
Figura 3.12: Ordenação de MDS para a composição da nematofauna comparando cada período de retirada de placas ao longo do tempo de 30 dias.	107
Capítulo 4:	
Figura 4.1: Área de estudo indicando os pontos de coleta de sedimentos e dados hidrológicos (1 a 6) em Arraial do Cabo, RJ.	132
Figura 4.2: Diagrama TS espalhado para o ponto de coleta. Os círculos pretos indicam pares TS para a superfície e os pontos em vermelho os de fundo.	135
Figura 4.3: Direção e intensidade do vento no período da coleta das amostras. (Sedido pelo Dr. Rogério Candela - Divisão de Física, Departamento de Oceanografia, IEAPM).	139
Figura 4.4: Variação da temperatura na superfície e fundo em todas as estações de coleta.	141
Figura 4.5: Variação da salinidade na superfície e fundo em todas as estações de coleta.	141
Figura 4.6: Diagrama TS (Temperatura x Salinidade) para todas as estações de coleta na superfície (a), fundo (b) e média das estações (c).	142
Figura 4.7: Gráfico de PCA baseado nas variáveis ambientais para as estações amostradas.	146
Figura 4.8: Número total de gêneros de Nematoda encontrados em cada	150

estação de coleta de sedimentos.

Figura 4.9: Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para todas as estações de coleta de acordo com a profundidade. 152

Figura 4.10: Curvas de K-Dominância (Lambshhead et al., 1983) para cada estação de coleta. 153

Figura 4.11: Ordenação de MDS para a composição da nematofauna comparando cada estação de amostragem. 155

Figura 4.12: Análise de CLUSTER para as comunidades de Nematoda comparando as estações amostradas. 159

Figura 4.13: Gráficos de MDS superpostos com a estrutura de comunidade de Nematoda, temperatura, % de matéria orgânica e % de silte/argila. 161

Resumo:

A cobertura de superfícies por substâncias e organismos vivos é chamada incrustação. Várias comunidades de organismos compõem o biofilme e a macroincrustação, entre elas a meiofauna. A comunidade meiofaunística foi definida por Mare (1942) em função do seu habitat e da sua dimensão (0,044 a 0,5mm). Esta comunidade pode colonizar todos os tipos de sedimentos, outros substratos naturais como macrófitas e até estruturas artificiais. A posição e o papel da meiofauna nos processos de incrustação têm, até agora, recebido pouca atenção. Os organismos da meiofauna têm capacidade de dispersão limitada e por não apresentarem estágios de vida larvais os processos de ressuspensão e transporte via coluna de água podem ter importante influência em seu recrutamento em substratos submersos. O presente estudo foi realizado em Arraial do Cabo, RJ, Brasil, que devido à morfologia da costa associada ao regime de ventos de nordeste e leste, que predominam principalmente entre os meses de setembro a março, é propícia a eventos de ressurgência que afeta toda a área exposta, fazendo com que o ambiente, nestes períodos, assuma características subtropicais. As áreas protegidas são caracterizadas como tropicais, onde a ressurgência atua esporadicamente. Os principais objetivos deste trabalho foram estudar os processos de colonização e sucessão da meiofauna em substratos artificiais e encontrar as origens dos Nematoda que colonizaram as placas experimentais compostas por substratos artificiais consolidados. Para isto, foram instaladas no campo de provas da Ilha de Cabo Frio estruturas circulares suspensas na coluna de água onde foram presas placas de substratos artificiais. Amostras de sedimentos foram feitas ao longo de um transecto indo desde a parte mais abrigada da Enseada dos Anjos até a área mais exposta da Ilha de Cabo Frio. Os resultados mostraram que os substratos artificiais foram fortemente colonizados por uma meiofauna rica e diversa. Os processos de colonização dos gêneros de Nematoda nos substratos artificiais mostraram uma sucessão de gêneros de forma que ao final do experimento, a maior parte dos Nematoda era do tipo predadores facultativos, que podem se alimentar de outros Nematoda e organismos da meiofauna, além de detritos e matéria orgânica dissolvida. Ao comparar a composição de gêneros de Nematoda que colonizaram as placas experimentais com os sedimentos coletados e os resultados de outros trabalhos realizados em ambientes próximos, foi possível observar que houve uma

maior semelhança entre a composição genérica das placas com a dos tufos de algas calcárias abundantes nos costões rochosos próximos. Desta forma, é possível supor que os padrões de colonização encontrados para os substratos artificiais testados estejam relacionados com os processos hidrodinâmicos da área que, a partir do impacto das ondas nos costões rochosos suspende e transporta os Nematoda até os substratos. Um outro fator que pode ter contribuído para o padrão encontrado está relacionado com os processos espécie-específicos dos Nematoda que em curtas distâncias podem escolher ativamente os substratos para o assentamento.

Abstract:

The colonization of surfaces by abiotic substances and living organisms is called fouling. Several communities of organisms compose the biofilm and macrofouling, including the meiofauna. The meiofauna community was defined by Mare (1942) in terms of its habitat and size (0.044 to 0.5 mm). This community may colonize all types of sediments, other natural substrates such as macrophytes and even artificial structures. The position and role of meiofauna in the fouling processes have so far received little attention. Meiofauna organisms have limited dispersal capability and for not having larval stages processes of resuspension and transport via the water column may have an important influence on their recruitment on substrates submerged. This study was done at Arraial do Cabo, RJ, Brazil. The Arraial do Cabo region that due to the morphology of the coast associated with the winds from northeast and east that predominate during the months September to March, is conducive to upwelling events that affects the entire exposed area, causing the environment, these times assume the subtropical characteristics. Protected areas are characterized as tropical, where upwelling works sporadically. The main objectives of this work were to study the processes of colonization and succession of meiofauna in artificial substrates and find the origins of Nematoda that have colonized the experimental plates of the artificial hard substrate. For this, were installed in a bay of the Island of Cabo Frio, circular structures suspended in the water column, where they were arrested plates of artificial substrates. Sediment samples were taken along a transect ranging from the most sheltered area of Anjos Bay to the more exposed area of Cabo Frio Island. The results showed that the artificial substrates were heavily colonized by an abundant and diverse meiofauna. The processes of colonization of the genera of Nematoda on artificial substrates showed a succession of genera so that at the end of the experiment, most Nematoda were also feed on predators that may prey on nematodes and other meiofaunal organisms, and debris and organic dissolved matter. By comparing the composition of genera of nematodes that colonized the experimental plates with sediment collected and the results of other studies carried out in environments close, it was observed that there was a greater similarity between the genera composition of the plates with the tufts of calcareous algae abundant on the rocky shores nearby. Thus, it is possible to assume that patterns of colonization found on artificial

substrates tested are related to the hydrodynamic processes of the area that, from the impact of waves on the rocky shores suspending and transporting the nematodes until the substrates and with the processes species –specific of nematodes that over short distances can actively choose the substrates for nesting. Another factor that may have contributed to the pattern found is related to the species-specific processes of nematodes that can actively select substrates for settlement for short distances.

Introdução Geral

A cobertura de superfícies por substâncias e organismos vivos é chamada incrustação. São conhecidos três tipos de organização (Rittschof, 1999) que são: 1 – incrustação molecular que é o crescimento de moléculas orgânicas e/ou inorgânicas dissolvidas sobre superfícies submersas; 2 – microincrustação ou biofilme que é a colonização de superfícies por micro-organismos e é seguida pela secreção de polímeros que ancoram os micro-organismos e outras partículas; 3 – macroincrustação, então, é a colonização de superfícies por fauna e flora macroscópica e é, usualmente, um resultado da colonização de superfícies por propágulos de tamanho médio ou microscópico.

Em uma visão clássica, na colonização e sucessão em superfícies em ambientes aquáticos, filmes moleculares atraem micróbios e, desta forma, facilitam a colonização por macroincrustantes (Wahl, 1989). No entanto, embora as larvas de alguns invertebrados, preferencialmente, colonizem em filmes microbianos (Schmid *et al.*, 2004; Khatoon *et al.*, 2007; Picioleanu *et al.*, 2009), vários estudos, tanto em campo quanto em laboratório, têm mostrado que o biofilme não é um pré-requisito para a macroincrustação (Roberts *et al.*, 1991; Maki *et al.*, 1992; Mary *et al.*, 1993; Gwyther and Fairweather, 2005).

Várias comunidades de organismos compõem o biofilme e a macroincrustação, entre elas a meiofauna. A comunidade meiofaunística foi definida por Mare (1942) em função do seu habitat e da sua dimensão (0,044 a 0,5mm). Trata-se de um conjunto de metazoários composto de aproximadamente 30 Filos zoológicos, que ocupam os interstícios dos sedimentos no meio aquático (Giere, 2009). Esta comunidade pode colonizar todos os tipos de sedimentos, outros substratos naturais como macrófitas (De Troch *et al.*, 2001; De Troch *et al.*, 2006; Urban-Malinga e Burska, 2009; Mirto *et al.*, 2010) e até estruturas artificiais (Atila *et al.* 2003; Nunes, 2003; De Troch *et al.*, 2004).

A meiofauna desempenha um papel importante no fluxo de energia dos sistemas bentônicos, servindo de alimento para a própria meiofauna, para macrobentos e peixes (Giere, 2009). Além disso, atua na remineralização de detritos orgânicos tornando-os disponíveis para o mesmo nível trófico e para níveis tróficos superiores (Tenore *et al.*, 1977).

O conhecimento da dinâmica da comunidade meiofaunística em ambientes de substrato consolidado é incipiente, se comparado com ambientes de praias arenosas

(Santos *et al.*, 2000; Ansari e Ingole, 2002; Rodríguez *et al.*, 2003; Gheskiere *et al.*, 2004; Gheskiere *et al.*, 2005a; Gheskiere *et al.*, 2005b; Moreno *et al.*, 2006).

A posição e o papel da meiofauna nos processos de incrustação têm, até agora, recebido pouca atenção. Comunidades meiofaunísticas em substratos consolidados tendem a ser radicalmente diferentes daquelas dos sedimentos vizinhos (Atilla e Fleeger, 2000; Danovaro e Fraschetti, 2002; Atilla *et al.*, 2003), mas a dinâmica da sucessão e da colonização destes organismos e seu papel nos processos de incrustações permanecem desconhecidos.

O estudo da meiofauna em substratos consolidados tem sido pouco explorado devido às dificuldades de amostragem. Muitos organismos da fauna associada a substratos consolidados são rápidos nadadores com fortes reações de fuga (por exemplo, os Copepoda) que reduzem a eficiência de amostragem (Atilla e Fleeger, 2000) embora este problema possa ser contornado utilizando técnicas de amostragem com equipamentos de sucção (Taylor *et al.*, 1995). Metazoários que são pobremente amostrados com tubos, redes e gaiolas (Wells, 1976) são, muitas vezes, denominados fauna críptica e substratos consolidados podem ser uma fonte para uma comunidade de meiofauna altamente transitória (Atilla e Fleeger, 2000).

A utilização de substratos artificiais para a avaliação dos processos de colonização e sucessão da meiofauna em substratos consolidados pode trazer uma facilidade em termos de amostragem, já que o substrato utilizado pode ser completamente removido da área de teste e levado ao laboratório para análise com toda a sua fauna associada intacta. Além disso, os substratos artificiais reduzem a dependência de áreas controle naturais, principalmente para os estudos de monitoramento das qualidades ambientais (Giere, 2009).

Alguns substratos artificiais já foram utilizados em estudos da meiofauna e com diferentes objetivos. Atilla e Fleeger (2000) compararam três tipos de substratos artificiais (escova de lavar garrafas, fitas de malha e coletores com placas do tipo Hester-Dendy) para estudo de colonização. Atilla *et al.* (2003) compararam a colonização da meiofauna em bases de piers de madeira com a meiofauna dos sedimentos vizinhos. De Troch *et al.* (2005) testaram a colonização da meiofauna em mímicas de algas de plástico em comparação com as algas naturais. Fonsêca-Genevois *et al.* (2006) pesquisaram a colonização em placas de alumínio suspensas na coluna de água com o objetivo de estudar o papel da meiofauna no processo de incrustação de superfícies no mar. Em todos estes estudos os principais grupos

colonizadores da meiofauna foram Nematoda e Copepoda. Para o presente estudo foi dada ênfase ao grupo Nematoda.

Dentre os grupos da meiofauna, os Nematoda destacam-se como os invertebrados de maior abundância e riqueza de espécies (Heip *et al.*, 1982). Os Nematoda livres apresentam ampla distribuição horizontal e vertical na escala global, distribuindo-se desde a região costeira até grandes profundidades oceânicas e em todas as latitudes. Além disso, sabe-se que ocorrem em uma grande variedade de habitats – algumas vezes extremos – incluindo o biofilme microbiano em substratos consolidados (Atilla *et al.*, 2003). O sucesso adaptativo recai, principalmente, sobre algumas características morfo-fisiológicas ligadas à alimentação, levando Platt e Warwick (1980) a afirmar que são particularmente adequados para estudar padrões de diversidade. Este grupo contém um número de espécies que é, em ordem de magnitude, maior do que qualquer outro táxon do bentos, com habilidades diferentes para repartir recursos. Neste sentido, Wieser (1953) dividiu os Nematoda em quatro grupos de acordo com a estrutura da cavidade bucal, cujas diferenças morfológicas estão ligadas aos diferentes mecanismos de alimentação: comedores seletivos de depósitos (Grupo 1A), comedores não seletivos de depósitos (Grupo 1B), comedores de epistrato (Grupo 2A) e predadores e onívoros (Grupo 2B). Na maioria das referências científicas a classificação de Wieser permanece sendo adotada.

Outras funções adaptativas corroboram para o sucesso ecológico do grupo, sendo uma delas apontada ainda por Bouwman (1983): a tolerância a vários tipos de estresses ambientais, situações adversas de temperatura (Renaud Debyser e Salvat, 1963; Bezerra, 2001) e derramamento de óleo (Boucher, 1981). Além disso, este grupo tem sido considerado de interesse potencial como indicador de distúrbios antropogênicos em ambientes marinhos (Moore e Bett, 1989; Coull e Chandler, 1992; Somerfield *et al.*, 1995), por apresentar estratégias biológicas mais eficazes do que as da macrofauna: ciclo de vida curto, desenvolvimento holobêntico, densidades altas e íntima relação com o substrato (Heip *et al.*, 1988; Warwick, 1993).

Como outros organismos da meiofauna, os nemátodes têm, no entanto, capacidade de dispersão muito limitada. Eles não apresentam estágios pelágicos, mas suspensos na água, podem sobreviver por períodos desconhecidos de tempo. Conseqüentemente, ressuspensão e transporte passivo pelas correntes de águas podem ter importante influência em seu recrutamento (permanente ou temporário) em substratos submersos (Palmer e Gust, 1985). Deste modo, ainda não está claro

o processo fisiológico pelo qual os Nematoda, sem qualquer tipo de estrutura preênsil, podem habitar outro substrato que não seja o meio intersticial. Uma hipótese recentemente sugerida por Fonsêca-Genevois *et al.* (2006) é a de que só os bons produtores de muco podem colonizar nichos especiais, tais como placas de metal suspensas na coluna de água.

O estudo de Fonseca-Genevois *et al.* (2006) realizado próximo a um banco de *Sargassum* na Praia do Farol da Ilha de Cabo Frio mostrou que placas de alumínio suspensas na coluna d'água podem ser colonizadas por uma grande variedade de organismos da meiofauna. Os resultados deste estudo mostraram que, no primeiro dia as placas foram cobertas por um biofilme microbiano, dominado por bactérias. Os primeiros organismos meiofaunísticos a colonizar as placas foram os Copepoda Harpacticoida, após um dia de experimento, que representaram 79% da meiofauna total. Os Nematoda começaram a colonização após o segundo dia de experimento, chegando a um máximo de 60% da meiofauna total nas placas e foram identificados 19 gêneros. Os gêneros de Nematoda se sucederam na colonização das placas com o passar do tempo e também de acordo com os eventos de ressurgência e períodos de subsidência, de forma que no final do experimento a maioria dos que foram encontrados no substrato era do tipo predador e os que apresentam outros hábitos alimentares desapareceram.

Embora a hipótese inicial apontada no trabalho de Fonsêca-Genevois *et al.* (2006) tenha sido de que a colonização das placas de alumínio por nemátodes seria por ressuspensão de sedimentos do fundo e envolvendo, assim, os gêneros que dominam o bentos naquela área, os resultados não confirmaram essa hipótese. Quando comparados os dados de Nematoda com ambientes próximos (sedimentos vizinhos, banco de *Sargassum furcatum*, algas epilíticas de um costão rochoso e amostras de água), percebeu-se que alguns dos gêneros encontrados nas placas não estavam presentes em nenhum dos ambientes citados.

A idéia da dispersão passiva parece possível, já que nemátodes não possuem estruturas morfológicas que lhes permitam nadar até as placas que ficavam suspensas a 3 metros do fundo. Contudo, a questão sobre a origem dos Nematoda que colonizaram as placas continua sem resposta. É possível que tenham sido trazidos pelas correntes de algum lugar distante do local onde foi realizado o experimento, já que a área de estudo sofre efeito da ressurgência de Cabo Frio e

pode sofrer variações na direção e velocidade das correntes de acordo com os ventos e as variações de maré.

I.1 Estrutura da tese

O presente trabalho é constituído por quatro capítulos. O primeiro capítulo compreende uma análise geral metodológica dos estudos da meiofauna. Uma aprofundada revisão bibliográfica foi realizada com intenção de descrever o estado da arte atual da metodologia empregada para o estudo da meiofauna. Neste capítulo foram descritos os mais tradicionais e amplamente utilizados equipamentos e métodos de amostragem de meiofauna, bem como algumas técnicas modernas.

O segundo capítulo trata de um estudo piloto onde foram testados diferentes substratos para a colonização da meiofauna. Este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de colonização da meiofauna em diferentes tipos de substrato suspensos na coluna de água.

No terceiro capítulo foi avaliado em um período de 30 dias o comportamento de colonização da comunidade de meiofauna em placas de PVC suspensas na coluna de água. O estudo teve como objetivo descrever o processo de sucessão inicial da meiofauna e da nematofauna em substrato artificial consolidado.

O quarto capítulo descreve a distribuição espacial da nematofauna associada aos sedimentos marinhos ao longo de um transecto que vai desde uma área mais abrigada até uma mais exposta e em diferentes profundidades na região de ressurgência de Arraial do Cabo. Este capítulo objetivou descrever a distribuição espacial da nematofauna em diferentes graus de exposição a fatores físicos, como a granulometria, a temperatura e a profundidade, além de relacionar a composição da nematofauna encontrada nos sedimentos com as observadas nas placas experimentais suspensas.

I.2 Objetivos

1 – Descrever os principais métodos de estudo atualmente utilizados para a avaliação da meiofauna.

2 – Avaliar o comportamento de colonização da meiofauna e da nematofauna em diferentes tipos de substratos artificiais.

3 – Analisar os processos de colonização da meiofauna e da nematofauna em placas de PVC suspensas na coluna de água.

4 – Descrever a distribuição espacial da nematofauna exposta a diferentes graus de exposição a fatores físicos.

I.3 Hipóteses

1 – Existe sucessão de grupos da meiofauna bem como dos gêneros da nematofauna ao longo do tempo em substratos artificiais.

2 – Existe variação espacial da nematofauna ao longo de um gradiente de temperatura, salinidade, profundidade e granulometria.

3 – Os gêneros de Nematoda que colonizaram as placas experimentais são oriundos dos sedimentos e são transportados via coluna de água por processos de ressuspensão de acordo com o hidrodinamismo local.

I.4 Referências

- Atilla, N., Fleeger, J.W. (2000). Meiofaunal colonization of artificial substrates in an estuarine embayment. *PSZN I Marine Ecology*, 21: 69-83.
- Atilla, N., Wetzel, M.A., Fleeger, J.W. (2003). Abundance and colonization potential of artificial hard substrate-associated meiofauna. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 287: 273–287.
- Bell, S.S., Sherman, K.M. (1980). A field investigation of meiofauna dispersal: tidal resuspension and implications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3: 245-249.
- Bezerra, T.N. (1994). *Distribuição espaço-temporal da meiofauna do ístimo de Olinda – PE, com especial referência aos Nematoda livres*. Dissertação de mestrado em Oceanografia Biológica, Departamento de Oceanografia. Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco. 106p.
- Bezerra, T.N. (2001). *Nematofauna de uma praia arenosa tropical (Ístimo de Olinda – Pernambuco – Brasil)*. Tese de doutorado em Oceanografia Biológica, Recife. PE, Centro de Tecnologia e Geociências – Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco. 114p.
- Bezerra, T.N., Genevois, B., Fonsêca-Genevois, V. (1997). Influência da granulometria na distribuição e adaptação da meiofauna na praia arenosa do ístimo de Olinda. PE. *Ecologia Brasiliensis*, 3: 107-116.
- Boucher, G. (1981). Effet à long term des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz sur la structure des communautés de nématodes libres de sables fins sublitoraux. *Actes du Colloque international Conséquences d'une pollution accidentelle par hydrocarbures*, 539-549.
- Bouwman, L.A. (1983). A survey of nematodes from the Ems estuary. Part II. Species assemblages and associations. *Zool. Jb. Syst.*, 110: 345-376.
- Chandler, G.T., Fleeger, J.W. (1983). Meiofaunal colonization of azoic estuarine sediment in Louisiana: mechanisms of dispersal. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 69: 175-188.
- Comito, J.A., Tita, G. (2002). Differential dispersal rates in an intertidal meiofauna assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 268: 237-256.
- Coull, B.C. (1988). Ecology of the marine meiofauna. In: Higgins, R.P., Thiel, H. (eds). *Introduction to the study of meiofauna*. Washington, D. C. Smithsonian Institution Press. 18-38.

- Coull, B.C., Chandler, G.T. (1992). Pollution and meiofauna field, laboratory and mesocosm studies. *Oceanogr. Mar. Biol. A. Ver.*, 30: 191-271.
- Da Rocha, C.M.C. (1991). *Meiofauna da margem sul da ilha de Itamaracá (Pe) com especial referência aos Tardígrada*. Dissertação em oceanografia biológica, Centro de Tecnologia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco. 260p.
- Danovaro, R., Fraschetti, S. (2002). Meiofaunal vertical zonation on hard-bottoms: comparison with soft-bottom meiofauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 230: 159-169.
- De Troch, M., Vandepitte, L., Fiers, F., Vincx, M. (2004). Effect of habitat fragmentation on meiofauna: colonization experiments in a mexican seagress bed. Resumo. *12th International Meiofauna Conference*, Ravenna, Itália, 88p.
- Esteves, A.M. (1995). *Microdistribuição espacial da meiofauna na coroa do avião, Pernambuco*. Dissertação de mestrado em biologia animal. Centro de Ciências Biológicas. Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco. 74p.
- Fleeger, J.W., Decho A.W. (1987). Spatial variability of intertidal meiofauna: a review. *Styg.*, 3: 45-54.
- Fonsêca-Genevois, V., Satos, G. A. P., Castro, F. J. V., Botelho, A. P., Almeida, T. C. M., Coutinho, R. (2004). Biodiversity of merine nematodes from an atypical tropical coast area affected by upwelling (Rio de Janeiro, Brazil). *Meiofauna Marina*, 13: 37-44.
- Fonsêca-Genevois, V., Somerfield, P.J., Neves, M.H.B., Coutinho, R., Moens, T. (2006). Colonization and early succession on artificial hard substrata by meiofauna. *Mar Biol.*, 148: 1039 –1050.
- Giere, O. (2009). *Meiobenthology: the Microscopic Fauna in Aquatic Sediments*. 2nd Ed. Springer-Verlag, Berlin. 527p.
- Gourbalt, N., Warwick, R.M., Helléouet, M.N. (1998). A survey of intertidal meiobenthos (especially Nematoda) in coral sandy beaches of Moorea (French Polynesia). *Bulletin of Marine Science*, 52(2): 476-488.
- Gwyther, J., Fairweather, P.G. (2005). Meiofaunal recruitment to mimic pneumatophores in a cool-temperate mangrove forest: spatial context and biofilm effects. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 317: 69– 85.
- Hagerman, G.M., Rieger, R.M. (1981). Dispersal of benthic meiofauna by wave and current action in Bogue Sound, North Caroline, USA. *Mar. Ecol. Publ. Staz. Napoli*, 2: 245-270.

- Heip, C., Vincx, M., Smoll, N., Vranken, G. (1982). The systematics and ecology of free-living marine nematodes. *Helminthological Abstracts, series B, Plant Nematology*, 51(1): 24p.
- Heip, C., Vincx, M., Vranken, G. (1985). The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 23: 399-489.
- Heip, C., Warwick, R.M., Carr, M.R., Hermen, P.M.J., Huys, R., Smol, N., Holsbeke, K.V. (1988). Analysis of community attributes of the benthic meiofauna of Frierfjord/Langesundfjord. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 46: 171-180.
- Höckelmann, C., Moens, T., Jüttner, F. (2004). Odor compounds from cyanobacterial biofilms acting as attractants and repellents for free-living nematodes. *Limnol. Oceanogr.*, 49: 1809-1819.
- Jensen, P. (1981). Phytochemical sensitivity and swimming behaviour of the free-living marine nematode *Chromadorita tenuis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 4: 203-206.
- Kirchman, D., Graham, S., Reish, D., Mitchell, R. (1982). Bacteria induce settlement and metamorphosis of *Janua* (*Dexiospira*) *brasiliensis* Grube (Polychaeta) : Spirorbidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 56: 153-163.
- Maki, J. S., Rittschof, D., Mitchell, R. (1992). Inhibition of larval barnacle attachment to bacterial films : investigation of physical properties. *Microb. Ecol.*, 23: 97-106.
- Mare, M. F. (1942). A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 25: 517-554.
- Mary, A., Mary, V., Rittschof, D., Nagabhushanan, R. (1993). Bacterial-barnacle interaction: potential of using juncellins and antibiotics to alter struture of bacterial communities. *Journal of Chemical Ecology*, 19: 2155-2167.
- Medeiros, L. R. A. (1989). *Meiofauna de praias arenosas da Ilha de Anchieta*. Dissertação de mestrado em Zoologia, Instituto de Biociências, São Paulo, SP, Universidade de São Paulo, 376p.
- Moens, T., Vincx, M. (1998). On the culttivation of free-living marine and estuarine nematodes. *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, 77: 211-227.
- Moens, T., Van Gansbeke, D., Vincx, M. (1999). Linking estuarine intertidal nematodes to their suspected food. A case study from the Westerschelde Estuary (south-west Netherlands). *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, 79: 1017-1027.

- Moore, C.G., Bett, B.J. (1989). The use of meiofauna in marine pollution impact assessment. *Zool. J. Linn. Soc.*, 96: 263-280.
- Nunes, J.L.S. (2003). *Colonização da meiofauna em ambientes algal e mimético do infralitoral da ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo – RJ, Brasil*. Dissertação de mestrado, Centro de Tecnologia e Geociência, Departamento de Oceanografia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 88pp.
- Palmer, M.A. (1984). Invertebrate drift: behavioral experiments with intertidal meiobenthos. *Mar. Beh. Physiol.*, 10: 235-253.
- Palmer, M.A. (1986). Hydrodynamics and structure: interactive effects on meiofauna dispersal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 104: 53-68.
- Palmer, M.A. (1988). Dispersal of marine meiofauna: a review and conceptual model explaining passive transport and active emergence with implications for recruitment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 48: 81-91.
- Palmer, M.A. (1990). Temporal and spatial dynamics of meiofauna within the hyporheic zone of Goose Creek, Virginia. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 9(1): 17-25.
- Palmer, M.A., Gust, G. (1985). Dispersal of meiofauna in turbulent tidal creek. *Journal of Marine Research*, 43: 179-210.
- Palmer, M.A., Molloy, R.M. (1986). Water flow and the vertical distribution of meiofauna: a flume experiment. *Estuaries*, 9: 225-228.
- Platt, H.M., Warwick, R.M. (1980). The significance of free-living Nematodes to the littoral ecosystem. In: Price, J.H., Irvine, D.E.G., Farnham, W.F. (Eds). *The shore environment. 2. Ecosystems*. London & New York: Academic Press. 729-759.
- Renau-Debyser, J., Salvat, B. (1963). Éléments de prospérité des biotopes des sédiments meubles intertidaux et écologie de leurs populations en microfaune et macrofaune. *Vie et Milieu*, 14: 463-550.
- Riemann, F., Schrage, M. (1988). Carbon dioxide as an attractant for the free-living marine nematode *Adoncholaimus thalassophygas*. *Mar. Biol.*, 98: 81-85.
- Rittschof, D. (1999). Fouling and natural products as antifoulants. In: Fingerman, M., Nagabhushanam, R., Thompson, M.F. (eds). *Recent advances in Marine Biotechnology. Vol. 3 – Biofilms, Biadhesion, Corrosion, and Biofouling*. Oxford & IBH Publishing. New Delhi. 245-257.

- Roberts, D., Rittschof, D., Holm, E., Schmidt, A.R. (1991). Factors influencing larval settlement : temporal, spatial and molecular components of initial colonization. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 150(2): 203-222.
- Santos, P.J.P., Silva, V.N.A.P. (1992). Macropolychaeta *Westheidei* N. sp.: First record of acrocirridae for the Brazilian coast (Annelida Polychaeta). *Nerítica*. 7: 7-12.
- Santos, P.J.P. (1999). O meiobentos da costa brasileira: padrões de diversidade e de dominância. *Anais do XII Encontro de Zoologia do Nordeste*. 91-100.
- Santos, P.J.P., Gomes, C.A.A., Almeida, Z.S., Fonsêca-Genevois, V., Souza-Santos, L.P. (2000). Diversidade de Copepoda harpacticoida em área de manguezal do canal de Santa Cruz, Pe, Brasil. *Anais do V simpósio e ecossistemas Brasileiros: conservação*. Resumo. Vitória, ES, 319-326.
- Scheltema, R.S. (1974). Biological interactions determining larval settlement of marine invertebrates. *Thal. Jugo.*, 10: 263-296.
- Sharma, J., Webster, J.M. (1983). The abundance and distribution of free-living nematodes from two Canadian Pacific beaches. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 16: 217-227.
- Silva, G.S. (1997). *Prospecção do meiobentos mediolitorâneo da baía de Tamandaré, litoral sul de Pernambuco com ênfase aos Acari*. Dissertação de mestrado em oceanografia biológica, Departamento de Oceanografia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 110p.
- Silva, V.M.A.P., Grohmann, P.A., Nogueira, C.R.S. (1991). Estudos of meiofauna at Rio de Janeiro Coast, Brasil. *VIIth Symposium on coastal Management (Coastal Zone'91)*, 3: 2011-2022.
- Somerfield, P.J., Ress, H.L., Warwick, R.M. (1995). Interrelationships in community structure between shallow-water marine meiofauna and macrofauna relation to dredgings disposal. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 127: 103-112.
- Taylor, R.B., Blackburn, R.I., Evans, J.H. (1995). A portable battery powered suction device for the quantitative sampling of small benthic invertebrates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 194: 1-7.
- Tenore, K.R., Tietjen, J.H., Lee, J.J. (1977). Effect of meiofauna in incorporation of aged eelgrass, *Zostera marina*, detritus by the polychaete *Nephtys incisa*. *J. Fish Res. Bd. Can.*, 34: 563-567.

- Ullberg, J., Olafsson, E. (2003). Free-living marine nematodes actively choose habitat when descending from the water column. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 260: 141-149.
- Wahl, M. (1989). Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling : some basic aspects. *Mar. Ecol. Prog.Ser.*, 58: 175-189.
- Warwick, R.M. (1993). Environmental impact studies on marine communitites: pragmatcal considerations. *Aust. J. Ecol.*, 18: 63-80.
- Warwick, R.M., Gee, J.M. (1984). Community structure of estuarine meiobenthos. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 18: 97-111.
- Wieser, W. (1953). Freelifving marine nematodes. I. Enoploidea. Reports of Lund University Chile Expedition, 1949-9. *Acta Univ. Lund., N. F. Avd. 2, Bd.*, 49: 1-155.

Capítulo 1

Desenho amostral em meiofauna marinha

As consequências das atividades humanas sobre a biodiversidade têm gerado interesse ecológico, levando a discussão sobre protocolos de amostragem e estimativas adequadas na catalogação e monitoramento dos diferentes grupos de organismos com métodos que possam ser comparados (Cagri *et al.*, 1992). Uma variedade de métodos tem sido utilizada para a coleta de sedimentos em ambientes de infralitoral raso, incluindo a coleta direta utilizando mergulho autônomo e amostragens remotas, utilizando uma gama de amostradores (Blomqvist, 1991; Kramer *et al.*, 1994). Vários estudos têm comparado amostras coletadas por alguns ou todos os métodos conhecidos. Muitos destes trabalhos, simplesmente contaram e identificaram os grandes grupos de animais, fornecendo dados com os quais se puderam comparar diferentes métodos (Jensen, 1983; Vidakovic, 1984; Bett *et al.*, 1994).

Os métodos de amostragem e estratégias de avaliação estatística e científica empregados para análise da meiofauna variam de acordo com o problema abordado (Giere, 2009), o que torna difícil descrever aqui métodos universalmente aplicáveis. Desta forma, serão descritos os métodos mais utilizados para análise da meiofauna.

Antes de cada investigação é importante considerar cuidadosamente tanto a área a ser amostrada quanto os equipamentos a serem utilizados. Entre outros fatores, esses aspectos logísticos dependem da estrutura do sedimento (granulometria, potencial redox, porosidade, concentração de matéria orgânica) e do grupo animal a ser estudado. A abundância de animais no sedimento determina o tamanho da amostra e a estratégia de amostragem adequada. Como regra geral, a variação entre réplicas deve ser menor do que entre as estações de amostragem (Underwood e Chapman, 2005).

O procedimento clássico utilizado para determinar o tamanho ideal da amostra consiste inicialmente em contar uma maior unidade amostral e, em seguida, compará-la com dados de subamostras de unidades menores. Os dados contabilizados não devem desviar-se mais do que 10% dos esperados (Gray e Elliot, 2009). No entanto, devido à extrema heterogeneidade da meiofauna nos padrões de distribuição, permanece questionável se este método é sempre aplicável. Existe uma regra em que a superfície da amostra deve exceder o tamanho da mancha de distribuição da meiofauna, mas para segui-la, esta deve ser conhecida (Gray e Elliot, 2009). A relevância dessa regra é ilustrada na figura 1.1. Um grande número de

pequenos amostradores (0.5 - 1.0 cm²) é necessário para avaliar o padrão da distribuição heterogênea da meiofauna em microescala (Findlay, 1982).

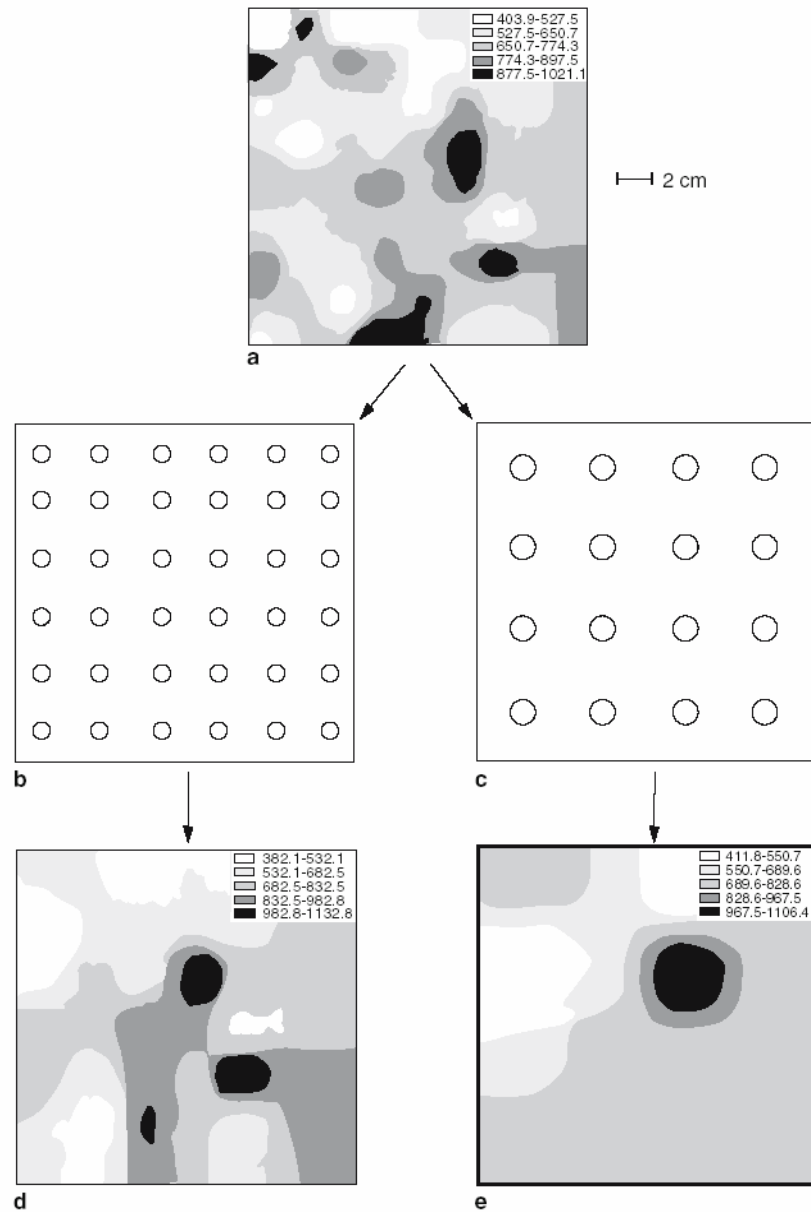


Figura 1.1 a - e: Avaliação da distribuição da meiofauna em uma área de cerca de 15 × 15 cm (0,02 m²) e sua dependência em relação ao desenho amostral. a Distribuição real da meiofauna no quadrado amostrado, avaliado por 81 amostras. b, c Diferentes estratégias de amostragem, resultando em padrões diferentes de distribuição(d, e) (Compilado de Findlay, 1982).

Para qualquer avaliação confiável de desenvolvimento da população, as fortes flutuações temporais em muitos grupos da meiofauna exigem a repetição da

amostragem dentro de intervalos estreitos de tempo, por exemplo, semanal (Armonies, 1990).

O tamanho da amostra e o método de amostragem têm de estar relacionados com a vasta gama de tamanho dos indivíduos que pertencem aos grupos da meiofauna e têm que considerar a sua abundância e distribuição. Se apenas uma classe é considerada (por exemplo, pequenos, mas numerosos ciliados ou os grandes, mas pouco frequentes oligoquetos), a amostragem pode ser otimizada utilizando amostradores especializados e avaliando diferentes volumes de amostra e diferentes métodos de extração (Giere, 2009).

A maior parte dos trabalhos a respeito da meiofauna foi conduzida sobre a meiofauna associada aos sedimentos, pois outras informações podem ser obtidas com os sedimentos marinhos além da fauna associada. Isto fez com que a maior parte dos equipamentos utilizados para a amostragem de meiofauna fosse desenvolvida para amostragem em sedimentos (Cosentino e Giacobbe, 2008; Rogers *et al.*, 2008; Veit-Köhler *et al.*, 2008; Pusceddu *et al.*, 2009; Veit-Köhler *et al.*, 2009; Gwyther *et al.*, 2009; Veiga *et al.*, 2009).

Uma variedade de equipamentos de amostragem foi desenhada para a coleta de vários grupos da meiofauna que diferem em mobilidade, tamanho e habitat. Com equipamentos oceanográficos cada vez mais avançados e precisos, tornou-se possível coletar amostras de sedimento até nas maiores profundidades dos oceanos.

Para a obtenção de amostragem qualitativa o método mais simples e mais amplamente utilizado desde os estudos de mesolitoral em costas arenosas realizados por Remane (1927), consiste em fazer uma escavação em forma de funil até alcançar as águas subterrâneas permitindo que as águas encham o fundo do poço, em seguida, extrair a água afluyente com uma pequena rede de mão (com abertura de malha de 45 μ m ou 63 μ m) com rapidez e movimentos circulares. A meiofauna das camadas de areia ao redor é carregada para o interior do poço e capturada pela rede. Repetindo este procedimento várias vezes, será possível obter uma amostra qualitativa. Uma modificação semiquantitativa deste método pode ser utilizada em meiobentologia de águas subterrâneas: um volume definido de água é coletado e depois passado por uma peneira de malha de 0,045mm. O conteúdo retido na peneira é fixado para posterior análise. Este método é apropriado para uma avaliação rápida da meiofauna quando as extrações exatas não são possíveis ou

necessárias. Quando a filtragem das águas subterrâneas afluentes foram comparadas as de tubos amostradores verticais, nenhuma diferença em diversidade de espécies de Nematoda foi encontrada, mas a composição de espécies pode diferir (Gourbault e Warwick, 1994).

O método de dragagem também pode ser utilizado para a amostragem qualitativa. Em fundos no infralitoral, uma draga com malha fina, por vezes combinada com uma chapa para empurrar o sedimento e otimizar a coleta (Muus, 1964) é usada para recolher os centímetros superiores do sedimento. O amostrador de Muus (1964), muitas vezes, é considerado semiquantitativo e pode capturar mesmo os organismos mais frágeis da meiofauna e pequenos organismos da macrofauna (por exemplo, isópodes).

Um outro método utilizado é a sucção. Somente pequenos coletores manuais tipo pistão são suficientemente suaves para coletar a meiofauna de substratos inconsolidados. Eles permitem a amostragem quantitativa e a perfilagem vertical da amostra (Tita *et al.*, 2000). Em contraste, a maioria dos aparatos de sucção que utilizam tanque de pressão acoplado, danifica a maior parte da meiofauna.

Para amostras quantitativas da meiofauna, amostradores tipo tubo são os mais versáteis instrumentos e são superiores aos amostradores tipo caixa e dragas. Os limites de precisão e as fontes de erro amostral foram bem investigados para o amostrador de meiofauna mais utilizado e comum, o tubo amostrador Perspex (Giere, 2009). O clássico tubo Perspex de meiofauna é um tubo com a borda inferior oblíqua e uma superfície interna entre 10 e 20 cm² (Fig. 1.2). Wells (1971) recomenda como área mínima amostral 10 cm² (= 3,6 cm de diâmetro). Este pequeno tubo é aplicável, sobretudo, para ciliados e outros organismos pequenos e abundantes da meiofauna. Muitas vezes, é construído a partir de grandes seringas médicas cuja extremidade inferior tenha sido cortada. Na parede do tubo podem ser feitos furos para a inserção de finos eletrodos para a medição de parâmetros abióticos em várias profundidades (Riedl e Ott, 1970).



Figura 1.2: Tubo de amostragem do tipo Perspex (esquerda) e amostragem com tubo Perspex realizada no infralitoral por mergulhadores (direita).

Em praias lamacentas diretamente acessíveis, o tubo de amostragem aberto pode ser empurrado para o fundo e, após o fechamento de sua extremidade superior, pode ser removido com facilidade. Nas áreas arenosas com um sedimento potencialmente mais compacto, a inserção do tubo é mais difícil (maior resistência), de modo que, muitas vezes, mais força deve ser aplicada. O comprimento do amostrador é determinado pela profundidade a que pode ser empurrado para o fundo sem grandes perturbações, compressão ou que altere a profundidade de distribuição da meiofauna (Giere, 2009). A amostragem por tubo em praias expostas onde táxons tais como nematóides e tardígrados ocorrem em profundidades maiores (até 180cm) (Kristensen e Higgins, 1984) deve ser gradual, por exemplo, com um tubo curto e devem ser coletadas amostras repetidamente, aumentando gradualmente a profundidade (McLachlan *et al.*, 1979).

Problemas de amostragem com todos os tubos de amostradores estão na redução do núcleo por compactação do sedimento e debaixo da água os efeitos da perturbação das ondas de choque que tendem a afastar os sedimentos superficiais (Jensen, 1983). Estas deficiências de amostragem são particularmente graves em fundos com sedimentos finos e floculados e só podem ser minimizadas utilizando-se tubos com um diâmetro de 8 centímetros ou mais (Sommerfield *et al.*, 2005). Estes, para a maioria dos fins, produzem amostras com uma grande quantidade de sedimento dificultando o trabalho e aumentando o gasto de tempo.

Para amostrar no sedimento mais profundo do infralitoral são necessários amostradores operados remotamente. Outra opção é o uso de equipamentos de amostragem por meio de dispositivos hidráulicos de investigadores submersíveis. Muitas vezes a camada superficial de fragmentação é particularmente rica em meiofauna, assim é indispensável que haja um rigoroso sistema de fecho que mantenha a fração floculada do sedimento. O tubo deve ser montado em um estande de apoio, que, após tocar no fundo, permita que o tubo deslize lentamente e penetre verticalmente no sedimento, a fim de alcançar uma amostra quantitativa confiável sem o efeito do arco de onda que tende a afastar a meiofauna superficial.

Os tubos de gravidade confiáveis para amostragem de infralitoral são os Kajak ou Hapscorer (Kannevorff e Nicolaisen, 1973, 1983), com suas várias modificações (Jensen, 1983; Blomqvist e Abrahamsson, 1985; Chandler *et al.*, 1988), algumas das quais permitem múltiplas amostragens com três ou quatro tubos paralelos (Fig. 1.3). Em todas as versões, o tubo é bem fechado por uma tampa superior liberada quando o amostrador entra em contato com o sedimento. Uma vez que no amostrador do tipo Kajak, uma válvula de fechamento abaixo é inexistente, sua função é melhor em sedimentos de granulometria fina ou lamosos. No amostrador Craib (Craib, 1965) uma válvula esférica funciona como um dispositivo de fechamento na parte inferior.

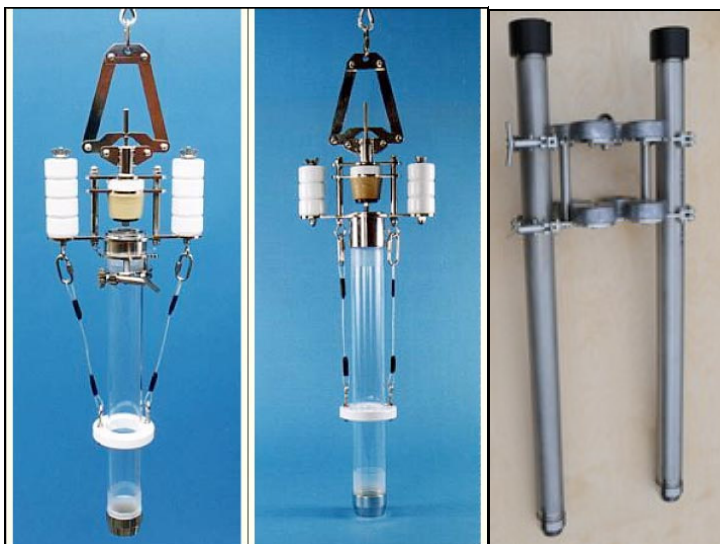


Figura 1.3: Amostrador do tipo Kajak.

Ao trabalhar em maiores profundidades a partir de um navio de pesquisa, o amostrador múltiplo SMBA inicialmente descrito por Barnett *et al.*, (1984) se tornou a

ferramenta padrão (Sommerfield *et al.*, 2005) (Fig. 1.4). Ele possui sólida armação de apoio, elaborada técnica de penetração dos tubos hidráulicamente amortecida, sistema de liberação eletrônico e inspeção visual opcional com câmera de vigilância por vídeo. Múltiplos amostradores podem fornecer amostras quantitativas confiáveis com tubos replicados mesmo a partir do mar profundo. A maioria dos amostradores para águas profundas está equipada com alguns pesos e asas para uma descida rápida, bem orientada e segura até o fundo.

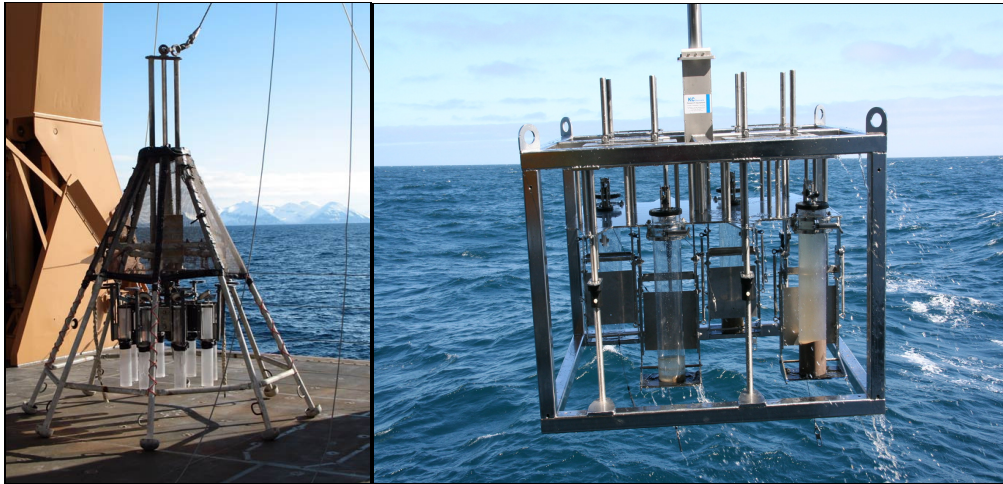


Figura 1.4: Amostragem realizada com amostrador múltiplo.

O popular pegador van Veen e o pegador de Ekman na sua concepção clássica são notoriamente amostradores não quantitativos (Blomqvist, 1985, 1990) e os seus resultados devem ser utilizados com cautela (Fig. 1.5). Embora a sua construção possa ser melhorada (Blomqvist, 1990), ainda assim o pegador não penetraria com mais de 5 cm de seus bordos nos sedimentos e os perfis de amostragem muitas vezes não são quantificáveis (Eleftheriou e Moore, 2005).



Figura 1.5: Pegador do tipo van Veen.

Quando tanto macro quanto meiofauna precisam ser estudados simultaneamente, a coleta da meiofauna é frequentemente realizada por subamostragem do sedimento coletado por um amostrador tipo caixa (Box-corer) (por exemplo, o amostrador USNEL), que é necessário para obter a macrofauna (Eleftheriou e Moore, 2005) (Fig. 1.6). Este tipo de amostrador permite livre fluxo de água durante a descida e em grande parte evita a oscilação se cuidadosamente lançado.



Figura 1.6: Amostradores do tipo caixa (Box-corer).

Através de cuidadosos experimentos de laboratório, Rutledge e Fleeger (1988) deram valiosas contribuições para o entendimento do processo de amostragem da meiofauna utilizando tubos de amostragem de três diferentes diâmetros. Os autores produziram um sistema artificial em laboratório que foi projetado para simular a porção floculada do sedimento e sua meiofauna associada. Os autores prepararam um sedimento artificial e adicionaram mímicas de meiofauna feitas de grânulos de gel Sephadex (esférico, 0,05 a 0,15mm de diâmetro) que simulam o comportamento da meiofauna no sedimento. Foi, então, adicionada ao sedimento uma densidade conhecida de grânulos de gel, que também serviu como parâmetro de controle do experimento. Eles estimaram que tubos de 10,5, 5,7 e 2,6 cm de diâmetro tiveram densidades médias de 456 (+/- 140,9), 519 (+/- 148,6) e 586 (+/- 62,4) ind/cm², respectivamente.

Rutledge e Fleeger (1988) concluíram que as maiores densidades médias no amostrador de diâmetro menor impedem a rejeição da hipótese nula unicaudal de igualdade de densidades, em favor da hipótese alternativa de densidades proporcionalmente mais elevadas no amostrador de diâmetro maior. Os resultados de testes não paramétricos Kruskal-Wallis entre as densidades encontradas nos três tamanhos de amostradores não revelaram diferenças significativas ($p > 0,05$), sugerindo que a densidade encontrada não está relacionada com o tamanho do amostrador. Os autores ressaltaram ainda que não foi clara para eles qualquer explicação física que justificasse os resultados encontrados, já que era esperada uma menor densidade no amostrador de diâmetro menor devido ao efeito de arco de onda que tende a afastar a porção superficial do sedimento rica em meiofauna.

Um estudo realizado por Somerfield e Clarke (1997) comparou a eficiência de amostragem de quatro tipos de amostradores de meiofauna comumente utilizados em vários outros estudos. O experimento foi desenhado para comparar as amostras coletadas utilizando os diferentes métodos em dois tipos de sedimentos contrastantes. Os amostradores comparados foram:

1 – Coleta manual por mergulho autônomo utilizando tubos de amostragem do tipo Perspex com tampa de borracha. Este é considerado o melhor método para coleta de sedimentos de sublitoral devido à diminuição da perturbação dos sedimentos superficiais (Fleeger *et al.*, 1988).

2 – Coleta com amostradores do tipo deliberados. Os amostradores deliberados são concebidos para serem baixados no fundo do mar, onde uma unidade móvel de

amostragem que é liberada lentamente empurra um ou mais tubos de coleta para o sedimento. Geralmente são recomendados para a amostragem onde mergulhadores não podem ser utilizados (McIntyre e Warwick, 1984) (Fig. 1.7).

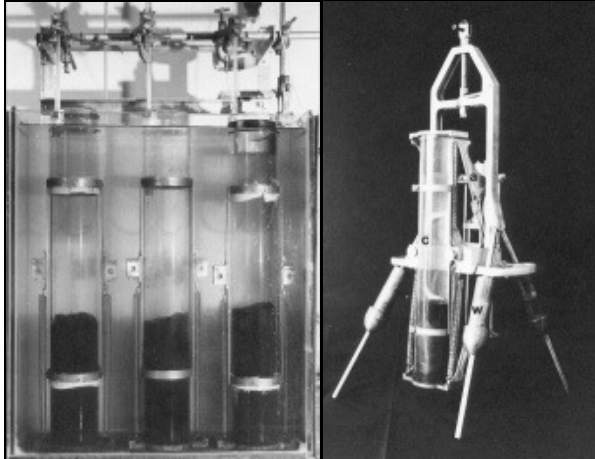


Figura 1.7: Amostradores do tipo deliberados.

3 – Coleta por amostrador tipo caixa, seguida por subamostragem, a bordo do navio, com um tubo. Na essência, os amostradores em forma de caixa do tipo Kastengrieff (Reineck, 1958) ou USNEL (Hessler e Jumars, 1974) são grandes amostradores deliberados com uma seção retangular. Apesar de amplamente utilizados para a coleta de amostras de sedimentos não perturbados, há indícios de formação de ondas induzidas na operação desses amostradores (Blomqvist, 1991; Bett *et al.*, 1994), e é provável que eles não tomem normalmente amostras com qualidade similar a dos amostradores deliberados menores, como o do tipo Craib (Fleeger *et al.*, 1988).

4 – Coleta com pegador do tipo van Veen, seguido por subamostragem a bordo do navio com um tubo. Embora as dragas sejam amplamente utilizadas para a amostragem quantitativa, alguns pesquisadores têm reservas sobre a qualidade dessas amostras, já que o sedimento coletado por elas sofre lavagem no momento da subida até a embarcação e tende a se misturar no momento da abertura do pegador. Além disso, o forte efeito de arco de onda produzido quando o pegador toca o fundo pode afastar a porção superficial do sedimento (Blomqvist, 1991). Alguns pesquisadores ressaltaram que as amostragens com pegadores devem ser evitadas, se possível, para amostragem quantitativa da meiofauna (Fleeger *et al.*, 1988).

Somerfield e Clark (1997) evidenciaram neste estudo que foram detectadas diferenças qualitativas entre as amostras coletadas com as diferentes técnicas de amostragem. As análises multivariadas revelaram diferenças significativas entre as estruturas das comunidades amostradas com os diferentes métodos de amostragem. Em geral, as amostras dos tubos deliberados foram mais similares àquelas obtidas por mergulho autônomo do que as das outras técnicas de amostragem. As amostras coletadas por pegadores foram diferentes das demais. As diferenças detectadas, embora significativas, foram pequenas. Somerfield e Clark (1997) enfatizaram, ainda, que o método de amostragem mais adequado para um determinado estudo depende de muitos fatores, podendo ser relevante ou não de acordo com os objetivos do mesmo.

O estudo da meiofauna marinha tem contemplado principalmente os ambientes sedimentares. Na literatura científica são encontradas poucas referências para trabalhos desenvolvidos com meiofauna associada às macroalgas (De Troch *et al.*, 2001; Franz e Friedman, 2002; da Rocha, 2003; Cristoni *et al.*, 2004; Arroyo *et al.*, 2007; Song *et al.*, 2010). Esta amostragem é diferente daquela executada para sedimentos arenosos devido às características próprias de cada substrato. Nenhum dos amostradores descritos anteriormente pode ser utilizado para a amostragem em substratos fitais.

Inicialmente, para a coleta da amostra, a macroalga a ser coletada tem que envolvida por um saco plástico ou uma rede de malha de 0,044mm até a base. Em seguida, corta-se a base da macroalga com auxílio de uma faca ou espátula e o saco pode, então, ser fechado e levado ao laboratório com todo o seu conteúdo. Este é depositado sobre um conjunto de peneiras geológicas de malhas de 0,5 e 0,044mm, onde a macroalga é lavada para a retirada total da meiofauna associada. O processo de leitura da amostra segue semelhante àquele utilizado para qualquer tipo de amostra de meiofauna (da Rocha, 2003).

Para uma avaliação quantitativa da amostragem é preciso saber o volume de cada alga coletada. Essa avaliação geralmente é feita pelo método de deslocamento de água na proveta (Montouchet, 1979). O método consiste em colocar um volume conhecido de água em uma proveta graduada e após a imersão da alga pode-se verificar o volume de água deslocado na proveta (biovolume). Além disso, são realizadas medidas de altura e largura máxima das macroalgas. Para isso, as algas são colocadas em um aquário de forma ereta com sua porção basal voltada para

baixo e presa a um peso. Desta forma podem ser obtidas medidas de altura e largura máximas (Da Rocha, 2003). Outros tipos de medida também podem ser utilizados, como o peso úmido, em que se pesa a alga fresca, e o peso seco, no qual se pesa a alga após a secagem em estufa para a retirada de toda a água.

A densidade da meiofauna em cada amostra pode ser uniformizada a valores relativos a uma medida padrão da alga, desta forma calcula-se a densidade média das réplicas através de média aritmética simples. Os valores médios de volume, altura e largura das réplicas (algas) também são calculados por média aritmética simples. A densidade por alga pode ser calculada através da multiplicação do volume médio pela densidade média. Segundo Muñoz (1993), este cálculo pode ser multiplicado pela densidade de algas em cada praia para obtenção dos valores de densidade de meiofauna/m², também sugerido por Curvêlo (1998).

Algumas macroalgas que crescem sobre rochas e que formam densos tapetes, como por exemplo, as dos gêneros *Janya* e *Amphiroa*, não podem ser coletadas da mesma forma. Elas precisam ser raspadas do substrato rochoso de forma que tanto a fauna associada quanto o sedimento por elas trapeado possam ser coletados (Lage, 2005). Em lugares onde as algas ficam expostas durante os períodos de baixa-mar esse processo de raspagem e coleta das amostras é relativamente fácil, com pouca ou nenhuma perda de material. Já em ambientes de infralitoral onde as algas permanecem submersas o tempo todo, o processo de coleta fica prejudicado, já que o material raspado pode se espalhar na água, ocasionando uma perda que pode comprometer a análise quantitativa. Neste caso, é preciso decidir se a amostragem pode ou não ser utilizada para fins quantitativos; o que não impede uma avaliação qualitativa da meiofauna.

Um estudo realizado por Nunes (2003) avaliou a meiofauna associada a mímicas de *Sargassum*, no qual foram utilizadas algas de plástico como aquelas feitas para ornamentação de aquários. As mímicas foram presas a um peso no fundo e com uma bóia amarrada na parte superior para que ficassem eretas. Os efeitos da densidade e da cor das mímicas foram testados para a meiofauna associada. O autor verificou que a composição e a densidade da comunidade meiofaunística variaram com a densidade e a cor das mímicas de alga.

Outros tipos de substratos artificiais também podem ser utilizados para o estudo da meiofauna marinha. Estudos recentes têm investigado a utilidade de substratos artificiais aplicados no monitoramento da meiofauna, e têm revelado a

importância da arquitetura e da composição dos substratos (Atilla e Fleeger, 2000; Atilla *et al.*, 2003). Entre os substratos já utilizados podemos citar fitas de malha de plástico suspensas (Atilla e Fleeger, 2000), piers de madeira (Atilla *et al.*, 2003), escovas de lavar garrafas (Mirto e Danovaro, 2004), varetas de madeira para mimetizar pneumatóforos (Gwyther e Fairweather, 2005) e placas de alumínio (Fonsêca-Genevois *et al.*, 2006).

Devido ao seu pequeno tamanho, alta taxa de renovação, ausência de fase de dispersão larval e sensibilidade às mudanças de condições ambientais, o estudo da meiofauna está atraindo um crescente interesse por seu potencial uso como um importante instrumento para o monitoramento ambiental (Kennedy e Jacoby, 1999). Além disso, a comunidade meiofaunal é indicadora coletiva de qualidade ambiental, capaz de exibir diferentes respostas a diferentes tipos de perturbações (Albertelli *et al.*, 1999; Danovaro *et al.*, 1999). Isso torna o uso da meiofauna preferido a outros componentes bentônicos, especialmente quando a fonte de poluição não foi identificada (Kennedy e Jacoby, 1999). No entanto, devido à sua íntima associação e dependência das propriedades sedimentares (ou seja, granulometria, porosidade, teor de matéria orgânica, potencial redox), a utilização do meiobentos para avaliar os efeitos da poluição não é desprovida de problemas (Kingston e Riddle, 1989), especialmente quando áreas de controle têm de ser identificadas.

O uso de substratos artificiais poderia superar problemas relacionados à dependência da meiofauna a substratos naturais inconsolidados, desde que possam ser colonizados de forma similar aos substratos naturais. Em função dos conhecimentos atuais sobre a resposta meiofaunal à poluição (Kennedy e Jacoby, 1999; Schratzberger *et al.*, 2000), o uso de substratos artificiais poderia ter as seguintes vantagens: (i) diminuição dos custos relacionados com a área de amostragem, (ii) menor tempo para o processamento da amostra e (iii) independência das propriedades do substrato natural.

Átilla e Fleeger (2000) e Atilla *et al.* (2003) investigaram a capacidade meiofaunal de colonizar substratos artificiais e identificaram três pontos-chave a serem observados antes desta abordagem ser amplamente aplicada para estudos de biomonitoramento: (i) estrutura arquitetônica, (ii) composição dos substratos artificiais e (iii) tempo de colonização da meiofauna. Além disso, substratos artificiais podem representar uma ferramenta para monitoramento apenas se as propriedades

da meiofauna em substratos artificiais refletirem as das assembléias naturais (Mirto e Danovaro, 2004).

Um estudo realizado por Gwyther e Fairweather (2002) testou o comportamento da comunidade meiofaunística em pneumatóforos e mímicas dos mesmos em uma região de estuário da Austrália. Existe hoje um crescente reconhecimento da meiofauna como uma boa ferramenta para o estudo de dinâmica de comunidade. Os ciclos de vida e ecologia de táxons da meiofauna fazem com que muitos destes animais sejam adequados para estudar os efeitos da poluição e outros distúrbios (Schratzberger *et al.* 2000). Por razões semelhantes, a meiofauna é tema ideal para a investigação da dinâmica da colonização e da dispersão em sedimentos (Atilla e Fleeger, 2000; Zhou, 2001).

O estudo de Gwyther e Fairweather (2002) teve como objetivo acompanhar a colonização da meiofauna em raízes emergentes de mangue para avaliar a utilização de um substrato similar para experimentos de campo da dinâmica da comunidade de meiofauna. Pneumatóforos em estuários são conhecidos como ilhas de substrato duro e suportam distintas comunidades de macro-epibiontes e meiofauna (Gwyther, 2000).

Os substratos adequados para este propósito foram avaliados, comparando taxas de colonização e composição da assembléia da meiofauna em pneumatóforos naturais, mas transplantados com os padrões das mímicas artificiais. A primeira hipótese testada foi de que nenhuma diferença seria encontrada entre as taxas de colonização de algas, cracas e meiofauna para pneumatóforos transplantados e mímicas que estavam nuas no início do experimento. A segunda hipótese nula foi que a composição das assembléias de pneumatóforos transplantados e mímicas seriam semelhantes àquelas dos pneumatóforos naturais *in situ* durante o experimento. O objetivo de comparar mímicas de pneumatóforos com os pneumatóforos reais nus, porém mortos, foi avaliar a adequação deste conveniente substrato artificial para outras experiências de manipulação em manguezais.

A densidade máxima de colonização para os tratamentos experimentais em relação ao controle (pneumatóforo vivo) foi menor, refletindo o que também foi reportado para experimentos de recolonização de sedimentos (Zhou, 2001). Entre os tratamentos, a maior densidade final de meiofauna foi registrada para as mímicas de pneumatóforos. Este resultado pode estar ligado à secreção de metabólitos secundários pelo pneumatóforo transplantado podendo reduzir a colonização. Ao

final do experimento as comunidades de meiofauna eram mais similares entre as mímicas e os pneumatóforos naturais (controle) do que entre os transplantados e os naturais, possivelmente devido à degradação dos transplantados.

Gwyther e Fairweather (2002) concluíram a partir destes resultados que as mímicas foram substitutos satisfatórios para o habitat de pneumatóforos porque foram colonizados por algas e cracas epibiontes e, além disso, eles suportaram de forma similar as comunidades de meiofauna durante o tempo de pico de abundância de algas. As vantagens na utilização experimental de mímicas incluem a facilidade de normalizar as áreas de superfície, bem como uma maior persistência no ambiente intertidal do que a encontrada para os pneumatóforos transplantados.

Organismos bentônicos têm sido classificados com bioengenheiros cujas atividades têm um efeito profundo em seus ambientes (Mazik e Elliott, 2000), que resulta em uma alteração significativa das propriedades do sedimento (de Brouwer *et al.*, 2000). Invertebrados bentônicos desempenham um papel chave na ciclagem de nutrientes e na distribuição e decomposição de matéria orgânica (Mortimer *et al.*, 1999). Além disso, suas atividades de escavação modificam as propriedades físicas dos sedimentos em termos da distribuição de tamanho das partículas (Meadows e Hariri, 1991; Meadows e Meadows, 1991; Hall, 1994), compactação, rugosidade da superfície e coesão e adesão entre as partículas (Rhoads e Boyer, 1982; Jumars e Nowell, 1984).

A irrigação das tocas introduz água rica em oxigênio para o sedimento (Mortimer *et al.*, 1999) que leva ao desenvolvimento dos gradientes horizontal e vertical do potencial redox (Aller, 1982) e, por sua vez, gradientes de especiação química e microbiana (Mermillod-Blodin *et al.*, 2004). Tais processos têm uma forte influência sobre os fluxos químicos (poluentes, nutrientes) na interface sedimento-água (Petersen *et al.*, 1996; Wheatcroft e Martin, 1996; Schaffner *et al.*, 1997; Rasmussen *et al.*, 1998).

A produção de imagens bidimensionais (2D) utilizando imagens de perfis de sedimentos (Solan e Kennedy, 2002) tem se revelado útil na identificação e contagem de estruturas biogênicas e também fornece informações sobre as condições redox no sedimento. No entanto, esta técnica só fornece informações em duas dimensões. Solan *et al.* (2003) revisaram as técnicas disponíveis para imagens de ambientes bentônicos, mas assinalaram que, enquanto tocas, tubos vazios e outros recursos de bioturbação podem ser enumerados, a quantificação (quando

possível) das propriedades (como o volume de escavação) das estruturas sedimentares e biogênicas com estes métodos é largamente baseada em estimativas (Rosenberg e Ringdahl, 2005).

Mais recentemente, as técnicas de tomografia computadorizada têm sido utilizadas para determinar a quantidade de espaços ocupados por estruturas biogênicas nos sedimentos (de Montety *et al.*, 2003; Mermillod-Blondin *et al.*, 2003; Michaud *et al.*, 2003; Dufour *et al.*, 2005). Rosenberg *et al.* (2007) quantificaram os volumes de escavação, que são de importância para o fluxo de solutos e propriedades dos sedimentos.

O estudo realizado por Mazik *et al.* (2008) descreveu a nova técnica de tomografia computadorizada de alta resolução para a quantificação das propriedades das estruturas biogênicas marinhas. A novidade desta pesquisa está na resolução melhorada da técnica de varredura em conjunto com o desenvolvimento de software para quantificar a bioturbação e, finalmente, fornecer rapidamente informações quantitativas sobre as ligações entre os diferentes processos de destaque nos modelos conceituais disponíveis.

O uso da digitalização de micro-tomografia teve êxito em revelar algumas das maiores e mais permanentes estruturas de toca e o *software* utilizado permitiu o cálculo de uma série de parâmetros, alguns dos quais ainda não tinham sido quantificados (Mazik *et al.*, 2008). A alta resolução desta técnica permitiu a digitalização em 3-D de imagem e quantificação das propriedades das tocas da meiofauna nos 6mm superiores do sedimento. Esta técnica pode ser levada adiante de forma rápida e precisa para quantificar estruturas biogênicas e obter informações muito mais precisas a partir de amostras de sedimentos do que tem sido possível até agora (Mazik *et al.*, 2008).

1.1 Considerações finais

As inúmeras técnicas de amostragem existentes para a meiofauna refletem a variedade de ambientes e substratos em que estes organismos podem habitar. A escolha do tipo de amostragem a ser realizado depende dos objetivos do estudo, condições do ambiente, bem como do grupo animal abordado.

A meiofauna é conhecida como ferramenta útil para a avaliação das qualidades do ambiente, por isso tem sido alvo de estudos ecológicos cada vez mais complexos. Apesar de recentes e ainda escassos, estudos experimentais têm sido utilizados com sucesso para uma melhor compreensão dos mecanismos de dispersão e colonização da meiofauna em ambientes marinhos, bem como sua ecologia.

* Referência do trabalho publicado:

Lage, L.M.; Coutinho, R. (2005) Desenho amostral em meiofauna marinha. *Vértices*, 12(2): 73 – 91.

1.2 Referências

- Albertelli, G., Covazzi, A., Danovaro, R., Fabiano, M., Frascchetti, S., Pusceddu, A. (1999). Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): role of food availability. *Journal of Sea Research*, 42: 11–26.
- Aller, R.C. (1982). The effects of macrobenthos on chemical properties of marine sediments and overlying water. In: McCall, D.L., Tevesz, M.J.S. (Eds). *Animal-Sediment Relations*, Plenum, New York, NY, 53–102.
- Armonies, W. (1990). Short-term changes of meiofaunal abundance in intertidal sediments. *Helgol Meeresunters*, 44: 375-386.
- Arroyo, N.L., Aarnio, K., Ólafsson, E. (2007). Interactions between two closely related phytal harpacticoid copepods, asymmetric positive and negative effects. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 342(2): 219–227.
- Atilla, N.; Fleeger, J.W. (2000). Meiofaunal colonization of artificial substrates in an estuarine embayment. *PSZN I Mar. Ecol.*, 21: 69–83.
- Atilla, N., Wetzel, M.A., Fleeger, J.W. (2003). Abundance and colonization potential of artificial hard substrate-associated meiofauna. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 287: 273–287.
- Barnett, P.R.O., Watson, J., Connelly, D. (1984). A multiple corer for taking virtually undisturbed samples from shelf, bathyal and abyssal sediments. *Oceanol. Acta*. 7:399-408.
- Bett, B.J., Vanreusel, A., Vincx, M., Soltwedel, T., Pfannkuche, O., Lamshead, P.J.D., Gooday, A.J., Ferrero, T., Dinert, A. (1994). Sampler bias in the quantitative study of deep-sea meiobenthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 104: 197-203.
- Blomqvist, S., Abrahamsson, B. (1985). An Improved Kajak-type gravity core sampler for soft bottom sediments. *Schweiz Z. Hydrol.*, 47: 81-84.
- Blomqvist, S. (1985). Reliability of core sampling of soft bottom sediment - an in situ study. *Sedimentology*, 32: 605-612.
- Blomqvist, S. (1990). Sampling performance of Ekman grabs - in situ observations and design improvements. *Hydrobiologia*, 206: 245-254.
- Blomqvist, S. (1991). Quantitative sampling of soft-bottom sediments: problems and solutions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 12: 295-304.

- Castri, F. di, Robertson Verhanes, J., Younes, T. (1992). Inventorying and monitoring biodiversity: a proposal for an international network. *Biol. Znt.*, 27: 1-28.
- Chandler, G.T., Shirley, T.C., Fleeger, J.W. (1988). The tom-tom corer: a new design of the Kajak corer for use in meiofauna sampling. *Hydrobiologia*, 169: 129-134.
- Cosentino, A., Giacobbe, S. (2008). Distribution and functional response of sublittoral soft bottom assemblages to sedimentary constraints. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 79(2): 263–276.
- Craib, J.S. (1965). A sampler for taking short undisturbed marine cores. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 30: 34–39.
- Cristoni, C., Colangelo, M.A., Ceccherelli, V.U. (2004). Spatial scale and meiobenthic copepods recolonization: testing the effect of disturbance size in a seagrass habitat. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 298: 49–70.
- Curvêlo, R.R. (1998). *A meiofauna vágil associada a Sargassum cymosum C. Agardh, na praia do Lázaro, Ubatuba, SP*. Dissertação de mestrado. São Paulo, SP, Universidade de São Paulo, 50p.
- Da Rocha, C.M. (2003). *Efeito do substrato fital na comunidade meiofaunística associada, com ênfase aos Nematoda livres*. Tese Doutorado em Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 117 p.
- Danovaro, R., Dinet, A., Duineveld, G., Tselepides, A. (1999). Benthic response to particulate fluxes in different trophic environments: a comparison between the Gulf of Lions-Catalan Sea (western Mediterranean) and the Cretan sea (eastern Mediterranean). *Progress in Oceanography*, 44: 287–312.
- De Brouwer, J.F.C., Bjelic, S., de Dekere, E.M.G.T., Stal, L.J. (2000). Interplay between biology and sedimentology in a mudflat (Biezlingse-Ham, Westerscheldt, the Netherlands). *Cont. Shelf Res.*, 20(10/11): 1159–1177.
- De Montety, L., Long, B., Desrosiers, G. J., Crémer, F., Locat, J., Stora, G. (2003). Utilisation de la scanographie pour l'étude des sédiments: influence des paramètres physiques, chimiques et biologiques sur la mesure des intensités tomographiques. *Can. J. Earth Sci.*, 40: 937-948.
- De Troch, M., Gurdebeke, S., Fiers, F., Vincx, M. (2001). Zonation and structuring factors of meiofauna communities in a tropical seagrass bed (Gezi Bay, Kenya). *J. Sea. Res.*, 45: 45–61.

- Dufour, S.C., Desrosiers, G., Long, B., Lajeunesse, P., Gagnoud, M., Labrie, J., Archambault, P., Stora, G. (2005). A new method for three dimensional visualization and quantification of biogenic structures in aquatic sediments using axial tomodensitometry. *Limnol. Oceanogr. Methods.*, 3: 372–380.
- Eleftheriou, A., Moore, C.G. (2005). Macrofauna techniques. In: Eleftheriou, A., McIntyre, A. (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell, Oxford, 160–228.
- Findlay, S.E.G. (1982). Influence of sampling scale on apparent distribution of meiofauna on a sandflat. *Estuaries*, 5: 322–324.
- Fleeger, J. W.; Thistle, D.; Thiel, H. (1988). Sampling equipment. In: Higgins, R. P., Thiel, H. (eds). *Introduction to the Study of Meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. USA, 115-125.
- Fonsêca-Genevois, V.; Somerfield, P.J.; Baeta Neves, M.H.; Coutinho, R.; Moens, T. (2006). Colonization and early succession on artificial hard substrata by meiofauna. *Marine Biology*, 148: 1039–1050.
- Franz, D.R., Friedman, I. (2002). Effects of a macroalgal mat (*Ulva lactuca*) on estuarine sand flat copepods: an experimental study. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 271: 209–226.
- Giere, O. (2009). *Meiobenthology – The microscopic fauna in aquatic sediments*. 2nd Ed. Springer-Verlag, Berlin, 527p.
- Gourbault, N., Warwick, R.M. (1994). Is the determination of meiobenthic diversity affected by the sampling method in sandy beaches? *PSZN Mar. Ecol.*, 15: 267–279.
- Gray, J.S., Elliot, M. (2009). *Ecology of marine sediments: from science to management*. 2nd Ed. Oxford Univ. Press, New York, 256p.
- Gwyther, D., Batterham, G.J., Waworuntu, J., Gultom, T.H., Prayogo, W., Karnan, K. (2009). Recolonisation of mine tailing by meiofauna in mesocosm and microcosm experiments. *Mar. Poll. Bull.*, 58(6): 841–850.
- Gwyther, J. (2000). Meiofauna in phytal-based and sedimentary habitats of a temperate mangrove ecosystem – a preliminary survey. *Proc. R. Soc. Vict.*, 112: 137–151.
- Gwyther, J., Fairweather, P.G. (2002). Colonisation by epibionts and meiofauna of real and mimic pneumatophores in a cool temperate mangrove habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 229: 137–149.

- Gwyther, J.; Fairweather, P.G. (2005). Meiofaunal recruitment to mimic pneumatophores in a cool-temperate mangrove forest: spatial context and biofilm effects. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 317: 69–85.
- Hall, S.J. (1994). Physical disturbance and marine benthic communities: life in unconsolidated sediments. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 32: 179–239.
- Hessler, R. R., Jumars, P. A. (1974). Abyssal community analysis from replicate box cores in the central North Pacific. *Deep-Sea Res.*, 21: 185-209.
- Jensen, P. (1983). Meiofauna abundance and vertical zonation in a sublittoral soft bottom, with a test of the Haps corer. *Mar. Biol.*, 74: 319-326.
- Kanneworff, E., Nicolaisen, W. (1973). The "Haps": a frame-supported bottom corer. *Ophelia*, 10: 119-129.
- Kanneworff, E., Nicolaisen, W. (1983). A simple, hand-operated quantitative bottom sampler. *Ophelia*, 22: 253–255.
- Kennedy, A.D., Jacoby, C.A. (1999). Biological indicators of marine environmental health: meiofauna — a neglected benthic component? *Environ. Monitor. Assess.*, 54: 47–68.
- Kingston, P.F., Riddle, M.J. (1989). Cost effectiveness of benthic faunal monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 20: 490–496.
- Kramer, K. J. M., Brockmann, U. H., Warwick, R. M. (1994). *Tidal Estuaries: Manual of Sampling and Analytical Procedures*. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 304p.
- Kristensen, R.M., Higgins, R.P. (1984). A new family of Arthrotardigrada (Tardigrada: Heterotardigrada) from the Atlantic coast of Florida, U.S.A. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 103: 295-311.
- Lage, L.M. 2005. *Distribuição espaço-temporal da meiofauna associada a algas epilíticas em costão rochoso, com ênfase aos Nematoda livres (Arraial do Cabo – Rio de Janeiro, Brasil)*. Dissertação de mestrado, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Zoologia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 122p.
- Mazik, K., Elliot, M. (2000). The effects of chemical pollution on the bioturbation potential of estuarine intertidal mudflats. *Helgol. Mar. Res.*, 54: 99–109.
- Mazik, K., Curtis, N., Fagan, M.J., Taft, S., Elliot, M. (2008). Accurate quantification of the influence of benthic macro- and meio-fauna on the geometric properties of

- estuarine muds by micro computer tomography. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 354: 192–201.
- McIntyre, A.D., Warwick, R.M. (1984). Meiofauna techniques. In: Holme, N.A., McIntyre, A.D. (eds) *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific, Oxford, 217–244
- McLachlan, A., Dye, A.H., van der Ryst, P. (1979). Vertical gradients in the fauna and oxidation of two exposed sandy beaches. *S. Afr. J. Zool.*, 14: 43–49.
- Meadows, P.S., Hariri, M.S.B. (1991). Effects of two infaunal polychaetes on sediment shear strength and permeability: an experimental approach. *Symp. Zool. Soc. London.*, 63: 319–321.
- Meadows, P.S., Meadows, A. (1991). The geotechnical and geochemical implications of bioturbation in marine sedimentary ecosystems. In: Meadows, P.S., Meadows, A. (Eds). *The environmental impact of burrowing animals and animal burrows*. Symp. Zool. Soc. Lond., 63: 157–181.
- Mermillod-Blondin, F., Marie, S., Desrosiers, G., Long, B., de Montety, L., Michaud, E., Stora, G. (2003). Assessment of the spatial variability of intertidal benthic communities by axial tomodesitometry: importance of fine scale heterogeneity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 287: 193–208.
- Mermillod-Blondin, F., Rosenberg, R., Francois-Carcaillet, F., Norling, K., Mauclaire, L. (2004). Influence of bioturbation by three benthic infaunal species on microbial communities and biogeochemical processes in marine sediment. *Aquat. Microb. Ecol.*, 36(3): 271–284.
- Michaud, E., Desrosiers, G., Long, B., de Montety, L., Crémer, J.-F., Pelletier, E., Locat, J., Gilbert, F., Stora, G. (2003). Use of axial tomography to follow temporal changes of benthic communities in an unstable sedimentary environment (Baie des Ha! Ha!, Saguenay Fjord). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 285–286, 265–282.
- Mirto, S., Danovaro, R. (2004). Meiofaunal colonisation on artificial substrates: a tool for biomonitoring the environmental quality on coastal marine systems. *Mar. Pollut. Bull.*, 48: 919–926.
- Montouchet, P.C. (1979). Sur la communauté des animaux vagiles associés a *Sargassum symosus* C. Agardh a Ubatuba, État de São Paulo, Brésil. *Stud. Neotrop. Fauna Env.*, 14: 33-64.

- Mortimer, R.J.G., Davey, J.T., Krom, M.D., Watson, P.G., Frickers, P.E., Clifton, R.J. (1999). The effect of macrofauna on porewater profiles and nutrient fluxes in the intertidal zone of the Humber estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 48: 683–699.
- Muñoz, A.O.M. (1993). *Aspéctos ecológicos da margem de Sargassum do costão rochoso da praia de Pedra do Xaréu – PE – Brasil*. Dissertação (Mestrado em Botânica), Recife, PE, Univ. Fed. Rural de Pernambuco, 82p.
- Muus, B. (1964). A new quantitative sampler for the meiobenthos. *Ophelia*, 1: 209–216.
- Nowell, A.R.M., Jumars, P.A. (1984). Flow environments of aquatic benthos. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 15: 303–328.
- Nunes, J.L.S. (2003). *Colonização da meiofauna em ambientes algal e mimético do infralitoral da Ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo – RJ, Brasil*. Dissertação de mestrado. Centro de Tecnologia e Geociência, Departamento de Oceanografia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 88p.
- Petersen, W., Wallmann, K., Schroeder, P., Li, F., Knauth, H.D. (1996). The influence of diagenetic processes on the exchange of trace contaminants at the sediment–water interface. In: Calmano, W., Förstner, U. (Eds.). *Sediments and toxic substances. Environmental effects and ecotoxicity*. Springer–Verlag, Berlin, 37–50.
- Pusceddu, A., Gambi, C., Zeppilli, D., Bianchelli, S., Danovaro, R. (2009). Organic matter composition, metazoan meiofauna and nematode biodiversity in Mediterranean deep-sea sediments. *Deep Sea Res. P.II.*, 56: 755–762.
- Rasmussen, D., Banta, G.T., Andersen, O. (1998). Potential for cadmium uptake in near-shore sediments: effects of bioturbation by the lugworm *Arenicola marina*. *Mar. Ecol. Prog Ser.*, 164: 179–188.
- Reineck, H. E. (1958). Der Kastengreifer. *Natur. Mus. (Frankf)*, 93: 102-108.
- Remane, A. (1927). *Halammohydra*, ein eigenartiges Hydrozoon der Nord- und Ostsee. *Z. Morph. Ökol. Tiere.*, 7: 643–677.
- Rhoads, D.C., Boyer, L.F. (1982). The effects of marine benthos on physical properties of sediments: a successional approach. In: Mcall, P.L., Tevesz, M.J.S. (Eds.). *Animal–sediment relations: the biogenic alteration of sediments. Topics in geobiology*, vol. 2. Plenum, London, 1–52.
- Riedl, R.J., Ott, J.A. (1970). A suction-corer to yield electric potentials in coastal sediment layers. *Senckenb. Marit.*, 2: 67–84.

- Rogers, S.I., Somerfield, P.J., Schratzberger, M., Warwick, R., Maxwell, T.A.D., Ellis, J.R. (2008). Sampling strategies to evaluate the status of offshore soft sediment assemblages. *Mar. Poll. Bull.*, 56: 880–894.
- Rosenberg, R., Davey, E., Gunnarsson, J., Norling, K., Frank, M. (2007). Application of computer-aided tomography to visualize and quantify biogenic structures in marine sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 331: 23–34.
- Rosenberg, R., Ringdahl, K. (2005). Quantification of biogenic 3-D structures in marine sediments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 326: 67–76.
- Rutledge, P.A.; Fleeger, J.W. (1988). Laboratory studies on core sampling with application to subtidal meiobenthos collection. *Limnol. Oceanogr.*, 33: 274-279.
- Schaffner, L.C., Dickhut, R.M., Mitra, S., Lay, P.W., Brouwer-Riel, C. (1997). Effects of physical chemistry and bioturbation by estuarine macrofauna on the transport of hydrophobic organic contaminants in the benthos. *Environ. Sci. Technol.*, 31(11): 3120–3125.
- Schratzberger, M., Gee, J.M., Rees, H.L., Boyd, S.E., Wall, C.M. (2000). The structure and taxonomic composition of sublittoral meiofauna assemblages as an indicator of the status of marine environments. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 80: 969–980.
- Solan, M., Germano, J.D., Rhoads, D.C., Smith, C., Michaud, E., Parry, D., Wenzhöfer, F., Kennedy, B., Henriques, C., Battle, E., Carey, D., Iocco, L., Valente, R., Watson, J., Rosenberg, R. (2003). Towards a greater understanding of pattern, scale and process in marine benthic systems: a picture is worth a thousand worms. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 313–338.
- Solan, M., Kennedy, R. (2002). Observation and quantification of *in-situ* animal–sediment relations using time-lapse sediment profile imagery (t-SPI). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 228: 179–191.
- Somerfield, P. J.; Clarke, K. R. (1997). A comparison of some methods commonly used for the collection of sublittoral sediments and their associated fauna. *Mar. Envir. Res.*, 43(3): 145–156.
- Somerfield, P.J., Warwick, R.M., Moens, T. (2005). Meiofauna techniques. In: Eleftheriou, A., McIntyre, A. (Eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell, Oxford, 229–272.

- Song, S.J., Ryu, J., Khim, J.S., Kim, W., Yun, S.G. (2010). Seasonal variability of community structure and breeding activity in marine phytoplankton harpacticoid copepods on *Ulva pertusa* from Pohang, east coast of Korea. *J. Sea Res.*, 63(1): 1-10.
- Tita, G., Desrosiers, G., Vincx, M. (2000). New type of hand-held corer for meiofauna sampling and vertical profile investigation: a comparative study. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 80: 171–172.
- Underwood, A.J., Chapman, M.G. (2005). Design and analysis in benthic surveys. In: Eleftheriou, A., McIntyre, A. (Eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell, Oxford, 1–42.
- Veiga, P., Rubal, M., Besteiro, C. (2009). Shallow sublittoral meiofauna communities and sediment polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) content on the Galician coast (NW Spain), six months after the *Prestige* oil spill. *Mar. Poll. Bull.*, 58: 581–588.
- Veit-Köhler, G., Gerdes, D., Quiroga, E., Hebbeln, D., Sellanes, J. (2009). Metazoan meiofauna within the oxygen-minimum zone off Chile: Results of the 2001-PUCK expedition. *Deep Sea Res. Part II.*, 56: 1105–1111.
- Veit-Köhler, G., Laudien, J., Knott, J., Velez, J., Sahade, R. (2008). Meiobenthic colonisation of soft sediments in arctic glacial Kongsfjorden (Svalbard). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 336: 58–65.
- Vidakovic, J. (1984). Meiofauna of silty sediments in the coastal area of the North Adriatic, with special reference to sampling methods. *Hydrobiologia*, 118: 67-72.
- Wells, J.B.J. (1971). A brief review of methods of sampling the meiobenthos. In: Hulings, N.C. (ed) *Proc. 1st International Conference on Meiofauna*. Tunisia. Smithsonian, Contrib. Zool., 76: 183-186.
- Wheatcroft, R.A., Martin, W.R. (1996). Spatial variation in short term(²³⁴Th) sediment bioturbation intensity along an organic carbon gradient. *J. Mar. Res.*, 54: 763–792.
- Zhou, H. (2001). Effects of leaf litter addition on meiofaunal colonization of azoic sediments in a subtropical mangrove in Hong Kong. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 256: 99–121.

Capítulo 2

**Colonização e sucessão da meiofauna em
diferentes substratos artificiais, com ênfase
nos nemátodes marinhos**

2.1 Introdução

Tradicionalmente a meiofauna tem sido estudada em substratos não consolidados (Hicks e Coull, 1983; Coull, 1988). No entanto, é bem conhecido que ela pode ser encontrada também associada com diferentes substratos naturais, tais como macroalgas (Hicks, 1980, 1985; Williamson e Cretese, 1996), gramíneas marinhas (Ruthledge e Fleeger, 1993), tapetes de cianobactérias (Vopel e Arlt, 1995), substratos consolidados (Danovaro e Fraschetti, 2002) e substratos artificiais (Atilla e Fleeger, 2000; Atilla *et al.*, 2003; Fonsêca-Genevois *et al.*, 2006).

Recentes estudos têm investigado o uso de substratos artificiais para aplicações em monitoramento ambiental com a meiofauna e têm revelado a importância da arquitetura e composição dos substratos, bem como o tempo gasto para a colonização (Atilla e Fleeger, 2000; Atilla *et al.*, 2003).

A comunidade de meiofauna é um indicador coletivo de qualidade ambiental capaz de exibir diferentes respostas a diferentes tipos de distúrbios antropogênicos (Albertelli *et al.*, 1999; Danovaro *et al.*, 1999). Ambientes costeiros através do mundo têm experimentado a proliferação de substratos artificiais feitos pelo homem tais como piers, molhes e pontões associados à urbanização costeira e atividades marítimas de recreação (Atilla *et al.*, 2003).

É sabido que as comunidades de meiofauna vivem em substratos duros em associação com algas perífíticas, epifíticas e epibiota fixada, mas a abundância, diversidade e habilidades de colonização da meiofauna de substrato duro têm sido pouco documentadas (Gibbons, 1988a,b; Danovaro e Fraschetti, 2002; Atilla *et al.*, 2003; Mirto e Danovaro, 2004). Estudos sobre a meiofauna associada a substratos duros são raros (Atilla *et al.*, 2003). Substratos artificiais usualmente diferem dos naturais em termos da morfologia da superfície (Qvarfordt *et al.*, 2004). Como resultado, estruturas artificiais duras podem, em agregado, fornecer um grande abrigo vertical e suportar uma densa cobertura de microalgas anexadas (perífito) e epifauna (Glasby e Connell, 1999; Todd e Keough, 1994).

Os Nematoda marinhos de vida livre formam o grupo dominante entre os organismos da meiofauna de ambientes marinhos. Sua grande abundância, adaptação a uma vasta gama de habitats e diversificada morfologia sugerem que nematóides desempenham um papel importante no ecossistema bêntico (Chinnadurai e Fernando, 2007). Nematóides, que muitas vezes dominam a

meiofauna de planícies lamosas não vegetadas e planícies arenosas, geralmente mostram pouca evidência de dispersão ativa (Jensen, 1981; Palmer, 1988a) e provavelmente se movem primariamente por transporte passivo no fundo e na coluna de água (Palmer, 1988a; Fegley, 1988; De Patra e Levin, 1989; Armonies, 1994; Sun e Fleeger, 1994). Os nematóides mais próximos da interface sedimento-água podem ser mais suscetíveis à erosão e transporte (Warwick e Gee, 1984; Eskin e Palmer, 1985), principalmente os comedores de epistrato (grupo trófico 2A, *sensu* Wieser, 1953). Devido à meiofauna não apresentar estágio de larva planctônica, o transporte ativo e passivo de juvenis e adultos pode ser de crucial importância para o estabelecimento de sua população (Commito e Tita, 2002).

Dados de outros táxons da meiofauna são raros e sugerem que seu modo de dispersão é largamente passivo (Palmer, 1988a, Fegley, 1988; Armonies, 1994). Como outros componentes da meiofauna, Nematoda tem capacidade de dispersão ativa muito limitada. Eles não têm estágios pelágicos, mas podem sobreviver temporariamente, quando suspensos na coluna de água (Fonsêca-Genevois *et al.*, 2006).

Suspensão, deriva na coluna de água e subsequente deposição de partículas (incluindo a meiofauna) ocorrem durante distúrbios do sedimento do fundo devido às correntes de marés (Gwyther e Fairweather, 2005). Como um componente do sedimento, a meiofauna é passivamente dispersada por forças hidrodinâmicas e, além disso, alguns táxons são reconhecidos como nadadores na coluna de água quando correntes são ausentes, por exemplo copépodes harpacticóides (Walters e Bell, 1986).

Organismos incrustantes têm sido estudados por muitas décadas e algumas pesquisas recentes registraram a influência das características da superfície no assentamento e crescimento de organismos sésseis. Várias características das superfícies têm sido identificadas influenciando o número e tipo de organismos que assentam em superfícies artificiais, por exemplo, textura (Pomerat e Weiss, 1946; Crisp e Ryland, 1960; Harlin e Lindbergh, 1977), complexidade (Hixon e Brostoff, 1985; Bourget *et al.*, 1994; Lemire e Bourget, 1996; Walters e Wetthey, 1996), tamanho (Jackson, 1977; Keough, 1984a; Butler, 1991), composição (Caffey, 1982; Raimondi, 1988; McGuinness, 1989; Anderson e Underwood, 1994) e cor (Pomerat e Reiner, 1942; Wisely, 1959; James e Underwood, 1994) do substrato.

2.2 Objetivo

O objetivo deste estudo foi avaliar o processo de colonização de Nematoda marinhos de vida livre em substratos compostos por diferentes materiais (PVC, granito, acrílico e vidro).

2.3 Hipótese

A composição genérica da nematofauna em substratos consolidados suspensos na coluna de água varia em função da composição do substrato.

2.4 Material e Métodos

2.4.1 Área de estudo

A região de Arraial do Cabo (23° 44' S and 42° 00' W), sudeste do Brasil, é banhada pela Água Tropical com águas quentes (acima de 20°C) mas pobres em nutrientes; a Água Superficial Costeira que também é pobre em nutrientes e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), com águas frias (abaixo de 18°C) e ricas em nutrientes (Valentin, 1984) que também contribuem para o aumento da riqueza de habitats e um conseqüente aumento na diversidade de espécies.

A morfologia da costa associada ao regime de ventos de Nordeste e Leste, que predominam principalmente entre os meses de setembro e março, desencadeia o fenômeno da ressurgência que afeta diretamente toda área exposta, fazendo com que o ambiente, nesses períodos, assumam características de sub-tropical. As áreas protegidas são caracterizadas como ambientes tropicais, onde a ressurgência atua esporadicamente (Rodrigues e Lorenzetti, 2001). Durante o outono e o inverno, quando se torna mais comum a incidência de ventos Sudoeste e Sudeste, ocorre o fenômeno inverso, o de subsidência, proporcionando águas claras e quentes principalmente nas áreas abrigadas (Ferreira, 1998). Devido a estas características singulares, esta região é considerada o limite sul para muitas espécies tropicais (Castro *et al.*, 1995). Várias espécies subtropicais também estão presentes nessa área (Guimaraens e Coutinho, 1996).

O presente estudo foi realizado no campo de provas do IEAPM (Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira) na enseada da praia da Ilha de Cabo Frio. O padrão de circulação de correntes na área de estudo depende da direção e velocidade dos ventos incidentes e das variações das marés. Quando o vento de nordeste prevalece, a corrente assume a direção nordeste-sudoeste. E, inversamente, quando o vento incidente é de sudoeste, a corrente toma a direção sudoeste-nordeste e cria alguns vórtices na enseada da praia da ilha. Quando períodos de ventos fracos ocorrem, o fator que determina a direção da corrente no local é a variação da maré (Branco, 2000).

O assoalho marinho na área de estudo inclui substratos arenosos não consolidados, um banco de arenito que se estende desde a praia até uma profundidade de 4 a 5m e costões rochosos nas bordas. Sobre o arenito, existe a

formação sazonal de um banco da macroalga *Sargassum furcatum* com aproximadamente 400m² (Da Rocha, 2003), o qual abriga uma rica fauna associada.

2.4.2 Caracterização dos substratos

Para este estudo foram utilizados substratos compostos por quatro diferentes tipos de materiais descritos abaixo.

1 – Granito: substrato composto por pedra de granito que se assemelha ao natural encontrado nos costões rochosos da região. Dentre os materiais escolhidos, este foi o que apresentou maior rugosidade na superfície.

2 – PVC: substrato artificial composto por cloreto de polivinila conhecido como PVC por sua sigla em inglês para *polyvinyl chloride*. Este material leve, maleável e atóxico possui uma superfície plana e lisa. É considerado um material inerte na água do mar já que seu tempo estimado de degradação é da ordem de séculos.

3 – Acrílico: substrato artificial composto por polimetil-metacrilato. É um material termoplástico rígido, de superfície lisa, não tóxico e inerte na água do mar.

4 – Vidro: substrato composto por vidro transparente. Em comparação com os demais substratos descritos acima o vidro foi o que apresentou a superfície mais lisa. Da mesma forma que os dois anteriores, este também é atóxico e inerte na água do mar. De todos os substratos escolhidos, este é o mais frágil e que requer maior cuidado de manipulação.

2.4.3 Desenho experimental

Quatro estruturas de metal (1,2m de diâmetro) foram instaladas na enseada da Ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo, RJ (Fig. 2.1). Estas foram suspensas a 3m do fundo e a 1m da superfície da água a fim de que não ficassem expostas nos períodos de baixa mar. Em cada uma das estruturas foram fixadas placas (6 x 5cm) de PVC, vidro, acrílico e granito, dispostas aleatoriamente, usando abraçadeiras nas extremidades. Foram colocadas 15 placas de cada material nas estruturas (Fig. 2.2).

O experimento teve duração de 15 dias e foram retiradas das estruturas 3 placas de cada material a cada 3 dias. As placas foram recolhidas em potes plásticos e, imediatamente após, levadas ao laboratório para análise de meiofauna. As estruturas foram acessadas por meio de mergulho autônomo.

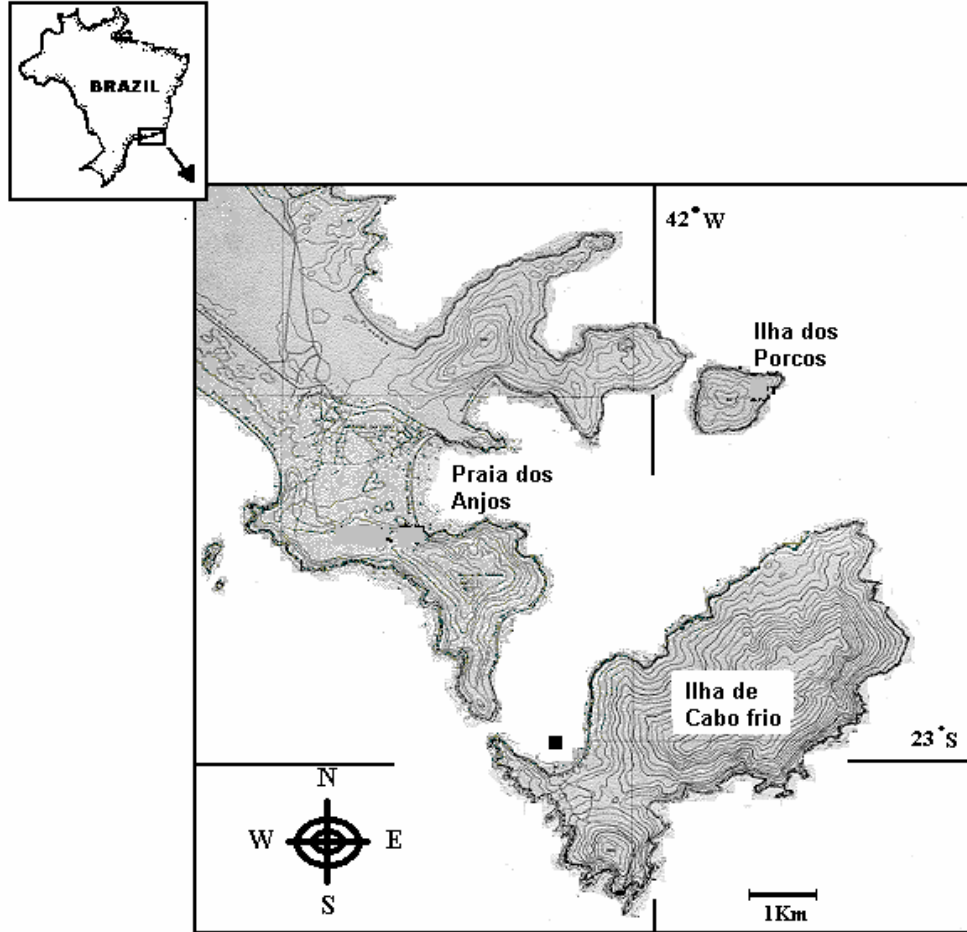


Figura 2.1: Área de estudo mostrando o local (■) onde as estruturas experimentais foram instaladas.

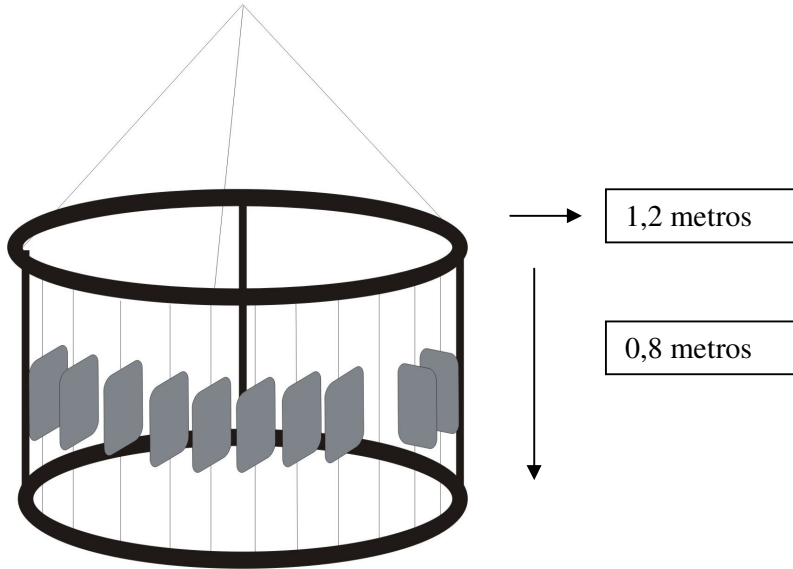


Figura 2.2: Esquema do desenho experimental, consistindo de uma estrutura de metal com placas presas através de abraçadeiras de plástico.

2.4.4 Processamento e análise das amostras:

As amostras coletadas nas estruturas experimentais foram lavadas com água do mar e o material extraído passado em peneiras geológicas com aberturas de malhas de 0,5mm e 0,044mm. O material retido entre as peneiras de 0,5mm e 0,044mm foi analisado em cuba de Dolffus sob microscópio estereoscópico para a contagem da meiofauna, após a conservação em solução salina de formol a 4%.

A meiofauna foi quantificada e identificada ao nível de grandes grupos taxonômicos, contudo, a nematofauna, especialmente, foi identificada ao nível de gêneros.

Para o estudo taxonômico dos nemátodes, 30 indivíduos (quando existentes ou a totalidade dos indivíduos quando inferior a 30) de cada placa foram retirados com estilete de aço inoxidável e colocados em cadinhos para diafanização. Neste processo, que permite o exame das estruturas internas, foi utilizada a técnica descrita por De Grisse (1969). Esta técnica consiste em introduzir os animais sequencialmente em três soluções: Solução 1: 99% de formol a 4% mais 1% de glicerina (24 horas de repouso em dessecador); Solução 2: 95% de etanol mais 5% de glicerina (10 horas ao ar livre) e Solução 3: 50% de Etanol mais 50% de glicerina.

Cada lâmina foi montada com 10 animais, previamente preparada com um círculo de parafina, contendo uma gota de Glicerina. As lâminas foram fechadas com lamínula, sendo o conjunto levado ao aquecimento, a fim de derreter a parafina e lacrar as lamínulas.

A identificação da nematofauna foi realizada sob microscópio óptico, utilizando-se as chaves pictóricas propostas por Platt e Warwick (1983, 1988) e Warwick, Platt e Somerfield (1998). Para a confecção da lista taxonômica foi adotada a classificação proposta por Lorenzen (1994).

2.4.5 Análise dos Dados:

A abundância relativa (A) da meiofauna e da nematofauna foi calculada pelo percentual de ocorrência de cada gênero em cada réplica, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$A = n \cdot 100 / N$$

Onde: n = número de indivíduos do táxon identificado na amostra

N = número total de indivíduos na amostra

Para o cálculo da frequência de ocorrência (F) foi empregada a seguinte fórmula:

$$F = m \cdot 100 / M$$

Onde: m = número de amostras onde o táxon ocorreu

M = número total de amostras estudadas

A frequência de ocorrência dos gêneros de Nematoda seguiu o critério apresentado por Bodin (1977): foram considerados de distribuição constante aqueles presentes em mais de 75% das amostras e aqueles presentes em 50% a 75%, muito frequentes. De distribuição freqüente, foram considerados os presentes em 25% a 50% das amostras e aqueles que ocorreram em menos de 25% das amostras, raros.

Através do programa PRIMER, versão 5.2.4 (Clarke e Warwick, 1994), foi feita uma ordenação não-métrica multidimensional (MDS) para averiguar graficamente os padrões das associações e composição da nematofauna.

Análises de similaridade (ANOSIM) foram aplicadas com o objetivo de identificar diferenças significativas na composição nematofaunística. A análise SIMPER foi aplicada para determinar quais os componentes das comunidades foram responsáveis pelas similaridades e/ou dissimilaridades entre as situações testadas.

Foi calculado o índice de diversidade de Shannon-Wiener (\log_2) para cada situação testada.

Curvas de K-dominância (Lambshhead *et al.*, 1983) foram construídas para comparar a diversidade dos gêneros de Nematoda em escala temporal.

2.5 Resultados

2.5.1 Meiofauna

Os resultados mostraram que a meiofauna foi composta por 12 grupos taxonômicos, estando todos presentes no substrato acrílico (Nematoda, Copepoda, Polychaeta, Amphipoda, Bivalve, Gastropoda, Tanaidacea, Ostracoda, Tardigrada, Gastrotricha, Pycnogonida e Isopoda). Em Granito, também foram encontrados os mesmos grupos taxonômicos, com exceção de Isópoda. Em Vidro não foram registrados os táxons Gastrotricha e Isopoda. O substrato que apresentou menor quantidade de grupos taxonômicos da meiofauna, quando comparado com os demais materiais foi o PVC, onde não foram registrados os grupos Tanaidacea, Gastrotricha e Isopoda.

O número máximo de táxons (9) foi encontrado em Acrílico e em Granito na última retirada de placas. O menor número de táxons (4) foi registrado para Vidro na primeira amostragem (Fig. 2.3).

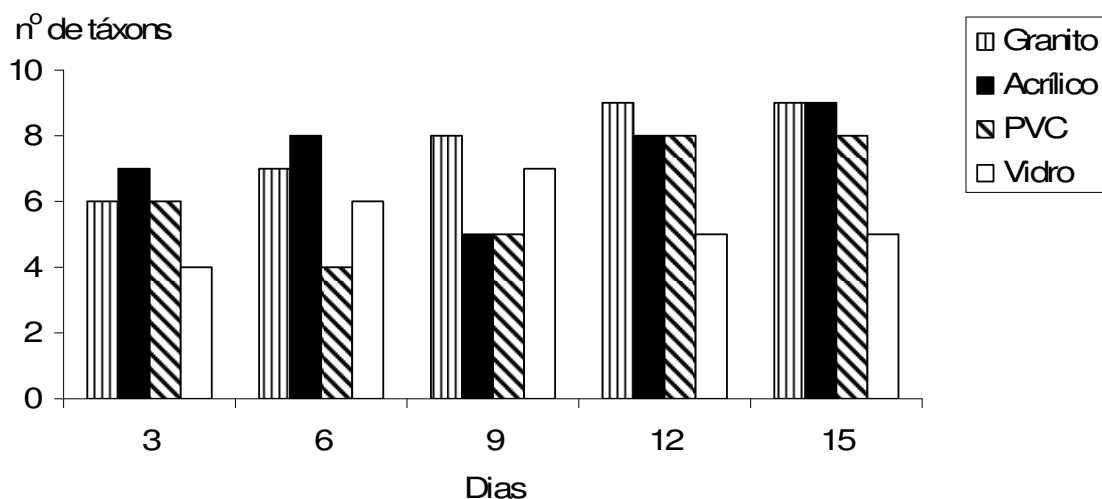


Figura 2.3: Número de táxons meiofaunísticos encontrados em cada um dos materiais testados ao longo do tempo.

Somando-se todas as amostras obtidas para todos os materiais, os grupos dominantes foram Amphipoda, Nematoda e Copepoda, perfazendo um total de 98,68% da fauna total. Os Amphipoda foram responsáveis por 51% da fauna,

seguido dos Nematoda com 32% e dos Copepoda com 16%. Os outros grupos somados chegaram a pouco mais de 1% do total da fauna coletada.

2.5.1.1 Variação temporal da densidade da meiofauna em cada substrato testado

Onze grupos da meiofauna estiveram presentes no substrato Granito. O grupo mais abundante foi Amphipoda durante todo o tempo do experimento com crescimento de densidade com o passar do tempo. O segundo grupo mais abundante foi Nematoda, seguido do grupo Copepoda. Os grupos Nematoda e Copepoda, assim como Amphipoda, tiveram um crescimento em densidade ao longo do tempo (Fig. 2.4a).

No substrato Acrílico foi identificado um total de 12 táxons, sendo os mais abundantes Amphipoda, Nematoda e Copepoda, nesta ordem. Os grupos Nematoda e Amphipoda tiveram densidade média final semelhante (51 e 50 ind/100cm², respectivamente) (Fig. 2.4b).

Para o substrato PVC foram registrados 9 táxons ao longo do tempo. Os táxons mais abundantes e com maior densidade média foram os mesmos registrados para Granito e para o Acrílico. Estes táxons apresentaram crescimento na densidade média durante o tempo em que o experimento foi conduzido (Fig. 2.4c).

O substrato Vidro teve no início do experimento o menor número de táxons registrados entre todos os materiais testados. Neste substrato, diferentemente do que aconteceu com Acrílico e PVC, o grupo Amphipoda teve densidade média bem superior à do grupo Nematoda que ficou em segundo lugar em densidade, mostrando uma abundância relativa semelhante àquela encontrada para Granito (Fig. 2.4d).

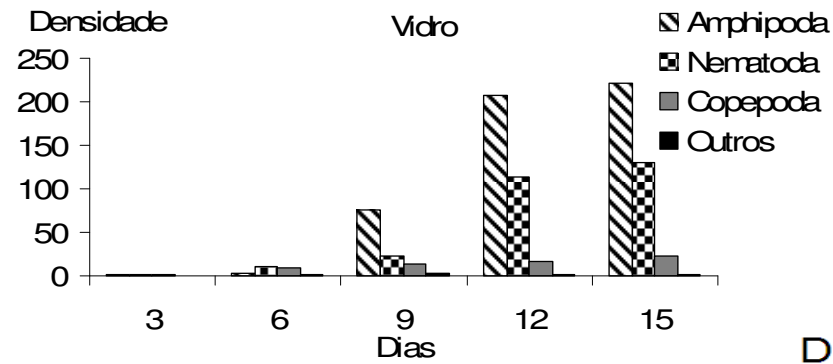
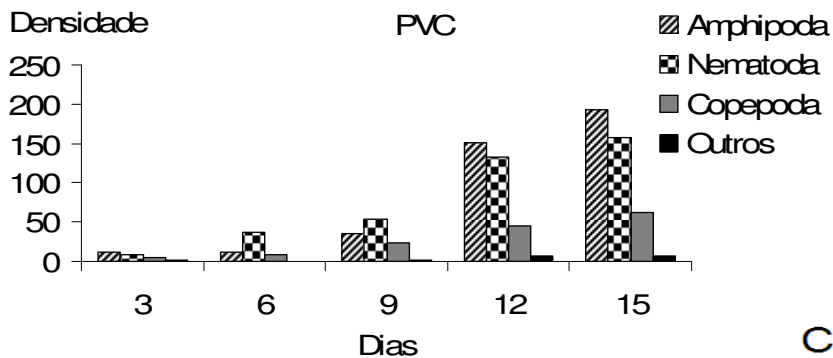
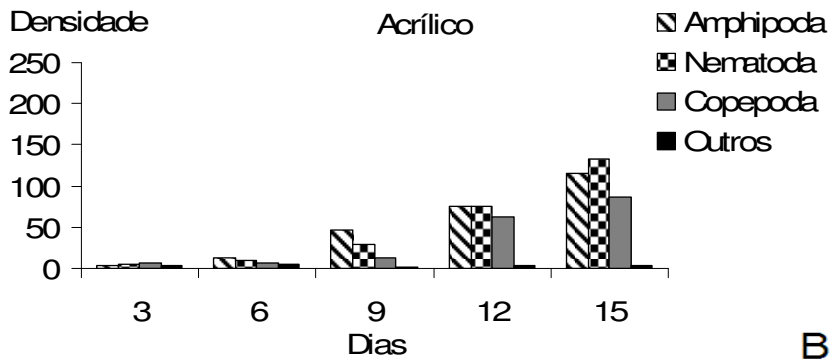
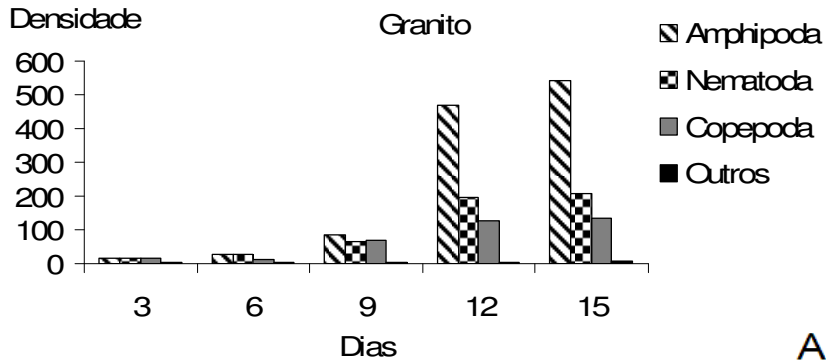


Figura 2.4: Densidade média dos táxons encontrados nos substratos testados ao longo do tempo. A –Granito; B – Acrílico; C – PVC e D – Vidro. A densidade foi expressa em indivíduos por 100cm².

2.5.1.2 Variação temporal da comunidade em cada material

Na primeira amostragem (3 dias) não foram detectadas diferenças significativas entre as comunidades formadas nos diferentes materiais testados. De acordo com o teste SIMPER, a similaridade entre essas comunidades se deve à abundância média dos grupos Amphipoda e Copepoda terem sido semelhantes para todos os substratos testados. Na segunda amostragem (6 dias) também não foi possível registrar diferenças significativas entre as comunidades analisadas. A similaridade entre as comunidades na segunda amostragem se deve às abundâncias médias dos grupos Amphipoda e Nematoda que foram semelhantes para todas as comunidades estudadas. Com nove dias do experimento foi feita a terceira retirada de placas, quando se detectou diferença significativa ($p < 0,05$) da comunidade meiofaunística formada no substrato Granito em relação àquelas formadas nos demais substratos testados. O teste SIMPER mostrou que a dissimilaridade da comunidade formada no substrato Granito ocorreu devido à maior abundância do grupo Copepoda em relação aos substratos Acrílico e Vidro e maior abundância do grupo Amphipoda em relação a PVC. Na quarta amostragem (12 dias) foram registradas diferenças significativas ($p < 0,05$) nas comunidades de meiofauna formadas no Granito e no Acrílico em relação àquelas formadas nos substratos PVC e Vidro.

As diferenças encontradas entre o substrato Granito e os demais se deve à maior abundância do grupo Amphipoda. Para o substrato Acrílico as diferenças registradas se devem ao fato da abundância relativa do grupo Amphipoda ter sido menor neste substrato em relação aos demais testados. Em quinze dias de experimento foi realizada a última retirada das placas compostas pelos diferentes materiais testados, quando se observou uma diferença significativa ($p < 0,05$) da comunidade formada no substrato Granito em comparação aos demais estudados. No final do experimento com o teste SIMPER foi possível observar que as diferenças registradas entre a comunidade formada no substrato Granito diferiu das demais devido à maior abundância média do grupo Amphipoda em relação às comunidades formadas nos demais substratos estudados (Tab. 2.1) (Fig. 2.5).

Tabela 2.1: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade média entre as abundâncias dos grupos da meiofauna para os quatro substratos testados.

3 Dias				
	Granito	Acrílico	PVC	Vidro
Granito				
Acrílico	50,12			
PVC	36,42	45,84		
Vidro	75,59	59,05	66,60	
6 Dias				
	Granito	Acrílico	PVC	Vidro
Granito				
Acrílico	40,13			
PVC	30,74	43,16		
Vidro	51,50	40,54	47,73	
9 Dias				
	Granito	Acrílico	PVC	Vidro
Granito				
Acrílico	43,16			
PVC	35,00	24,80		
Vidro	35,41	20,85	37,26	
12 Dias				
	Granito	Acrílico	PVC	Vidro
Granito				
Acrílico	57,57			
PVC	41,49	28,95		
Vidro	40,44	39,58	16,57	
15 dias				
	Granito	Acrílico	PVC	Vidro
Granito				
Acrílico	45,12			
PVC	36,60	17,96		
Vidro	40,94	26,25	13,62	

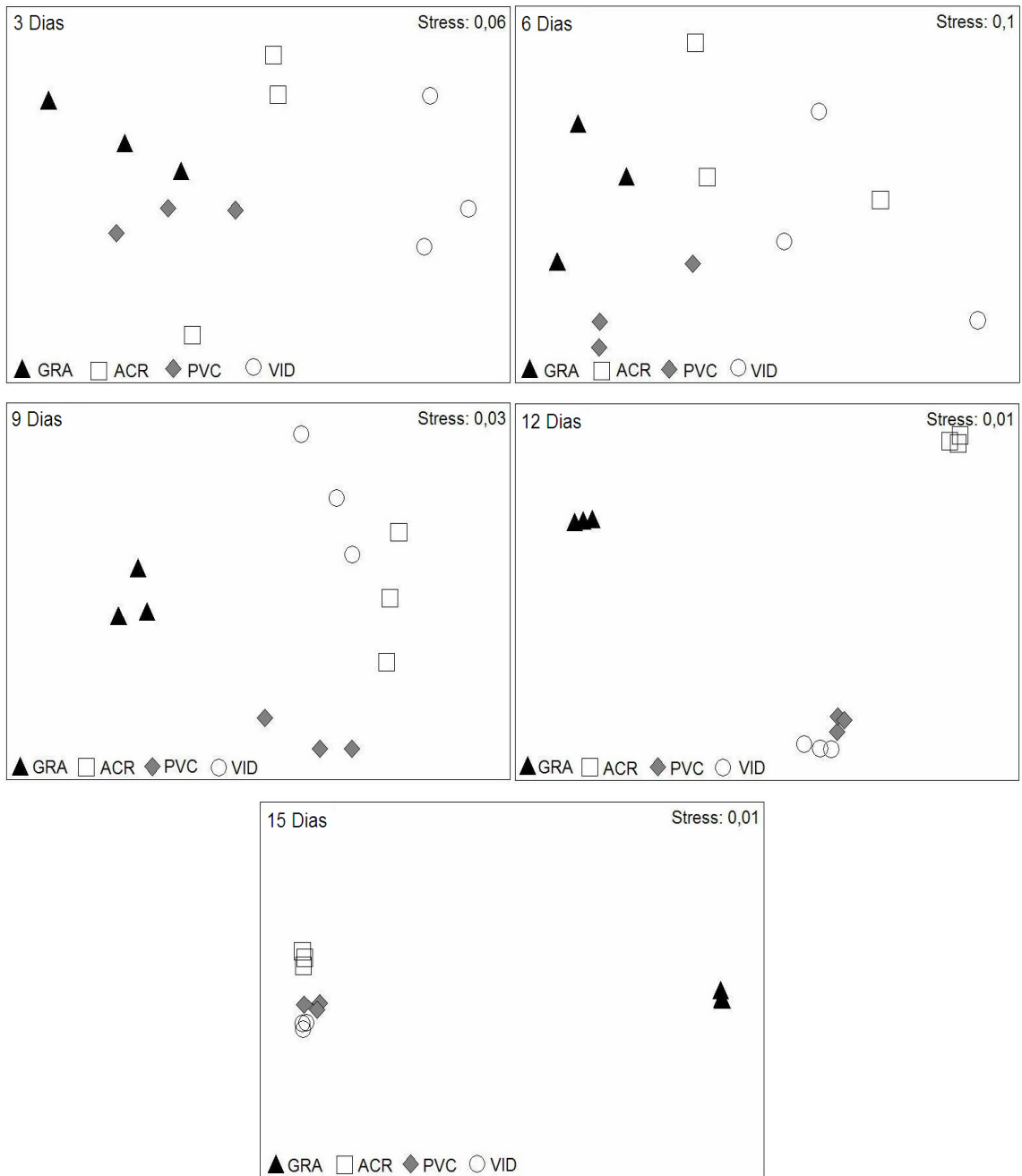


Figura 2.5: Ordenações de MDS mostrando a composição da comunidade de meiofauna em cada material ao longo do tempo (3 Dias, 6 Dias, 9 Dias, 12 Dias e 15 Dias).

2.5.2 Nematofauna

Para o presente estudo, foi registrado um total de 38 gêneros, distribuídos em 13 famílias.

Lista taxonômica.

Classe Adenophorea

Sub-Classe Enoplia

Ordem Enoplida

Sub-Ordem Enoplina

Família Ironidae

Syringolaimus De Man, 1888

Família Oncholaimidae

Methoncolaimus Filipjev, 1918

Oncholaimus Dujardin, 1845

Viscosia De Man, 1890

Sub-Ordem Tripyloidina

Família Tripyloididae

Bathylaimus Cobb, 1894

Ordem Trefusiida

Sub-Classe Chromadoria

Ordem Chromadorida

Sub-Ordem Chromadorina

Família Chromadoridae

Chromadorella Filipjev, 1918

Chromadorina Filipjev, 1918

Dichromadora Kreis, 1929

Endeolophos Boucher, 1976

Euchromadora De Man, 1886

Graphonema Cobb, 1898

Hypodontolaimus De Man, 1886

Innocuonema Inglis, 1969

Neochromadora Micoletzky, 1924

Prochromadorella Micoletzky, 1924

Ptycholaimellus Cobb, 1920

Spiliphera Bastian, 1865

Spilophorella Filipjev, 1917

Steineridora Inglis, 1969

Família Cyatholaimidae

Acanthonchus Cobb, 1920

Paracanthonchus Micoletzky, 1924

Paracyatholaimus Micoletzky, 1922

Família Desmodoridae

Acanthopharinx Marion, 1870

Metachromadora Filipjev, 1918

Família Draconematidae

Draconema Cobb, 1913

Família Microlaimidae

Microlaimus De Man, 1880

Família Monoposthiidae

Monoposthia De Man, 1889

Sub-Ordem Leptolaimina

Família Leptolaimidae

Camacolaimus De Man, 1889

Onchium Cobb, 1920

Família Paramicrolaimidae

Paramicrolaimus Wieser, 1954

Ordem Monhysterida

Família Monhysteridae

Thalassomonhystera Jacobs, 1987

Família Xyalidae

Daptonema Cobb, 1920

Pseudosteineria Wieser, 1956

Scaptrella Cobb, 1917

Theristus Bastian, 1865

Família Linhomoeidae

Terschellingia De Man, 1888

Família Axonolaimidae

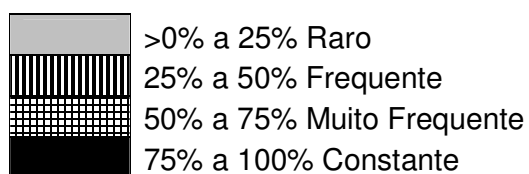
Axonolaimus De Man, 1889

Família Diplopeltidae

Southerniella Allgén, 1932

Segundo os intervalos percentuais da classificação proposta do Bodin (1977), a maioria dos gêneros identificados (31) foi considerada como rara (<25% de ocorrência). Alguns deles foram encontrados em apenas um dos materiais analisados. Dos gêneros que estiveram presentes em todos os materiais, apenas *Daptonema* foi considerado como raro, sendo identificado em menos do que 25% das amostras estudadas. Os demais gêneros presentes em todos os materiais tiveram uma frequência de ocorrência considerada muito frequente (>50% e <75%) ou constante (> 75%) (Tab. 2.2).

Tabela 2.2: Comparativo da frequência de ocorrência dos gêneros de Nematoda encontrados no experimento de colonização em diferentes tipos de materiais (PVC, Granito, Acrílico e Vidro), segundo a classificação proposta por Bodin (1977).



	PVC	Granito	Acrílico	Vidro
<i>Axonolaimus</i>				
<i>Endeolophos</i>				
<i>Metachromadora</i>				
<i>Onchium</i>				
<i>Southerniella</i>				
<i>Steineridora</i>				
<i>Syringolaimus</i>				
<i>Thalassomonhystera</i>				
<i>Chromadorina</i>				
<i>Hypodontolaimus</i>				
<i>Monoposthia</i>				

<i>Ptycholaimellus</i>				
<i>Terschellingia</i>				
<i>Microlaimus</i>				
<i>Acanthopharinx</i>				
<i>Bathylaimus</i>				
<i>Camacolaimus</i>				
<i>Draconema</i>				
<i>Paracanthonchus</i>				
<i>Paracyatholaimus</i>				
<i>Paramicrolaimus</i>				
<i>Pseudosteineria</i>				
<i>Scaptrella</i>				
<i>Spilophorella</i>				
<i>Chromadorella</i>				
<i>Innocuonema</i>				
<i>Methoncholaimus</i>				
<i>Spiliphera</i>				
<i>Acanthonchus</i>				
<i>Dichromadora</i>				
<i>Graphonema</i>				
<i>Neochromadora</i>				
<i>Theristus</i>				
<i>Daptonema</i>				
<i>Euchromadora</i>				
<i>Oncholaimus</i>				
<i>Prochromadorella</i>				
<i>Viscosia</i>				
Total de gêneros	17	17	12	21

2.5.2.1 Variação temporal da nematofauna

Da nematofauna estudada, a família mais representativa foi Chromadoridae e os gêneros mais abundantes foram *Euchromadora* e *Prochromadorella*. O número de gêneros de Nematoda registrado para cada material variou com o material. Foram registrados 22 gêneros em Vidro, 17 em Granito e PVC e apenas 12 em Acrílico. Apenas os gêneros *Daptonema*, *Euchromadora*, *Oncholaimus*, *Prochromadorella* e *Viscosia* foram encontrados em todos os materiais.

A comunidade de Nematoda apresentou um comportamento particular de colonização para cada material. O número de gêneros de Nematoda encontrado em cada material, em cada momento da retirada de placas, variou com o tipo de material. No início do experimento, o substrato que foi colonizado com o menor número de gêneros de nematoda e menor número de indivíduos aderidos foi o vidro. E o substrato mais colonizado no início da amostragem foi o granito. PVC e granito tiveram um crescente número de gêneros a partir do início do experimento com uma pequena queda no final. O acrílico teve um crescimento logo no início e esta tendência persistiu até o final do experimento. Já o vidro que começou o experimento com um número menor de gênero, em relação aos outros materiais, na segunda amostragem, teve um crescimento maior do que todos os outros. Logo após o pico houve uma queda no número de gêneros de Nematoda até o final do experimento (Fig. 2.6).

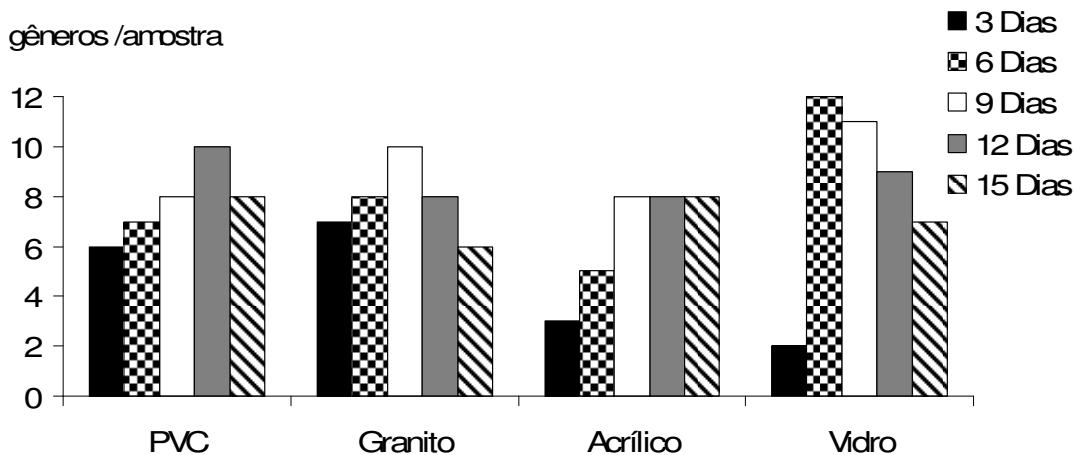


Figura 2.6: Distribuição dos gêneros de Nematoda ao longo do tempo nos diferentes materiais estudados (PVC, Granito, Acrílico e Vidro).

Os gêneros da família Oncholaimidae foram encontrados em Vidro apenas a partir da metade do período do experimento. A maioria dos gêneros registrados para Vidro foi rara e alguns deles, tais como *Acanthopharynx* e *Spiliphera*, apareceram apenas uma vez (Figura 2.7A). O padrão de colonização da família Oncholaimidae registrado para Vidro, também foi detectado para o Acrílico (Figura 2.7B). O mesmo comportamento não foi registrado para Granito e PVC, onde não foi encontrado o gênero *Methoncholaimus* (Figura 2.7C e 2.7D). Os gêneros da família Chromadoridae foram registrados em todos os materiais testados, desde o início até ao final do experimento, e com maior abundância relativa (Figura 2.8). O substrato Vidro foi o material que apresentou o maior número de gêneros exclusivos de Nematoda (Figura 2.8A), enquanto que Acrílico teve o menor número (Figura 2.8B). O gênero *Euchromadora* teve a maior abundância relativa em todos os materiais testados, mas os maiores percentuais de participação foram registrados para Granito e o PVC (Figura 2.8C e 2.8D). Entre os dez gêneros exclusivos encontrados no substrato de vidro, sete foram do grupo de comedores de epistrato (2A) e destes, apenas *Spilophorella* pertencia à família Chormadoridae.

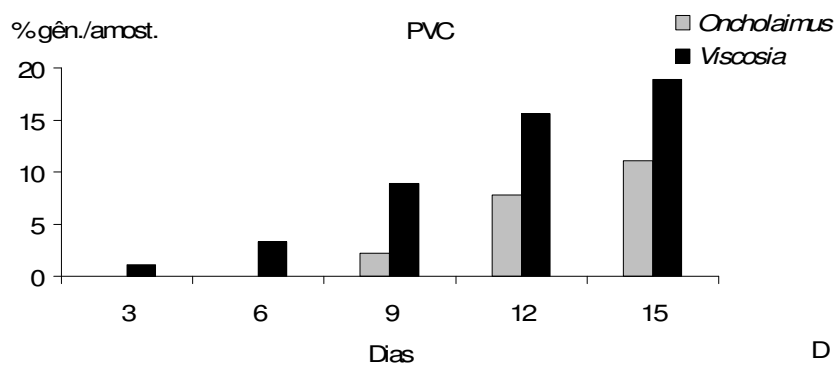
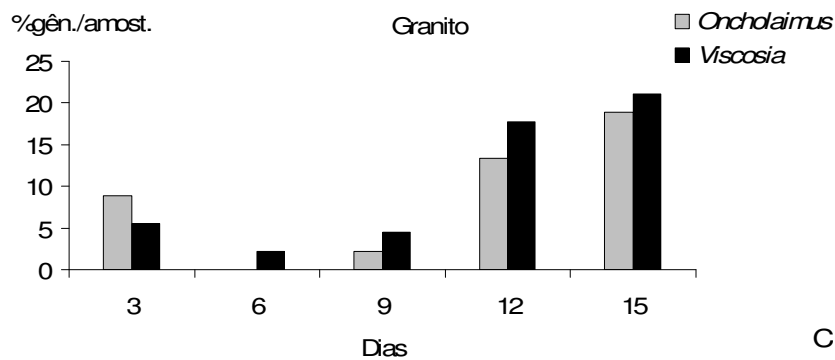
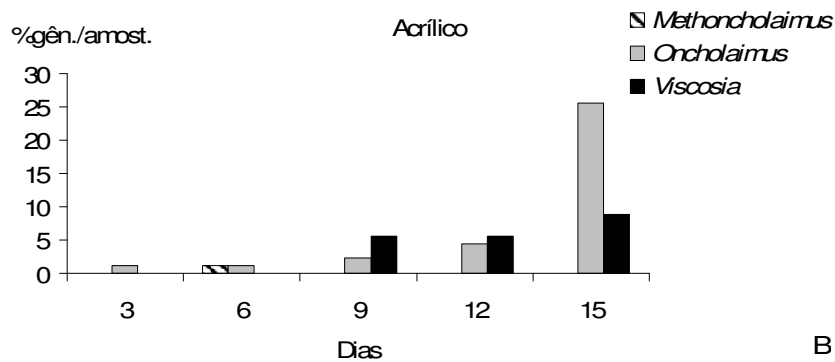
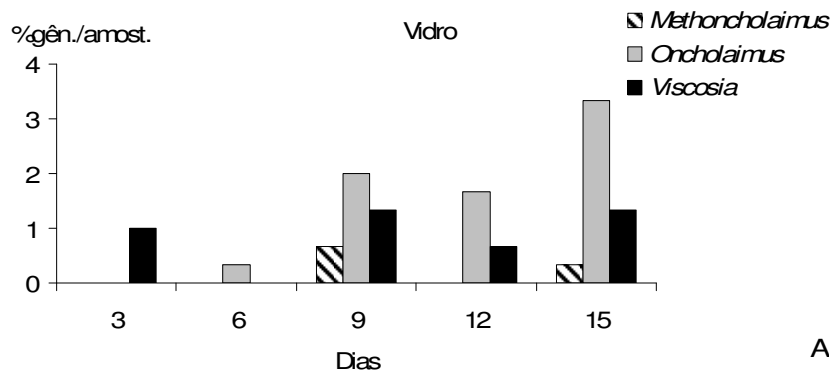


Figura 2.7: Porcentagem de participação média dos gêneros da família Oncholaimidae em cada período amostrado, para cada material (Vidro - A, Acrílico - B, Granito - C e PVC - D).

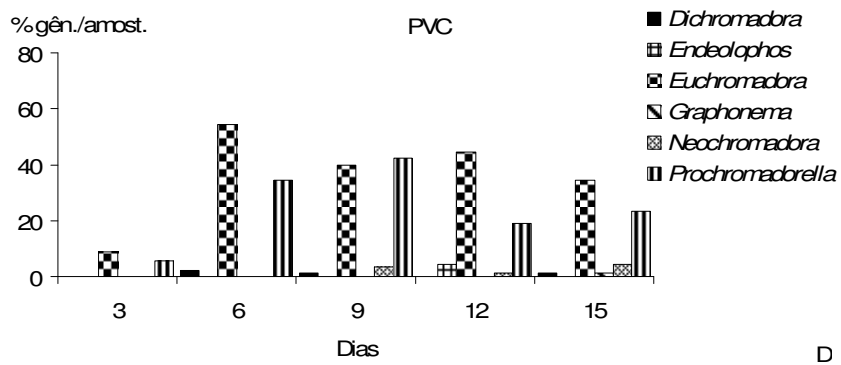
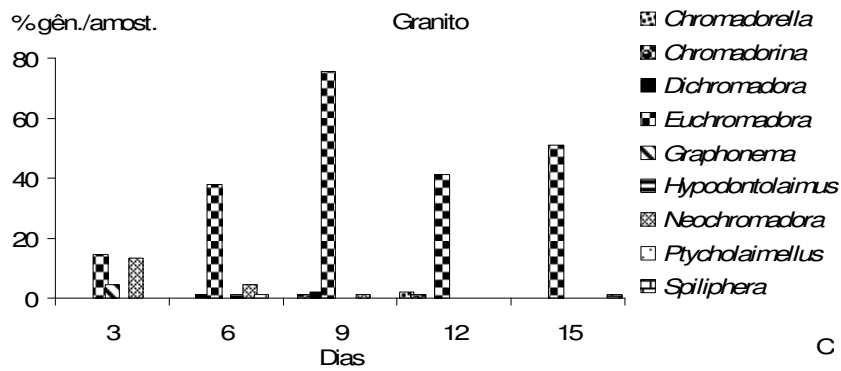
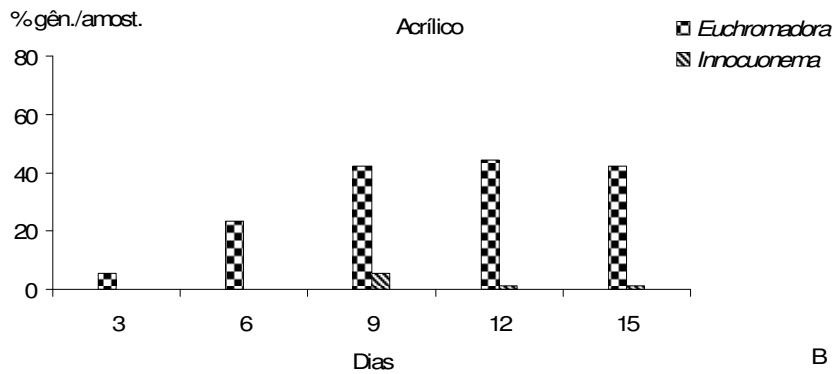
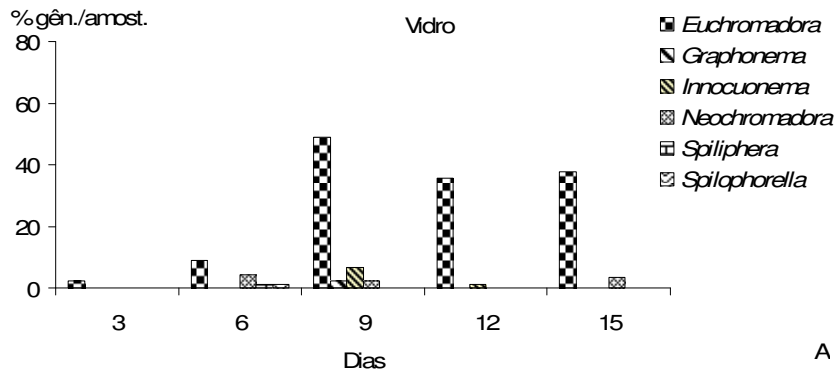


Figura 2.8: Ocorrência média dos gêneros da família Chromadoridae em cada período amostrado, para cada material (Vidro - A, Acrílico - B, Granito - C e PVC - D).

2.5.2.2 Diversidade da nematofauna

O índice de diversidade de Shannon-Wiener calculado para todos os materiais testados variou ao longo do tempo, não demonstrando nenhum padrão temporal. O substrato Vidro registrou o valor mais baixo de diversidade no primeiro período de amostragem (1,000) e também o valor mais alto na segunda amostragem (2,646). A diversidade média durante o tempo total do experimento foi calculada e o substrato com a diversidade mais alta foi o Granito (2,087), seguido do Vidro (1,986), PVC (1,984) e com a menor diversidade média registrada o substrato Acrílico (1,773) (Fig. 2.9).

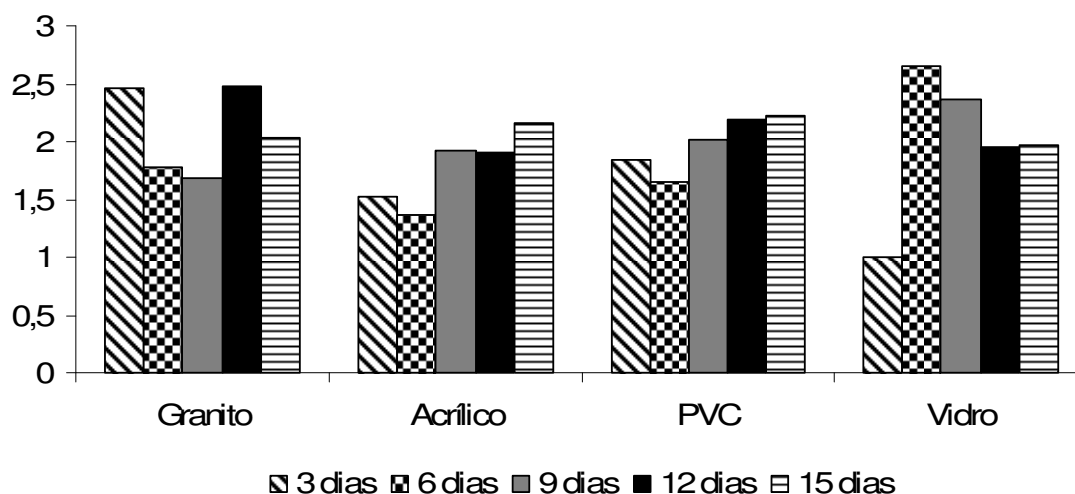


Figura 2.9: Média do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para a nematofauna para cada material testado ao longo do tempo.

Semelhantemente aos resultados do índice de diversidade de Shannon-Wiener, as curvas de K-Dominância também apontaram para uma menor diversidade de gêneros de Nematoda para o substrato Vidro no primeiro período amostrado, bem como, a maior diversidade registrada para este experimento foi também para o substrato Vidro no segundo período de amostragem. Na segunda amostragem as curvas descritas pelos substratos Granito e PVC, tenderam a se sobreporem revelando a semelhança nos valores de diversidade entre eles. Nos terceiro e quarto períodos de amostragem as curvas produzidas pela diversidade de gêneros de Nematoda para cada material testado foram diferentes entre si quando se compararam os gêneros mais abundantes e tenderam a se sobreporem quando se observaram os gêneros menos abundantes. Ao final do experimento, as curvas de K-Dominância

encontradas para cada material tenderam a sobrepor às demais, mostrando a semelhança entre as diversidades registradas (Fig. 2.10).

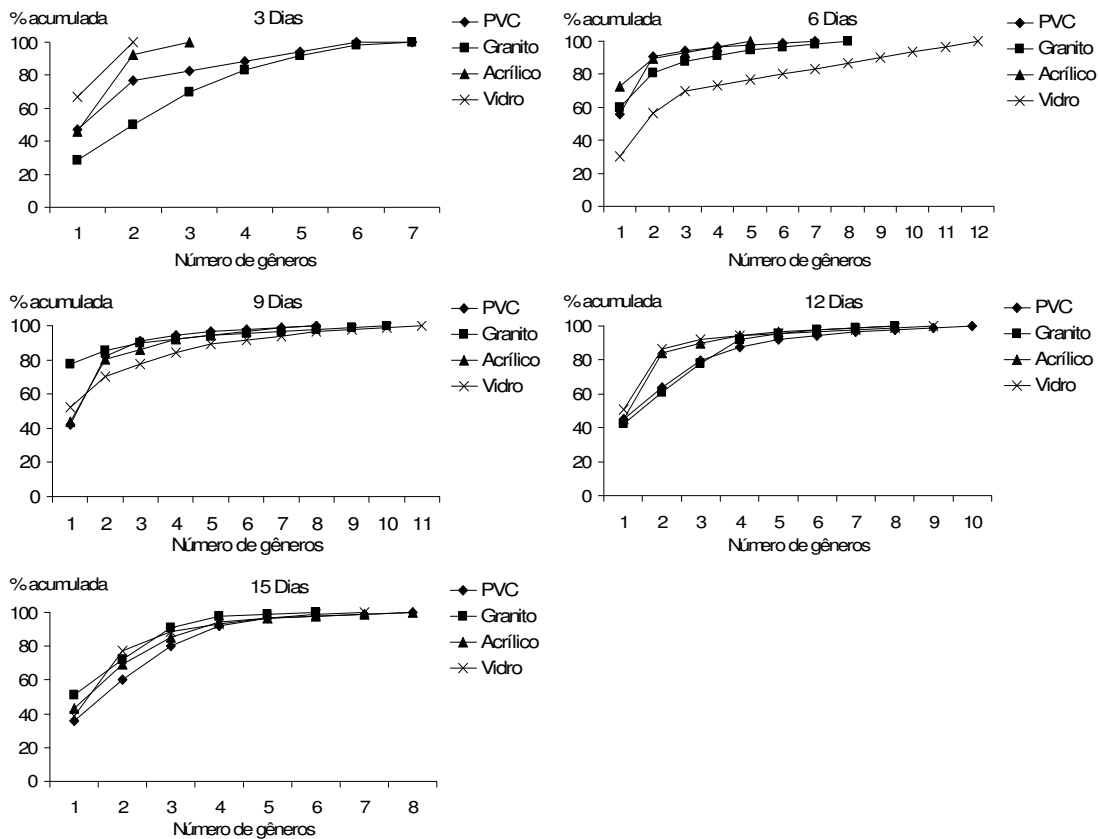


Figura 2.10: Curvas de K-Dominância (Lambshhead *et al.*, 1983) para cada tempo de amostragem comparando os materiais testados.

2.5.2.3 Variação temporal da riqueza da comunidade de nemátodes em cada material

Na primeira amostragem (3 dias), não houve diferenças significativas na composição da nematofauna que colonizou as placas para qualquer um dos materiais testados (Fig. 2.11A). Na segunda amostragem (6 dias), a comunidade formada no vidro foi significativamente diferente ($p < 0,05$) da dos outros materiais (Fig. 2.11B). De acordo com o teste SIMPER, esta diferença se deveu à baixa abundância relativa do gênero *Euchromadora* no vidro, o que contribuiu com até 51% da dissimilaridade entre este substrato e os outros. Não houve diferenças entre as comunidades na terceira amostragem (9 dias) (Fig. 2.11C). Na quarta

amostragem (12 dias), a composição faunística encontrada no substrato PVC foi significativamente diferente ($p < 0,05$) das dos outros devido à menor abundância relativa do gênero *Prochromadorella* (Fig. 2.11D).

Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas no último período amostrado (15 dias), a composição da nematofauna do substrato granito mostrou dissimilaridade, quando comparado a outros materiais pela maior abundância relativa do gênero *Euchromadora* e menor do gênero *Prochromadorella* (Fig. 2.11E). A composição faunística em cada um dos materiais testados foi significativamente diferente ($p < 0,05$) dos demais, independentemente do tempo. O principal fator responsável por essa diferença foi a menor abundância relativa do gênero *Euchromadora* no vidro, quando comparado a outros materiais. As ordenações de MDS mostraram as diferenças apontadas pelos testes de ANOSIM (Fig. 2.12) (Tab. 2.3).

Tabela 2.3: Dissimilaridade entre a abundância dos gêneros de Nematoda para os quatro substratos testados.

Situação Dissimilaridade			6 Dias	
Testada	Média %	Gêneros	Contribuição%	Acumulada%
Vidro		<i>Euchromadora</i>	49,40	49,40
X	70,61	<i>Prochromadorella</i>	26,34	75,73
PVC		<i>Neochromadora</i>	4,80	80,54
Vidro		<i>Euchromadora</i>	50,91	50,91
X	58,51	<i>Prochromadorella</i>	9,97	60,88
Granito		<i>Neochromadora</i>	7,86	68,74
Vidro		<i>Euchromadora</i>	35,51	35,51
X	58,15	<i>Prochromadorella</i>	19,11	54,62
Acrílico		<i>Neochromadora</i>	12,10	66,72
12 Dias				
PVC		<i>Euchromadora</i>	22,85	22,85
X	35,54	<i>Viscosia</i>	21,30	44,15
Granito		<i>Oncholaimus</i>	15,39	59,54

Tabela 2.3: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade entre a abundância dos gêneros de Nematoda para os quatro substratos testados (continuação).

PVC		<i>Prochromadorella</i>	29,61	29,61
X	34,03	<i>Viscosia</i>	16,97	46,58
Acrílico		<i>Euchromadora</i>	15,39	61,97
PVC		<i>Prochromadorella</i>	40,48	40,48
X	39,99	<i>Viscosia</i>	16,70	57,18
Vidro		<i>Euchromadora</i>	12,06	69,24

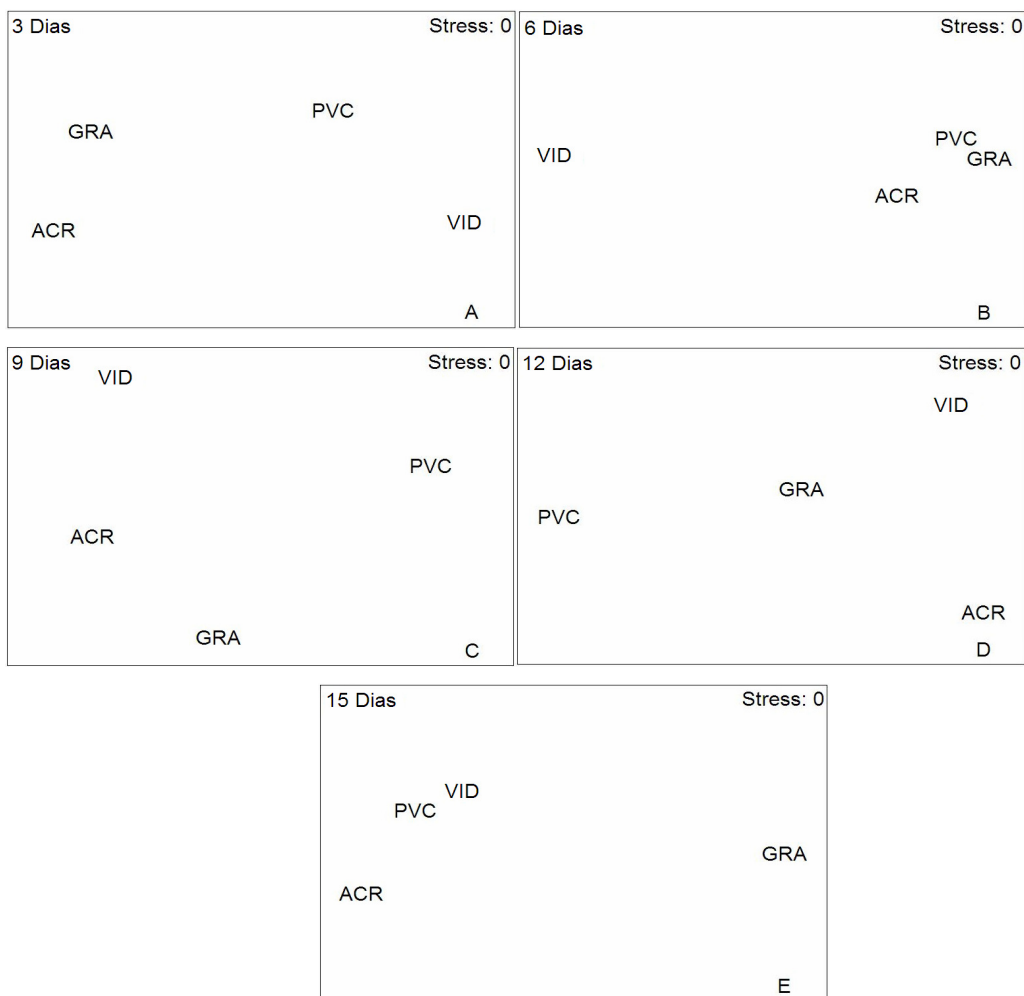


Figura 2.11: Composição da comunidade de Nematoda em cada material ao longo do tempo (A – 3 Dias, B – 6 Dias, C – 9 Dias, D – 12 Dias e E – 15 Dias).

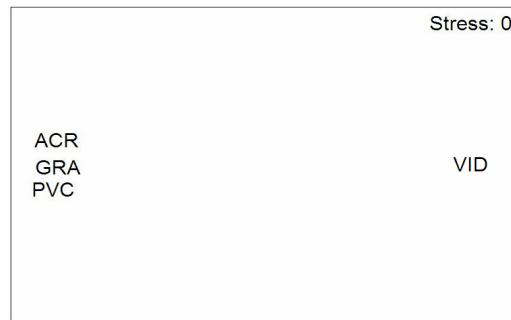


Figura 2.12: Composição da comunidade Nematoda independente do tempo.

Os resultados de SIMPER também mostraram que os gêneros mais abundantes foram também responsáveis pela maior similaridade observada entre os materiais testados. A semelhança entre as comunidades formadas sobre os diferentes materiais foi devido à presença de *Euchromadora* e *Prochromadorella*. Ambos representaram 100% de similaridade das comunidades formadas na primeira amostragem e na terceira amostragem até 95%.

2.5.2.4 Distribuição trófica

Dentre os gêneros da nematofauna identificados, apenas dois foram classificados como pertencentes ao grupo trófico 1A (comedores de depósitos seletivos), sendo estes encontrados apenas nos substratos Granito e Vidro. O grupo trófico com maior número de representantes foi o 2A (comedores de epistrato) com 23 gêneros identificados. Os grupos 1B e 2B foram representados por 7 e 6 gêneros da nematofauna respectivamente. Apenas Granito e Vidro foram colonizados por representantes de todos os quatro grupos tróficos propostos na classificação de Wieser (1953) (Tab. 2.4).

Tabela 2.4: Distribuição trófica dos gêneros de Nematoda de acordo com a classificação proposta por Wieser (1953) (1A - comedores de depósitos seletivos; 1B - comedores de depósitos não seletivos; 2A - comedores de epistrato e 2B - predadores e onívoros) por tipos de substratos.

PVC	Granito	Acrílico	Vidro
1A	1A	1A	1A
	<i>Terschellingia</i>		<i>Draconema</i>
1B	1B	1B	1B
<i>Axonolaimus</i>	<i>Daptonema</i>	<i>Daptonema</i>	<i>Daptonema</i>
<i>Daptonema</i>	<i>Theristus</i>	<i>Theristus</i>	<i>Paramicrolaimus</i>
<i>Southerniella</i>			<i>Pseudosteineria</i>
<i>Thalassomonhystera</i>			<i>Theristus</i>
2A	2A	2A	2A
<i>Acanthonchus</i>	<i>Acanthonchus</i>	<i>Acanthonchus</i>	<i>Acanthopharinx</i>
<i>Dichromadora</i>	<i>Chromadorella</i>	<i>Chromadorella</i>	<i>Bathylaimus</i>
<i>Endeolophos</i>	<i>Chromadorina</i>	<i>Dichromadora</i>	<i>Camacolaimus</i>
<i>Euchromadora</i>	<i>Dichromadora</i>	<i>Euchromadora</i>	<i>Euchromadora</i>
<i>Graphonema</i>	<i>Euchromadora</i>	<i>Innocuonema</i>	<i>Graphonema</i>
<i>Metachromadora</i>	<i>Graphonema</i>	<i>Microlaimus</i>	<i>Innocuonema</i>
<i>Neochromadora</i>	<i>Monoposthia</i>	<i>Prochromadorella</i>	<i>Metachromadora</i>
<i>Onchium</i>	<i>Neochromadora</i>		<i>Neochromadora</i>
<i>Prochromadorella</i>	<i>Prochromadorella</i>		<i>Paracanthonchus</i>
<i>Steineridora</i>	<i>Spiliphera</i>		<i>Paracyatholaimus</i>
<i>Syringolaimus</i>			<i>Prochromadorella</i>
			<i>Spiliphera</i>
			<i>Spilophorella</i>
2B	2B	2B	2B
<i>Oncholaimus</i>	<i>Hypodontolaimus</i>	<i>Methoncholaimus</i>	<i>Methoncholaimus</i>
<i>Viscosia</i>	<i>Oncholaimus</i>	<i>Oncholaimus</i>	<i>Oncholaimus</i>
	<i>Ptycholaimellus</i>	<i>Viscosia</i>	<i>Scaptrella</i>
	<i>Viscosia</i>		<i>Viscosia</i>

2.6 Discussão

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram que placas compostas por diferentes materiais artificiais com diferentes superfícies podem servir de substrato para uma rica comunidade de meiofauna em comparação aos substratos consolidados naturais.

Dentre os grupos taxonômicos da meiofauna, o grupo Amphipoda foi o mais abundante em todos os substratos. Porém, esta alta abundância só se tornou mais evidente a partir do 9º dia de experimento. O grupo Nematoda foi o segundo grupo mais abundante e teve um crescimento em abundância ao longo de todo o tempo do experimento. A composição dos grupos taxonômicos que colonizaram os substratos artificiais foi semelhante. O aumento na abundância dos principais grupos da meiofauna parece ter acompanhado a colonização pelos macroincrustantes como os cirrípedes e os hidrozoários. Os macroincrustantes podem ter agido como facilitadores para a colonização e permanência nos substratos, principalmente do grupo Amphipoda que é típico do fital e teve maior crescimento a partir da segunda metade do experimento. Dentre os grupos menos abundantes do estudo, pôde-se destacar a presença do grupo Picnogonida, também típico do fital, que foi encontrado em todos os substratos apenas a partir do 12º dia de experimento. Os relatos da literatura onde se afirma que a meiofauna é capaz de colonizar uma variedade de substratos tanto naturais (Ruthledge e Fleeger, 1993; Williamson e Cretense, 1996; Danovaro e Fraschetti, 2002) quanto artificiais (Atilla e Fleeger, 2000; Atilla *et al.*, 2003) corroboram os resultados encontrados aqui.

As diferenças detectadas entre as comunidades de meiofauna ao longo do tempo se devem principalmente às diferenças de abundância de alguns táxons entre os substratos. Os testes de SIMPER revelaram que o principal responsável pelas diferenças observadas foi o grupo Amphipoda que apresentou diferenças significativas de abundância entre os diferentes materiais testados.

A composição da comunidade de meiofauna aqui encontrada foi semelhante à comunidade de fital (Da Rocha, 2003; Lage, 2005). É possível afirmar que esta semelhança se deveu ao fato de que o experimento foi instalado próximo a um banco de arenito, onde cresce sazonalmente a macroalga *Sargassum furcatum* e também a costões rochosos, onde se fixa uma variedade de macroalgas. As macroalgas e gramíneas marinhas são conhecidas por contribuir para a meiofauna

que se dispersa na coluna de água e assim se torna capaz de colonizar novos substratos (Walters e Bell, 1994).

Os resultados deste estudo mostraram que os substratos aqui utilizados, compostos por diferentes materiais, podem ser colonizados por uma diversa nematofauna. Embora as diferenças significativas encontradas entre as comunidades nematofaunísticas formadas em cada um dos materiais testados tenham sido pequenas, o número de gêneros encontrados em cada substrato sempre variou com o tipo de material.

O mesmo número de gêneros de Nematoda foi encontrado no granito e no PVC. Embora o acrílico tenha uma superfície lisa, relativamente similar ao vidro, a comunidade de Nematoda formada sobre este material foi aquela com a menor variedade de gêneros, dentre todos os materiais testados neste experimento. Reconhecimento e preferência por substratos são características descritas para muitos táxons com fases de vida planctônicas (McKinney e McKinney, 2002; Harrington *et al.*, 2004; Vermeij, 2005), mas ainda pouco conhecidas para a meiofauna. O reconhecimento adequado seguido da aderência e do crescimento são características que seriam seletivas em espécies incrustantes, e estes processos são influenciados pelo tipo de substrato (Tyrrell e Byers, 2007). Por exemplo, Anderson e Underwood (1994) relataram maior recrutamento de ostras e cracas em concreto e madeira do que em dois tipos de substratos artificiais. Do mesmo modo, Bulleri (2005) descreveu diferentes padrões de recrutamento de organismos epibênticos em bancos de arenito versus costões rochosos. A composição de uma superfície pode influenciar o desenvolvimento das assembléias, mas não se sabe até que ponto a composição da superfície pode ser responsável por diferenças em assembléias entre os diferentes substratos (Glasby, 2000).

A rugosidade do substrato é reconhecida como um fator importante para a colonização de várias espécies de invertebrados sésseis com fase larval planctônica. É possível que o processo de colonização para a comunidade nematofaunística sobre superfícies lisas, tais como o vidro, seja semelhante ao observado para invertebrados sésseis. Substratos com superfícies lisas tendem a ser colonizados mais lentamente e com menor abundância de indivíduos do que aqueles com superfície com maior rugosidade (Crisp, 1961; Crisp e Barnes, 1954). Ainda assim, o fato de a comunidade formada sobre o vidro ter sido mais diversificada do que as formadas em outros substratos permanece desconhecido.

Várias características das superfícies foram registradas, pelo menos em alguns experimentos, influenciando o número e tipos de organismos que assentam em superfícies artificiais, por exemplo, textura (Pomerat e Weiss, 1946; Harlin e Lindbergh, 1977; Veillette *et al.*, 2007), complexidade (Hixon e Brostoff, 1985; Bourget *et al.*, 1994; Lemire e Bourget, 1996; Walters e Wethey, 1996), tamanho (Jackson, 1977; Keough, 1984a; Butler, 1991), composição (Caffey, 1982; Raimondi, 1988; McGuinness, 1989; Anderson e Underwood, 1994) e cor (Pomerat e Reiner, 1942; James e Underwood, 1994) do substrato.

O material que teve o maior número de gêneros foi o vidro, que também tinha menor densidade e diversidade de gêneros no início do experimento. O estudo de Veillette *et al.* (2007) sobre a colonização de foraminíferos em nódulo de manganês no Pacífico abissal mostrou que mais espécies estavam concentradas em superfícies lisas do que em superfícies ásperas. Seus achados foram semelhantes aos de Mullineaux (1989), que concluiu que esta distribuição faunística provavelmente resultou da interação entre a textura, o fluxo e a disponibilidade de partículas de alimentos, e não a textura somente. Diferenças entre superfícies lisas e rugosas podem ser grandes o suficiente para ser detectadas por larvas de invertebrados (Mullineaux, 1989) e possivelmente também pela nematofauna.

Segundo o estudo de Herbert e Hawkins (2006), apesar da forte relação entre a rugosidade superficial e o recrutamento, a rugosidade foi responsável por uma pequena parte da variação do recrutamento de cracas entre diferentes superfícies. Os autores alegaram também que outros fatores, como a presença e tipo de formação de biofilmes sobre vários tipos de superfície, podem mediar diferentes processos de colonização. Assim, é possível supor que a maior diversidade de Nematoda no substrato de vidro em relação aos outros é devido a alguns fatores como a presença e qualidade do biofilme formado e que a rugosidade da superfície pode ter sido um fator secundário. Por outro lado, embora a superfície do acrílico seja quase tão lisa como a do vidro, a diversidade de nematofauna foi a mais baixa registrada entre os diferentes materiais. É possível também que isto se deva ao tipo de formação de biofilme sobre o acrílico, que pode ter sido menos atraente para nematofauna do que o formado sobre o vidro. Embora neste estudo não tenha sido avaliado o biofilme formado sobre os substratos, é possível que este tenha uma composição diferenciada para cada material e isto pode ter sido um dos

fatores responsáveis pelas diferenças encontradas nas comunidades nematofaunísticas.

Um total de 38 gêneros de Nematoda foi registrado para o presente estudo e diferem do número encontrado no estudo de Fonseca-Genevois *et al.* (2006), no qual foi encontrado um total de 19 gêneros de Nematoda em toda a sucessão da comunidade meiofaunística sobre placas de alumínio. Exceto por *Prochromadorella*, todos os outros gêneros que foram comuns a todos os substratos testados, foram também encontrados no estudo das placas de alumínio de Fonsêca-Genevois *et al.* (2006). Outros gêneros comuns também foram dominantes em outros estudos realizados na mesma área (Da Rocha (2003) - *Sargassum furcatum*; Fonsêca-Genevois *et al.* (2004) - sedimentos; Lage (2005) - em algas calcárias articuladas em costão rochoso a cerca de 500m da área do presente estudo). Outros, como *Prochromadorella*, *Chromadorina* e *Oncholaimus* foram os gêneros de nematóides mais abundantes em *piers* (Atilla *et al.*, 2003). Com exceção dos sedimentos próximos a área de teste, avaliados por Fonsêca-Genevois *et al.* (2004), *Euchromadora* também foi dominante nos outros estudos próximos a essa mesma área.

Foi possível observar que entre os gêneros da família Oncholaimidae houve um crescimento em abundância relativa ao longo do tempo para todos os materiais testados. Eles se mostraram mais abundantes a partir da segunda metade do experimento. Em contrapartida, os gêneros da família Chromadoridae foram encontrados durante todo o período do experimento em todos os substratos. Para o substrato Granito, a maior diversidade de gêneros da família Chromadoridae ocorreu até a primeira metade do experimento e ficou menor na segunda metade. O mesmo comportamento não foi observado para os demais substratos.

Neste estudo, não foi possível observar uma sucessão de gêneros de Nematoda ao longo do tempo para qualquer dos substratos testados, como relatado no estudo de Fonsêca-Genevois *et al.* (2006) em placas de alumínio. É possível que esta sucessão não tenha sido detectada visto o curto espaço de tempo em que este experimento foi conduzido.

Os gêneros mais abundantes em todos os materiais ao longo do tempo do experimento foram *Euchromadora* e *Prochromadorella*. Os mesmos gêneros também foram os principais responsáveis pela similaridade observada entre as comunidades. Só no final do experimento, o gênero *Oncholaimus* surgiu como um

dos principais responsáveis pela similaridade registrada. Os gêneros mais abundantes encontrados aqui foram também comumente encontrados em abundância nas comunidades do fital. Este padrão de colonização pode resultar da proximidade de um banco de arenito coberto por *Sargassum furcatum*.

Na nematofauna, a proporção de cada grupo trófico depende da disponibilidade de alimento (Wieser, 1953). O grupo dos comedores de epistrato (2A) apresentou um grande número de gêneros em todos os substratos testados que, de acordo com Warwick (1977), também é comum para as comunidades do fital. No Granito e no Vidro a presença de comedores de depósitos seletivos (1A) não foi observada. Entre os 21 gêneros de nematóides observados para o grupo trófico 2A, 15 também foram identificados para as comunidades do fital estudadas perto da área de implantação do presente experimento (Da Rocha, 2003; Lage, 2005). Em um estudo realizado na mesma área com mímicas de *Sargassum*, 5 gêneros foram também registrados em comum (Nunes, 2003). Dos gêneros registrados neste estudo, 15 também foram encontrados em sedimentos de área vizinha (Fonseca-Genevois *et al.*, 1998) e apenas 2 (*Onchium* e *Southerniella*) ainda não tinham sido registrados para a região de Arraial do Cabo.

Dentre as 154 ocorrências de gêneros de Nematoda que já foram registrados nesta área, apenas uma pequena parte (38) foi encontrada neste estudo. Este resultado reforça a idéia de que a capacidade de dispersão passiva entre gêneros de nematóides difere devido a características comportamentais (Ullberg e Olafsson, 2003) e a posição dos nematóides nos sedimentos, que podem afetar as suas chances de ser ressuspendidos (Commito e Tita, 2002). Assim, a predominância de nematóides comedores de epistrato nas estruturas experimentais deste estudo está em consonância com a observação de que muitas vezes eles habitam sobre ou próximo à superfície dos sedimentos (Eskin e Palmer, 1985; Commito e Tita, 2002) e dominam as assembléias de nematóides epifíticos (Heip *et al.*, 1985). Respostas espécie-específicas ao fluxo e diferenças em habilidades de migração/natação ativa são conhecidas ocorrendo entre os habitantes dos sedimentos (Thistle *et al.*, 1995; Palmer, 1984) e meiofauna do fital (Walters e Bell, 1994). Estas diferenças podem levar a uma variação na entrada na coluna de água e, portanto, o fornecimento de colonistas (Atilla *et al.*, 2003).

De acordo com os dados obtidos aqui, a comunidade de Nematoda parece ter comportamento diferente de colonização baseado no tipo de superfície do substrato

e é possível que responda também às diferenças de formação do biofilme nestes diferentes substratos. Os resultados deste estudo contribuíram com um pouco mais de conhecimento sobre a dinâmica de colonização das comunidades de meiofauna e especialmente da nematofauna em substratos artificiais. Outros estudos mais detalhados, tendo em vista outros fatores que possam influenciar esta dinâmica, como processos biológicos e oceanográficos, precisam ser efetuados no sentido de um entendimento mais amplo, que poderá conduzir à produção de modelos para caracterizar a dinâmica destas comunidades.

Embora todos os substratos utilizados tenham sido colonizados de forma eficiente pela meiofauna e especialmente pela nematofauna, alguns fatores precisam ser levados em conta na escolha de um substrato artificial para um estudo mais detalhado sobre os processos de colonização. Embora o substrato Vidro tenha sido colonizado pela maior variedade de gêneros de Nematoda, esta colonização foi a mais lenta, provavelmente devido à superfície mais lisa. Além disso, este substrato precisa ser manuseado com mais cuidado que os demais, devido às suas características frágeis. O substrato Granito foi colonizado rapidamente e eficientemente logo no início do experimento. Porém, como sua superfície é muito semelhante à dos substratos naturais e, em se tratando de um estudo com substratos artificiais, este não seria a melhor escolha. No Acrílico foi encontrada a menor variedade de gêneros da nematofauna e, embora sua superfície seja quase tão lisa quanto a do vidro, este pareceu menos eficiente em termos de colonização. O substrato PVC apresentou uma variedade de gêneros de nematoda parecida com a do Granito e também foi colonizado de forma rápida. Este material foi escolhido para o experimento do capítulo seguinte por ter apresentado um processo de colonização eficiente desde o início do experimento e por ser de fácil manuseio e instalação em campo.

2.7 Referências

- Albertelli, G., Covazzi, A., Danovaro, R., Fabiano, M., Frascchetti, S., Pusceddu, A., (1999). Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): role of food availability. *J. Sea. Res.*, 42: 11–26.
- Anderson, M.J., Underwood, A.J. (1994). Effects of substratum on the recruitment and development of an intertidal estuarine fouling assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 184: 217–236.
- Armonies, W. (1994). Drifting meio- and macrobenthic invertebrates on tidal flats in Königshafen: a review. *Helgol Meeres.*, 48: 299–320.
- Atilla, N., Fleeger, J.W. (2000). Meiofaunal colonization of artificial substrates in an estuarine embayment. *PSZN I Mar. Ecol.*, 21(1): 69–83.
- Atilla, N., Wetzel, M.A., Fleeger, J.W. (2003). Abundance and colonization potential of artificial hard substrate-associated meiofauna. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 287: 273–287.
- Bodin, P.H. (1977). Les peuplements de Copépodes Harpacticóides (Crustacea) des sédiments meubles de la zone intertidale des côtes charentaises (Atlantique). *Mém. Mus. Natn. Hist. Nat., Paris, nouv. Sér.*, 104: 1-120.
- Bourget, E., DeGuise, J., Daigle, G. (1994). Scales of substratum heterogeneity, structural complexity, and the early establishment of a marine epibenthic community. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 181: 31–51.
- Branco, F.V. (2000). Análise de dados de circulação (Enseada dos Anjos – Arraial do Cabo – Rio de Janeiro) com base nos dados de Perfilador Acústico Doppler de Correntes (ADCP). Monografia. Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Bulleri, F. (2005). Role of recruitment in causing differences between intertidal assemblages on seawalls and rocky shores. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 287: 53–64.
- Butler, A.J. (1991). Effect of patch size on communities of sessile invertebrates in Gulf St. Vincent, South Australia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 153: 255–280.
- Caffey, H.M. (1982). No effect of naturally occurring rock types on settlement or survival in the intertidal barnacle *Tessieropora rosea* (Krauss). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 63: 119–132.

- Castro, B.C., Echeverria, C.A., Pires, D.O., Mascarenhas, B.J.A., Freitas, S.G. (1995). Distribuição de Cnidaria e Echinodermata no infralitoral de costões rochosos de Arraial do Cabo, RJ – Brasil. *Rev. Bras. Biol.*, 55(3): 471–480.
- Chinnadurai, G., Fernando, O.J. (2007). Meiofauna of mangroves of the southeast coast of India with special reference to the free-living marine nematode assemblage. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 72: 329–336.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M. (1994). *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. Plymouth: Plymouth Mar Lab, UK.
- Commito, J.A., Tita, G. (2002). Differential dispersal rates in an intertidal meiofauna assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 268: 237–256.
- Coull, B.C. (1988). *Ecology of the marine meiofauna. Introduction to the Study of Meiofauna*. Smithsonian Inst. Press, Washington, DC., 18–38.
- Crisp, D.J. (1961). Territorial behaviour in barnacle settlement. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 38: 429–446.
- Crisp, D.J., Barnes, H. (1954). The orientation and distribution of barnacles at settlement. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 38: 429–446.
- Crisp, D.J., Ryland, J.S. (1960). Influence of filming and of surface texture on the settlement of marine organisms. *Nature*, 185: 119.
- Da Rocha, C.M. (2003). *Efeito do substrato fital na comunidade meiofaunística associada, com ênfase aos Nematoda livres*. Tese de Doutorado em Oceanografia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco. 117p.
- Danovaro, R., Fraschetti, S. (2002). Meiofaunal vertical zonation on hard-bottoms: comparison with soft-bottom meiofauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 230: 159–169.
- Danovaro, R., Dinet, A., Duineveld, G., Tselepidis, A. (1999). Benthic response to a particulate fluxes in different trophic environments: a comparison between the Gulf of Lions-Catalan Sea (western- Mediterranean) and the Cretan Sea (eastern- Mediterranean). *Prog. Oceanogr.*, 44: 287–312.
- De Grisse, A.T. (1969). Description ou modification de quelques techniques utilisé dans l'étude des nematodes phytoparasitaires. *Mededelingen Rijkfakulteit Laandwwe Tenschappen Gent*, 34: 351–369.
- De Patra, K.D., Levin, L.A. (1989). Evidence of the passive deposition of meiofauna into fiddler crab burrows. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 125: 173–192.
- Eskin, R.A., Palmer, M.A. (1985). Suspension of marine nematodes in a turbulent tidal creek: species patterns. *Biol. Bull.*, 169: 615–623.

- Fegley, S.R. (1988). A comparison of meiofaunal settlement onto the sediment surface and recolonization of defaunated sandy sediment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 123: 97–113.
- Ferreira, C.E.L. (1998). *Partilha de recursos por herbívoros em um costão rochoso tropical, Arraial do Cabo, RJ*. Tese de Doutorado em Ecologia. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, São Carlos, SP, Universidade Federal de São Carlos, 87p.
- Fonsêca-Genevois, V., Dos Santos, G.A.P., De Castro, F.J.V., Botelho, A.P., De Almeida, T.C.M., Coutinho, R. (2004). Biodiversity of marine nematodes from an atypical tropical coastal area affected by upwelling (Rio de Janeiro, Brazil). *Meiofauna Marina*, 13: 37–44.
- Fonsêca-Genevois, V., Somerfield, P.J., Neves, M.H.B., Coutinho, R., Moens, T. (2006). Colonization and early succession on artificial hard substrata by meiofauna. *Mar. Biol.*, 148: 1039–1050.
- Fonsêca-Genevois, V., Almeida, T.C.M., Coutinho, R., Silva, F.F. (1998). Efeito de umbanco de *Sargassum furcatum* Kützing sobre a meiofauna no infralitoral da Ilha de Cabo Frio – Rio de Janeiro – Brasil. *Acta Biol. Leopold.*, 20(2): 187–199.
- Gibbons, M.J. (1988a). The impact of sediment accumulations, relative habitat complexity and elevation on rocky shore meiofauna. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 122: 225–241.
- Gibbons, M.J. (1988b). The impact of wave exposure on the meiofauna of *Gelidium pristoides* (Turner) Kuetzing (Gelidiales: Rhodophyta). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 27: 581–593.
- Glasby, T.M., Connell, S. (1999). Urban structures as marine habitats. *Ambio*, 28(7): 595–598.
- Glasby, T.M. (2000). Surface composition and orientation interact to affect subtidal epibiota. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 248: 177–190.
- Guimaraens, M.A., Coutinho, R. (1996). Spatial and temporal variation of benthic marine algae at Cabo Frio upwelling region. Rio de Janeiro, Brasil. *Aquatic Bot.*, 52: 283–299.
- Gwyther, J., Fairweather, P.G. (2005). Meiofaunal recruitment to mimic pneumatophores in a cool-temperate mangrove forest: spatial context and biofilm effects. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 317: 69–85.

- Harlin, M.M., Lindbergh, J.M. (1977). Selection of substrata by seaweeds: optimal surface relief. *Mar. Biol.*, 40: 33–40.
- Harrington, L., Fabricius, K., De'Ath, G., Negri, A. (2004). Recognition and selection of settlement substrata determine post-settlement survival in corals. *Ecology*, 85: 3428–3437.
- Heip, C., Vincx, M., Vranken, G. (1985). The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 23: 399–489.
- Herbert, R.J.H., Hawkins, S.J. (2006). Effect of rock type on the recruitment and early mortality of the barnacle *Chthamalus montagui*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 334: 96–108.
- Hicks, G.R.F., Coull, B.C. (1983). The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 21: 67–175.
- Hicks, G.R.F. (1980). Structure of phytal harpacticoid copepod assemblages and the influence of habitat complexity and turbidity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 44: 157–192.
- Hicks, G.R.F. (1985). Meiofauna associated with rocky shore algae. In: Moore, P.G., Seed, R. (Eds.). *The Ecology of Rocky Coasts*. Hodder and Stoughton, London. 36–64.
- Hixon, M.A., Brostoff, W.N. (1985). Substrate characteristics, fish grazing, and epibenthic reef assemblages off Hawaii. *Bull. Mar. Sci.*, 37: 200–213.
- Jackson, J.B.C. (1977). Competition on marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. *Am. Nat.*, 111: 743–767.
- James, R.J., Underwood, A.J. (1994). Influence of colour of substratum on recruitment of spirorbid tubeworms to different types of intertidal boulders. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 181: 105–115.
- Jensen, P. (1981). Phyto-chemical sensitivity and swimming behavior of the free-living marine nematode *Chromadorita tenuis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 4: 203–206.
- Keough, M.J. (1984). Effects of patch size on the abundance of sessile marine invertebrates. *Ecology*, 65: 423–437.
- Lage, L.M. (2005). *Distribuição espaço-temporal da meiofauna associada a algas epilíticas em costão rochoso, com ênfase aos nematoda livres (Arraial do Cabo – Rio de Janeiro, Brasil)*. Dissertação de mestrado em Biologia Animal, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 156p.

- Lambshead, P.J.D.; Platt, H.M., Shaw, K.M. (1983). The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on a assessment of dominance and diversity. *J. Nat. Hist.*, 17: 859-874.
- Lemire, M., Bourget, E. (1996). Substratum heterogeneity and complexity influence micro-habitat selection of *Balanus* sp. and *Tubularia crocea* larvae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 135: 77–87.
- Lorenzen, S. (1994). *The phylogenetic systematic of freeliving nematodes*. London: Ray society, 383p.
- McGuinness, K.A. (1989). Effects of some natural and artificial substrata on sessile marine organisms at Goleta Reef, Panama. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 52: 201–208.
- McKinney, F.K., McKinney, M.J. (2002). Contrasting marine larval settlement patterns imply habitat-seeking behaviours in a fouling and cryptic species (phylum Bryozoa). *J. Nat. Hist.*, 26: 487–500.
- Mirto, S., Danovaro, R. (2004). Meiofaunal colonisation on artificial substrates: a tool for biomonitoring the environmental quality on coastal marine systems. *Mar. Poll. Bull.*, 48: 919–926.
- Mullineaux, L.S. (1989). Vertical distributions of the epifauna on manganese nodules: implications for settlement and feeding. *Limnol. Oceanogr.*, 34: 1247–1262.
- Nunes, J.L.S. (2003). *Colonização da meiofauna em ambientes algal e mimético do infralitoral da ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo – RJ, Brasil*. Dissertação de mestrado em Oceanografia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 77p.
- Palmer, M.A. (1984). Invertebrate drift: behavioral experiments with intertidal meiobenthos. *Mar. Behav. Physiol.*, 10: 235–253.
- Palmer, M.A. (1988). Dispersal of marine meiofauna: a review and conceptual model explaining passive transport and active emergence with implications for recruitment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 48: 81– 91.
- Platt, H.M., Warwick, R.M. (1983). *Free Living Marine Nematodes. British Enoplids*. Cambridge: Cambridge University Press, 307p.
- Platt, H.M., Warwick, R.M. (1988). *Free Living Nematodes. British Cromadorids*. Cambridge: Cambridge University Press, 502p.
- Pomerat, C.M., Reiner, E.R. (1942). The influence of surface angle and of light on the attachment of barnacles and other sedentary organisms. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole*, 82: 14–25.

- Pomerat, C.M., Weiss, C.M. (1946). The influence of texture and composition of surface on the attachment of sedentary marine organisms. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole*, 91: 57–65.
- Qvarfordt, S., Kautsky, H., Malm, T. (2004). Development of fouling communities on vertical structures in the Baltic Sea. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 67: 618–628.
- Raimondi, P.T. (1988). Rock type affects settlement, recruitment, and zonation of the barnacle *Chthamalus anisopoma* Pilsbury. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 123: 253–267.
- Rodrigues, R.R., Lorenzetti, J.A. (2001). A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on Southeast Brazilian coastal upwelling. *Cont. Shelf. Res.*, 21: 371–394.
- Rutledge, P.A., Fleeger, J.W. (1993). Abundance and seasonality of meiofauna, including harpacticoid species, associated with stems of the salt marsh cord grass, *Spartina alterniflora*. *Estuaries*, 16: 760–768.
- Sun, B., Fleeger, J.W. (1994). Field experiments on the colonization of meiofauna into sediment depressions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 110: 167–175.
- Thistle, D., Weatherly, G.L., Ertman, S.C. (1995). Shelf harpacticoid copepods do not escape into the seabed during winter storms. *J. Mar. Res.*, 53: 847–863.
- Todd, C.D., Keough, M.J. (1994). Larval settlement in hard substratum epifaunal assemblages: a manipulative field study of the effects of substratum filming and the presence of incumbents. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 181: 159–187.
- Tyrrell, M.C., Byers, J. E. (2007). Do artificial substrates favor nonindigenous fouling species over native species? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 342: 54–60.
- Ullberg, J., Olafsson, E. (2003). Free-living marine nematodes actively choose habitat when descending from the water column. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 260: 141–149.
- Valentin, J. (1984). Analyses des paramètres hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). *Mar. Biol.*, 82: 259–276.
- Veillette, J., Juniper, S.K., Gooday, A.J., Sarrazin, J. (2007). Influence of surface texture and microhabitat heterogeneity in structuring nodule faunal communities. *Deep-Sea Res.*, 54: 1936–1943.
- Vermeij, M.J.A. (2005). Substrate composition and adult distribution determine recruitment patterns in a Caribbean brooding coral. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 295: 123–133.

- Vopel, K., Arlt, G. (1995). The fauna of floating cyanobacterial mats in the oligohaline eulittoral zone of Hidensee (SW coast of the Baltic Sea). *PSZN I Mar. Ecol.*, 16: 217–231.
- Walters, K., Bell, S.S. (1986). Diel patterns of active vertical migration in seagrass meiofauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 34: 95–103.
- Walters, K., Bell, S.S. (1994). Significance of copepod emergence of benthic, pelagic and phytal linkages in a subtidal seagrass bed. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 108: 237–249.
- Walters, L.J., Wethey, D.S. (1996). Settlement and early post-settlement survival of sessile marine invertebrates on topographically complex surfaces: the importance of refuge dimensions and adult morphology. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 137: 161–171.
- Warwick, R.M. (1977). The structure and seasonal fluctuations of phytal marine nematode associations on the Isles of Sicily. In: Keegan, B.F., Ceidigh, P.O., Booden, P.J.S. (Eds.). *Biology of Benthic Organisms. Proc. 11th European Marine Biology Symposium*. Pergamon, Oxford, 557–585.
- Warwick, R.M., Gee, J.M. (1984). Community structure of estuarine meiobenthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 18: 97–111.
- Warwick, R.M., Platt, H.M., Somerfield, P.J. (1998). *Freeliving marine nematodes. Part III. Monhysterids. Synopses of the British Fauna (New Series) N^o. 53*. Field Studies Council, Shrewsbury, UK, 296p.
- Wieser, W. (1953). Die Beziehung zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen freilebenden marinen Nematoden. *Arkiv. Zool.*, 4: 439–483.
- Williamson, J.E., Cretese, R.G. (1996). Colonisation and persistence of patches of the crustose brown alga *Pseudolithoderma* sp. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 203: 191–208.
- Wisely, B. (1959). Factors influencing the settling of the principal marine fouling organisms in Sydney Harbour. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 10: 30–44.

Capítulo 3

**Colonização e sucessão da meiofauna em
substrato artificial consolidado, com especial
ênfase aos nemátodes marinhos**

3.1 Introdução

O conhecimento da dinâmica da comunidade meiofaunística em ambientes de substrato duro é incipiente, se comparado com ambientes de praias arenosas (Medeiros, 1989; Silva *et al.*, 1991; Santos e Silva, 1992; Esteves 1995; Da Rocha, 1991; Bezerra, 1994; Silva, 1997; Bezerra *et al.*, 1997; Santos, 1999; Santos *et al.*, 2000).

A posição e o papel da meiofauna nos processos de incrustação têm, até agora, recebido pouca atenção. Comunidades meiofaunísticas em substratos duros tendem a ser radicalmente diferentes daquelas dos sedimentos vizinhos (Atilla e Fleeger, 2000; Danovaro e Fraschetti, 2002; Atilla *et al.*, 2003), mas a dinâmica da sucessão e da colonização destes organismos e seu papel nos processos de incrustações permanecem desconhecidos.

Dentre os grupos da meiofauna, os Nematoda destacam-se como os invertebrados de maior abundância e riqueza de espécies (Heip *et al.*, 1982). Os Nematoda livres apresentam ampla distribuição horizontal e vertical em escala global, distribuindo-se desde a região costeira até grandes profundidades oceânicas e em todas as latitudes. Além disso, sabe-se que ocorrem em uma grande variedade de habitats, algumas vezes extremos, incluindo o biofilme microbiano em substratos duros (Atilla *et al.*, 2003).

Como outros organismos da meiofauna, nemátodes têm, no entanto, capacidade de dispersão muito limitada. Eles não apresentam estágios pelágicos, mas suspensos na água, nemátodes podem sobreviver por períodos desconhecidos de tempo. Conseqüentemente, ressuspensão e transporte passivo pelas correntes de águas podem ter importante influência em seu recrutamento (permanentemente ou temporariamente) em substratos submersos (Palmer e Gust, 1985). Deste modo, ainda não está claro o processo fisiológico pelo qual os nemátodes, sem qualquer tipo de estrutura preênsil, podem habitar outro substrato que não seja o meio intersticial. Uma hipótese recentemente sustentada por Fonsêca-Genevois *et al.* (2004) sugere que só os bons produtores de muco podem colonizar nichos especiais, tais como placas de metal suspensas na coluna de água.

A questão sobre o papel da dispersão passiva na colonização de Nematoda em substratos consolidados ainda não foi adequadamente estudada. Em amostras de plâncton, nemátodes são frequentemente observados, embora não apresentem

estágio de dispersão pelágico (Palmer, 1984, 1988). Ullberg e Ólafsson (2003), no entanto, desafiaram a concepção de que nemátodes são partículas passivas na coluna de água mostrando que são capazes de deixar ativamente o sedimento quando colonizam a coluna de água. Além disto, pode-se citar a notável capacidade de nemátodes oncholaimídeos de flutuar (Moens, dados não publicados). Outro nemátode, do gênero *Chromadorina*, foi observado emergindo do sedimento e nadando para o substrato algal, provavelmente em resposta a sinais químicos emitidos pela alga ou suas epífitas (Jensen, 1981).

Quimiotaxia em pequenas distâncias é provavelmente a característica mais comum em nemátodes aquáticos (Riemann e Schrage, 1988; Moens *et al.*, 1999; Höckelmann *et al.*, 2004). Em experimentos laboratoriais observou-se a mobilidade dos Nematoda (Moens e Vincx, 1998), mas, segundo Palmer (1986), quando suspensos na água, permanecem com contrações musculares, produzindo movimentos sem direção definida, constatando sua ineficiência no deslocamento na coluna de água (Palmer e Molloy, 1986).

Em geral, nemátodes não são considerados bons nadadores (Palmer, 1984) e, em vista de seu pequeno tamanho, seria pouco provável que conseguissem colonizar, por exemplo, substratos suspensos a aproximadamente três metros do sedimento. Pode ser que a colonização de tais estruturas por nemátodes seja uma combinação de dispersão passiva, através de ressuspensão e de movimentação ativa em curtas distâncias. A capacidade de dispersão passiva difere entre os nemátodes, baseada em características morfológicas, bem como, comportamentais (Ullberg e Ólafsson, 2003), e o comportamento e a posição dos nemátodes no sedimento podem afetar suas chances de ser ressuspensos (Commito e Tita, 2002).

Os processos de dispersão da meiofauna, via coluna de água, podem se dar de várias maneiras: erosão/suspensão, emergência/suspensão e transporte tipo balsa (Giere, 2009). Os mecanismos de erosão e suspensão são os mais relevantes em área de maior hidrodinamismo, devido às correntes de maré e a quebra das ondas que removem o sedimento, suspendendo a meiofauna das camadas mais superficiais, alterando, conseqüentemente, o padrão de distribuição nos agregados. O hidrodinamismo atua, assim, como superfator, tanto na disposição dos sedimentos como na ressuspensão da meiofauna, que passivamente se dispersa na coluna líquida. Alguns organismos da meiofauna são frequentemente encontrados no

plâncton, sendo carregados por ondas e marés (Bell e Sherman, 1980; Hagerman e Rieger, 1981; Chandler e Fleeger, 1983; Fleeger e Decho, 1987; Palmer, 1990).

Uma outra importante questão é como os Nematoda desprovidos de qualquer estrutura preênsil são capazes de colonizar substratos suspensos na coluna d'água em posição vertical e sob considerável força hidrodinâmica (Fonseca-Genevois *et al.*, 2006). No estudo de Fonseca-Genevois *et al.* (2006) foi observado que nemátodes do gênero *Oncholaimus* se ancoravam nas placas com suas caudas provavelmente através da secreção de muco pelas glândulas caudais.

No trabalho realizado por Antoniadou *et al.* (2010), onde foi estudada a colonização por espécies bentônicas sésseis e vágeis em painéis artificiais (cimento e cerâmica), os únicos grupos encontrados que não foram identificados em nível de espécie foram Nematoda e Copepoda, sendo estes os únicos grupos representativos da meiofauna permanente descritos naquele estudo. Dentre os demais táxons citados, alguns são considerados como meiofauna temporária. Este fato exemplifica a dificuldade encontrada na identificação específica dos principais grupos da meiofauna. Desta forma, é comum, entre os trabalhos realizados com meiofauna, que se opte por enfatizar apenas um dos grupos que possa ser representativo dentro dos objetivos do estudo. Seguindo esta linha de pensamento, no presente estudo foi dado ênfase ao grupo Nematoda, sendo este identificado ao nível de gênero.

3.2 Objetivo

Avaliar o processo de colonização e sucessão da meiofauna e de Nematoda marinhos de vida livre em substrato artificial consolidado (PVC).

3.3 Hipóteses

1 – A colonização da meiofauna em substrato consolidado artificial apresenta uma sucessão de diferentes grupos taxonômicos ao longo do tempo.

2 – A colonização da nematofauna apresenta uma sucessão de gêneros de Nematoda ao longo do tempo, mesmo dentro da mesma família.

3.4 Material e Métodos

3.4.1 Área de estudo

A região de Arraial do Cabo (23° 44' S and 42° 00' W), sudeste do Brasil, é banhada pela Corrente do Brasil com águas quentes (acima de 20°C), mas pobres em nutrientes; a Corrente Superficial Costeira que também é pobre em nutrientes e as Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS), com águas frias (abaixo de 18°C) e ricas em nutrientes (Valentin, 1984), que também contribuem para o aumento da riqueza de habitats e um conseqüente aumento na diversidade de espécies.

A morfologia da costa associada ao regime de ventos de Nordeste e Leste que predominam principalmente entre os meses de setembro e março, desencadeia o fenômeno da ressurgência que afeta diretamente toda a área externa, fazendo com que o ambiente, nesses períodos, assumam características de sub-tropical. As áreas internas são caracterizadas como ambientes tropicais onde a ressurgência atua esporadicamente (Rodrigues e Lorenzetti, 2001). Durante o outono e o inverno, quando se torna mais comum a incidência de ventos Sudoeste e Sudeste, ocorre o fenômeno inverso, o de subsidência, proporcionando águas claras e quentes principalmente nas áreas internas (Ferreira, 1998). Devido a estas características singulares, esta região é considerada o limite sul para muitas espécies tropicais (Ferreira *et al.*, 1993; Castro *et al.*, 1995). Várias espécies subtropicais também estão presentes nessa área (Guimaraens e Coutinho, 1996).

O presente estudo foi realizado no campo de provas do IEAPM (Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira) na enseada da praia da Ilha de Cabo Frio. O padrão de circulação de correntes na área de estudo depende da direção e velocidade dos ventos incidentes e das variações das marés. Quando o vento de nordeste prevalece, a corrente assume a direção nordeste-sudoeste. E, inversamente, quando o vento incidente é de sudoeste, a corrente toma a direção sudoeste-nordeste criando alguns vórtices na enseada da praia da ilha. Quando períodos de ventos fracos ocorrem, o fator que determina a direção da corrente no local é a variação da maré (Branco, 2000).

O assoalho marinho, na área de estudo, inclui substratos arenosos não consolidados, um banco de arenito, que se estende desde a praia até uma profundidade de 4 a 5m, e costões rochosos nas bordas. Sobre o arenito, existe a

formação sazonal de um banco da macroalga *Sargassum furcatum* com aproximadamente 400m² (Da Rocha, 2003), o qual abriga uma rica fauna associada.

3.4.2 Desenho experimental

Quatro estruturas de metal (1,2m de diâmetro) foram instaladas na praia da Ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo, RJ (Fig. 3.1). Estas foram suspensas a 3m do fundo e a 1m da superfície da água a fim de que não ficassem expostas nos períodos de baixa mar. Em cada uma das estruturas foram fixadas placas (6 x 5cm) de PVC usando abraçadeiras nas extremidades. Foram colocadas 160 placas sendo 40 em cada estrutura (Fig. 3.2).

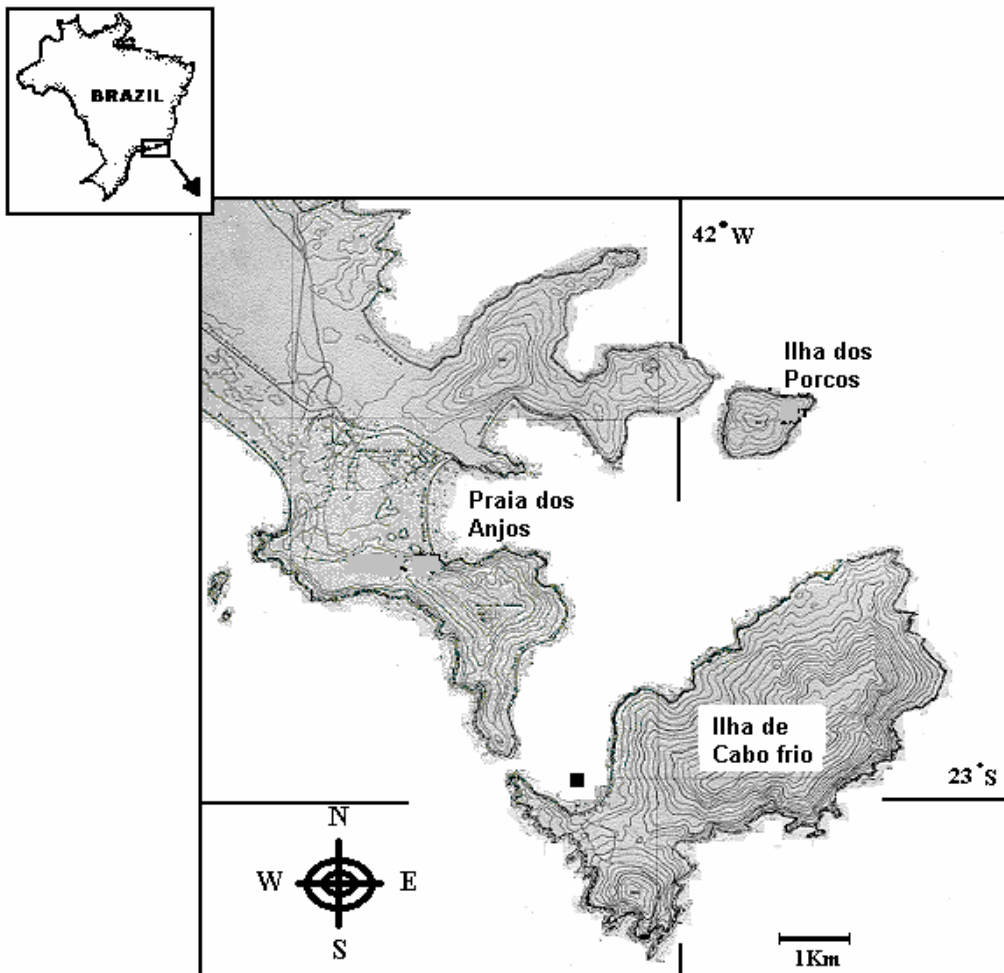


Figura 3.1: Área de estudo mostrando o local (■) onde as estruturas experimentais foram instaladas.

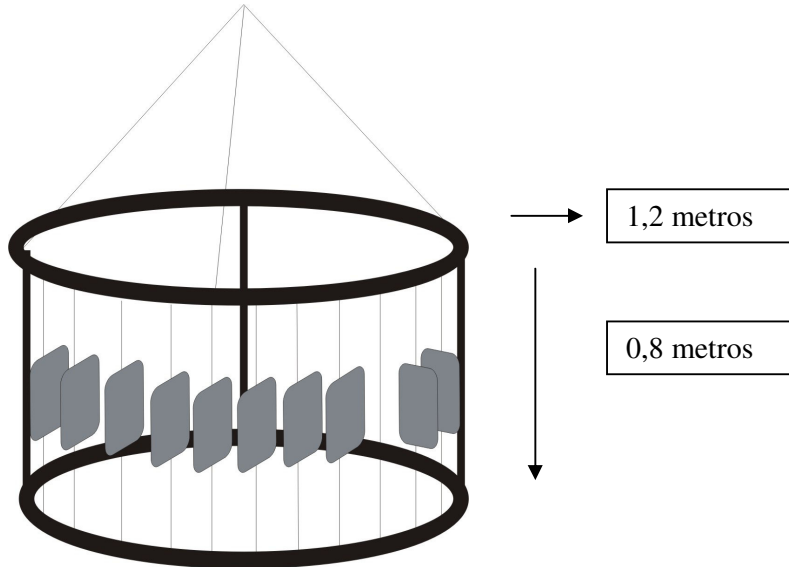


Figura 3.2: Esquema do desenho experimental, consistindo de uma estrutura de metal com placas presas através de abraçadeiras de plástico.

O experimento teve duração de 30 dias e foram retiradas de cada estrutura 4 placas, aleatoriamente, a cada 3 dias. As placas foram recolhidas em potes plásticos e, imediatamente após, levadas ao laboratório para análise de meiofauna. As estruturas foram acessadas por meio de mergulho autônomo.

3.4.3 Processamento e análise das amostras:

As amostras placas coletadas nas estruturas experimentais foram lavadas com água do mar e o material extraído passado em peneiras geológicas com aberturas de malhas de 0,5mm e 0,044mm. O material retido entre as peneiras de 0,5mm e 0,044mm foi analisado em cuba de Dolffus sob microscópio estereoscópico para a contagem da meiofauna, após a conservação em solução salina de formol a 4%.

A meiofauna foi quantificada e identificada ao nível de grandes grupos taxonômicos, contudo a nematofauna especialmente foi identificada ao nível de gêneros.

Para o estudo taxonômico dos Nematoda livres, 30 indivíduos (quando existentes ou a totalidade dos indivíduos quando inferior a 30) de cada amostra

foram retirados com estilete de aço inoxidável e colocados em cadinhos para diafanização. Neste processo, que permite o exame das estruturas internas, foi utilizada a técnica descrita por De Grisse (1969). Esta técnica consiste em introduzir os animais sequencialmente em três soluções: Solução 1: 99% de formol a 4% mais 1% de glicerina (24 horas de repouso em dessecador); Solução 2: 95% de etanol mais 5% de glicerina (10 horas ao ar livre) e Solução 3: 50% de etanol mais 50% de glicerina.

Cada lâmina foi montada com 10 animais, previamente preparada com um círculo de parafina, contendo uma gota de Glicerina. As lâminas foram fechadas com lamínula, sendo o conjunto levado ao aquecimento, a fim de derreter a parafina e lacrar as lamínulas.

A identificação da nematofauna foi realizada sob microscópio óptico, utilizando-se as chaves pictóricas propostas por Platt e Warwick (1983, 1988) e Warwick *at al.* (1998). Para a confecção da lista taxonômica foi adotada a classificação proposta por Lorenzen (1994).

3.4.4 Análise dos Dados

A abundância relativa (A) da meiofauna e da nematofauna foi calculada pelo percentual de ocorrência de cada gênero em cada réplica, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$A = n \cdot 100 / N$$

Onde: n = número de indivíduos do táxon identificado na amostra

N = número total de indivíduos na amostra

Para o cálculo da frequência de ocorrência (F) foi empregada a seguinte fórmula:

$$F = m \cdot 100 / M$$

Onde: m = número de amostras onde o táxon ocorreu

M = número total de amostras estudadas

A frequência de ocorrência dos gêneros de Nematoda seguiu o critério apresentado por Bodin (1977): foram considerados de distribuição constante aqueles presentes em mais de 75% das amostras e aqueles presentes em 50% a 75%, muito freqüentes. De distribuição frequente, foram considerados os presentes em 25% a 50% das amostras e aqueles que ocorrem em menos de 25% das amostras, raros.

Através do programa PRIMER, versão 5.2.4 (Clarke e Warwick, 1994), foi feita uma ordenação não métrica (MDS) para averiguar graficamente os padrões das associações e composição da nematofauna.

Análises de similaridade (ANOSIM) foram aplicadas com o objetivo de identificar diferenças significativas na composição nematofaunística. A análise SIMPER foi aplicada para determinar quais os componentes das comunidades foram responsáveis pelas similaridades e/ou dissimilaridades entre as situações testadas.

Foi calculado o índice de diversidade de Shannon-Wiener ($\log 2$) para cada situação testada.

Curvas de K-dominância (Lambhead *et al.*, 1983) foram construídas para comparar a diversidade dos gêneros de Nematoda em escala temporal.

3.5 Resultados

3.5.1 Meiofauna

3.5.1.1 Variação temporal da abundância da meiofauna

A partir da análise das amostras foi possível estimar o montante de 145.677 indivíduos da meiofauna que colonizaram as placas de PVC. A meiofauna foi representada por 11 grupos taxonômicos (Nematoda, Copepoda, Amphipoda, Tanaidacea, Polychaeta, Turbellaria, Picnogonida, Bivalvia, Tardigrada, Isopoda e Gastrotricha) nas placas de PVC, destes, 127.623 pertenciam ao grupo Nematoda. O segundo grupo com maior número de indivíduos coletados foi Copepoda com 10.205 indivíduos (Fig. 3.3).

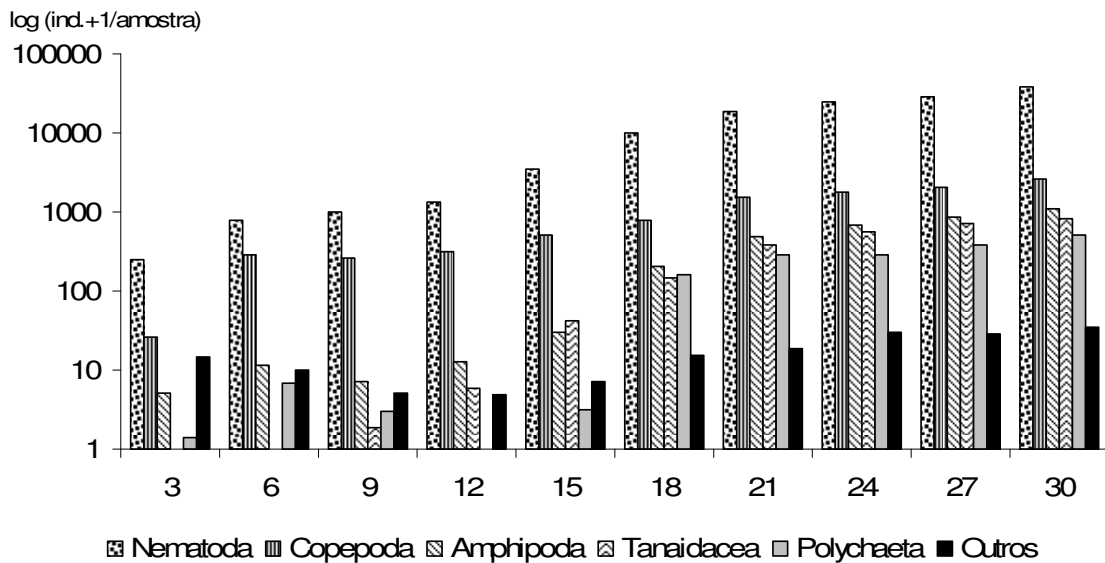


Figura 3.3: Número total de indivíduos dos principais grupos da meiofauna em cada amostragem (os valores foram logaritmizados).

O grupo Nematoda mostrou a maior abundância, com uma média de 2.423 indivíduos por réplica no final do experimento. O segundo grupo mais abundante foi Copepoda chegando a uma média de 115 ind./placa, seguido de Amphipoda com 68 ind./placa e Tanaidacea com 52 ind./réplica (Fig. 3.4).

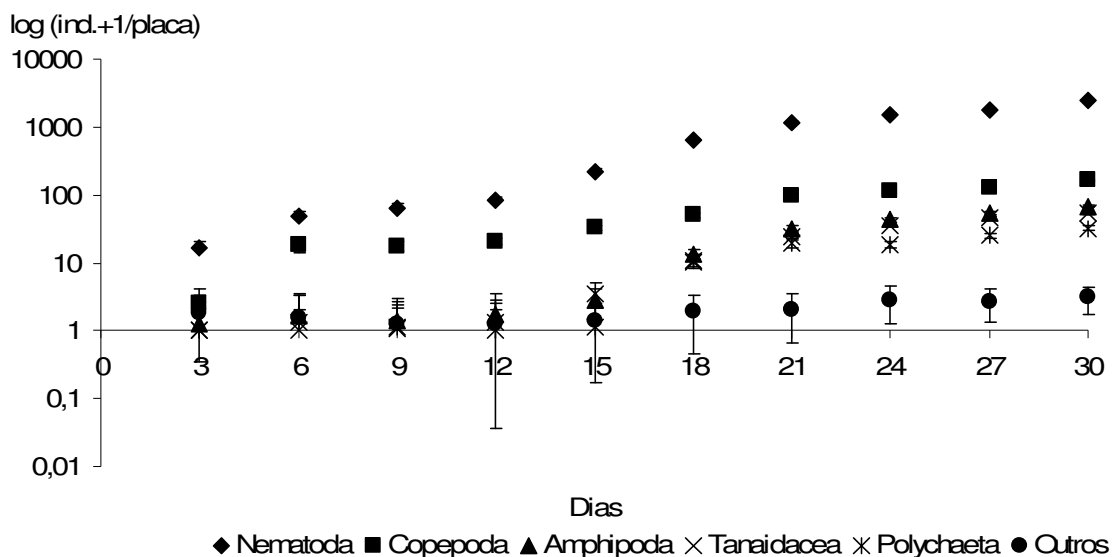


Figura 3.4: Número médio e desvio padrão dos principais grupos da meiofauna ao longo do período do experimento de campo. Os grupos menos representativos foram somados e representados como um grupo único chamado “outros” (os valores foram logaritmizados).

Considerando todo o experimento, o grupo Nematoda apresentou a maior abundância relativa, perfazendo 87,6% do total da meiofauna coletada. O segundo grupo com maior abundância relativa foi Copepoda, com 7% do total, seguido de Amphipoda com 2,3%, Tanaidacea com 1,9% e Polychaeta com 1,1% do total da meiofauna. Os outros perfizeram 0,1% da meiofauna total.

3.5.1.2 Variação temporal da riqueza da comunidade de meiofauna

Os resultados de ANOSIM para a comunidade de meiofauna em placas de PVC ao longo do tempo de 30 dias mostraram que existe diferença significativa ($p < 0,01$) na comunidade para cada período de retirada de placas, com exceção das comunidades existentes entre a segunda e a terceira retirada de placas com 6 e 9 dias, respectivamente (Fig. 3.5). Com os testes SIMPER foi possível verificar que as diferenças detectadas foram devidas, principalmente, às variações de abundância dos grupos Nematoda e Copepoda. Estes grupos tiveram abundância crescente com o passar do tempo. Entre os períodos de 6 e 9 dias de coleta, as abundâncias registradas dos grupos Nematoda e Copepoda foram semelhantes. A dissimilaridade

média para a abundância dos grupos da meiofauna entre os tempos testados foi maior à medida que as amostragens confrontadas eram mais distantes no tempo (Tab. 3.1). As diferenças encontradas no processo de colonização devem-se antes ao aumento de abundância do que ao sucesso de recrutamento.

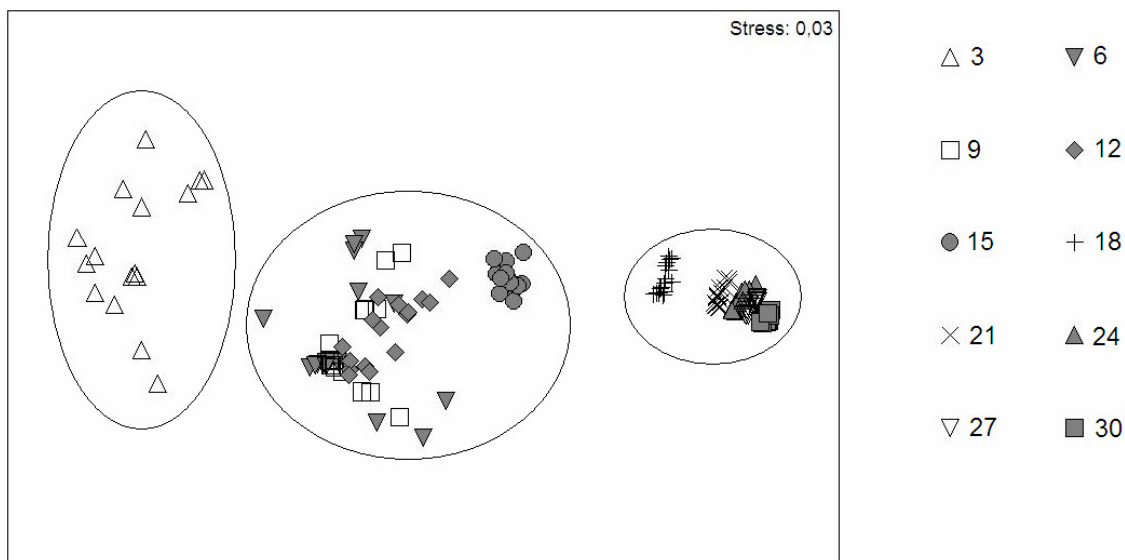


Figura 3.5: Ordenação de MDS para a composição da meiofauna comparando cada período de retirada de placas ao longo do tempo de 30 dias.

Tabela 3.1: Análise de SIMPER realizada para testar a dissimilaridade média entre a abundância dos grupos da meiofauna durante o experimento.

Dias	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
3										
6	59,12									
9	65,03	18,32								
12	71,41	23,09	12,84							
15	87,05	58,30	51,48	41,90						
18	95,25	82,93	79,74	74,83	47,95					
21	97,39	90,35	88,46	85,50	67,90	29,62				
24	98,01	92,57	91,10	88,78	74,61	41,53	13,67			
27	98,31	93,65	92,39	90,38	78,00	48,03	21,49	8,16		
30	98,73	95,21	94,25	92,72	83,08	58,41	34,84	22,31	14,44	

3.5.2 Nematofauna

Para o presente experimento foram registrados 35 gêneros de Nematoda, distribuídos em 12 famílias. A família mais representativa foi Chromadoridae com 15 gêneros de Nematoda, conforme lista abaixo.

Lista taxonômica.

Classe Adenophorea

Sub-Classe Enoplia

Ordem Enoplida

Sub-Ordem Enoplina

Família Enoplidae

Enoplus Dujardin, 1845

Família Phanodermatidae

Phanoderma Bastian, 1865

Família Ironidae

Syringolaimus De Man, 1888

Família Oncholaimidae

Methoncolaimus Filipjev, 1918

Oncholaimus Dujardin, 1845

Viscosia De Man, 1890

Família Enchelidiidae

Eurystomina Filipjev, 1921

Symplocostoma Bastian, 1865

Sub-Classe Chromadoria

Ordem Chromadorida

Sub-Ordem Chromadorina

Família Chromadoridae

Acantholaimus Allgén, 1933

Chromadora Bastian, 1865

Chromadorella Filipjev, 1918

Chromadorina Filipjev, 1918

Chromadorita Filipjev, 1922

Dichromadora Kreis, 1929

Euchromadora De Man, 1886

Graphonema Cobb, 1898

Innocuonema Inglis, 1969

Neochromadora Micoletzky, 1924

Prochromadora Filipjev, 1922

Prochromadorella Micoletzky, 1924

Ptycholaimellus Cobb, 1920

Spiliphora Bastian, 1865

Spilophorella Filipjev, 1917

Família Cyatholaimidae

Acanthonchus Cobb, 1920

Paracanthonchus Micoletzky, 1924

Praeacanthonchus Micoletzky, 1924

Família Epsilonematidae

Epsilonema Steiner, 1927

Família Microlaimidae

Microlaimus De Man, 1880

Sub-Ordem Leptolaimina

Família Aegialolaimidae

Aegialolaimus De Man, 1907

Ordem Monhysterida

Família Monhysteridae

Thalassomonhystera Jacobs, 1987

Família Xyalidae

Daptonema Cobb, 1920

Linhystera Juario, 1974

Paramonhystera Steiner, 1916

Retrotheristus Lorenzen, 1977

Theristus Bastian, 1865

3.5.2.1 Variação temporal da abundância da nematofauna

O número de gêneros de Nematoda identificados foi maior na primeira amostragem (21). O período de amostragem com menor número de gêneros identificados foi aos 21 dias com apenas 7. A quantidade de gêneros de Nematoda registrada nesta amostragem foi variável ao longo do tempo de 30 dias (Fig. 3.6).

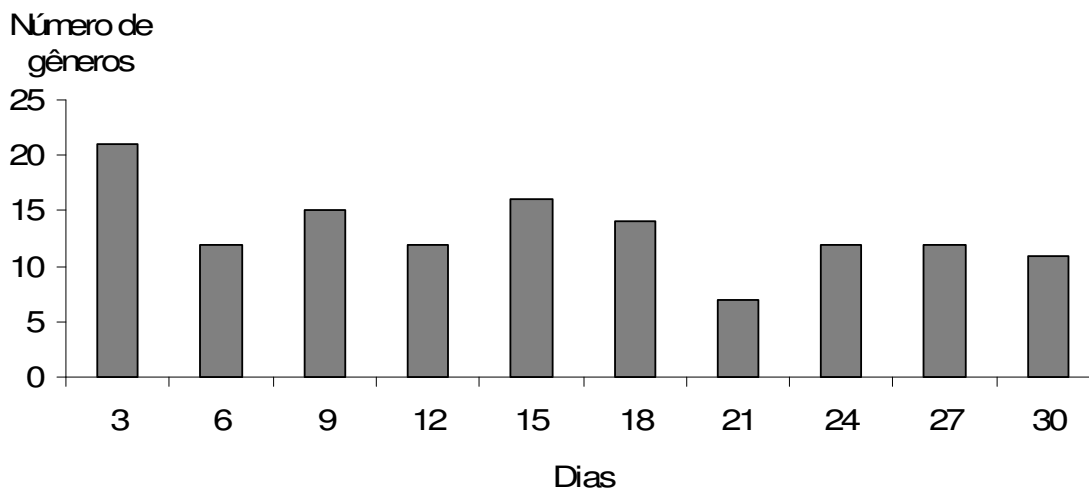
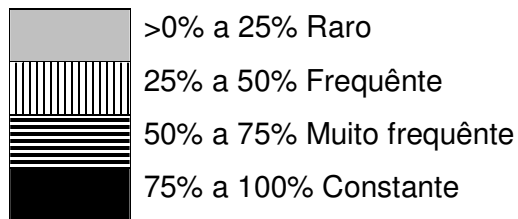


Figura 3.6: Número total de gêneros de Nematoda encontrado em cada retirada de placas (3 em 3 dias – total de 30 dias) de PVC durante o experimento de campo.

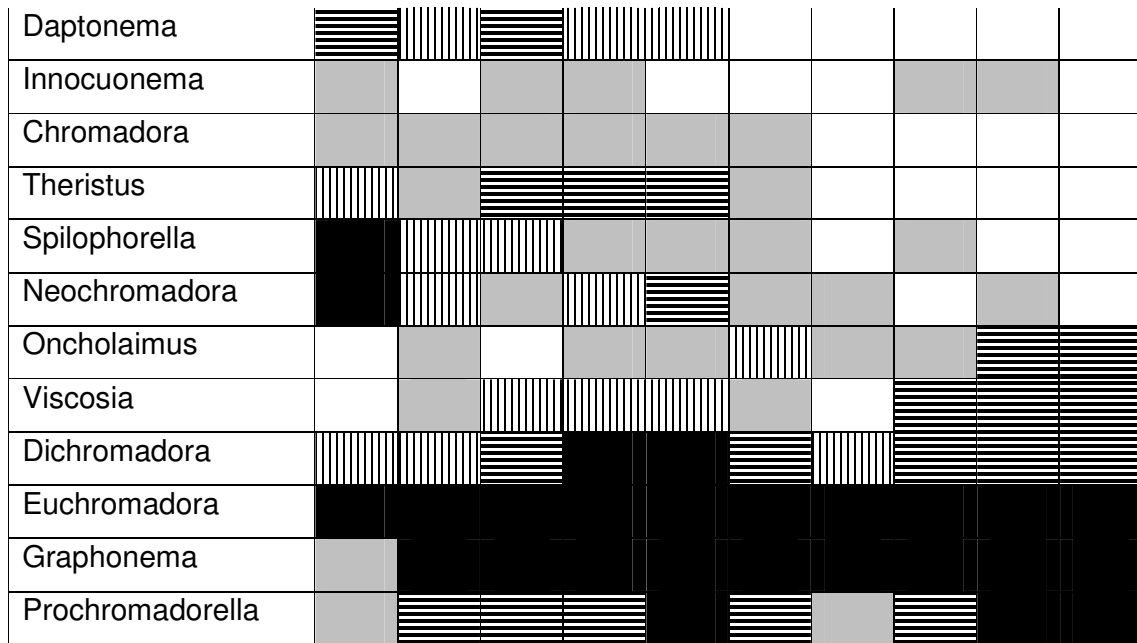
Dentre os gêneros de Nematoda identificados, somente *Dichromadora*, *Euchromadora*, *Graphonema* e *Prochromadorella* foram registrados durante todo o período do experimento. Os gêneros *Aegialoalaimus*, *Chromadorella*, *Epsilonema*, *Linhystera*, *Microlaimus*, *Paramonohystera*, *Praeacanthochus*, *Prochromadora*, *Ptycholaimellus*, *Retrotheristus*, *Syringolaimus* e *Thalassomonhystera* foram identificados em apenas uma das amostragens ao longo do tempo.

Segundo os intervalos percentuais da classificação proposta do Bodin (1977), a maioria dos gêneros identificados (22) foi considerada como rara (<25% de ocorrência) durante todo o período experimental. Alguns deles sendo encontrados apenas 1 vez. Dos gêneros que estiveram presentes ao longo de todo o experimento apenas *Euchromadora* foi considerado constante (de 75% a 100% das amostras) do início ao fim do experimento (Tab. 3.2).

Tabela 3.2: Comparativo da frequência de ocorrência dos gêneros de Nematoda encontrados no experimento de colonização em placas de PVC, segundo a classificação proposta por Bodin (1977).



Dias	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Aegialoalaimus	Raro									
Chromadorella	Raro									
Epsilonema						Raro				
Linhystera	Raro									
Microlaimus	Raro									
Paramonohystera	Raro									
Praeacanthonchus					Raro					
Prochromadora	Raro									
Ptycholaimellus	Raro									
Retrotheristus										Raro
Syringolaimus	Raro									
Thalassomonhystera			Raro							
Acantholaimus	Raro					Raro				
Chromadorita	Raro		Raro							
Enoplus					Raro					Frequênte
Eurystomina								Raro	Raro	
Paracanthonchus							Raro	Raro		
Phanoderma									Raro	Raro
Spiliphera					Raro	Raro				
Symplocostoma								Raro	Raro	
Metoncholaimus								Raro	Frequênte	Raro
Acanthonchus			Raro		Raro	Raro				Raro
Chromadorina	Raro	Raro	Frequênte		Raro					



Durante todo o período de amostragem, o gênero de Nematoda que teve maior abundância relativa foi *Euchromadora* (71%), seguido de *Graphonema* (10%) e *Prochromadorella* (5%). Os demais gêneros somados perfizeram um total de 14% da nematofauna.

As famílias de Nematoda mais representativas no presente estudo foram Oncholaimidae (3 gêneros), Chromadoridae (15 gêneros), Cyatholaimidae (3 gêneros) e Xyalidae (5 gêneros). Com exceção das famílias Desmodoridae e Leptolaimidae, que foram representadas por dois gêneros cada, as demais famílias registradas foram representadas por apenas um gênero cada.

A família Oncholaimidae mostrou um padrão de colonização do substrato artificial, onde os primeiros gêneros representantes (*Viscosia* e *Oncholaimus*) apareceram apenas com 6 dias de experimento. O terceiro gênero desta família (*Methoncholaimus*) foi encontrado apenas no último terço do tempo do experimento. A abundância relativa desta família teve um aumento significativo concomitante com o aparecimento do gênero *Methoncholaimus* (Fig. 3.7).

Os gêneros da família Chromadoridae foram registrados desde o início até o final do experimento e com a maior abundância relativa. Dentre eles, *Euchromadora* destaca-se como o mais abundante, chegando a representar mais de 80% da nematofauna aos 21 dias de experimento. Os gêneros *Chormadora* e *Chromadorina* foram registrados apenas na primeira metade do experimento e com baixa

abundância relativa. Apenas *Dichromadora*, *Euchromadora*, *Graphonema* e *Prochromadorella* estiveram presentes durante todo o período amostrado. Os demais gêneros desta família foram registrados de forma esporádica e com baixa abundância durante o experimento (Fig. 3.8).

Os gêneros da família Xyalidae foram encontrados principalmente na primeira metade do experimento e onde exibiram as maiores abundâncias relativas. Os gêneros mais abundantes foram *Daptonema* e *Theristus*. Os gêneros *Linhystera* e *Paramonohystera* foram encontrados apenas na primeira amostragem (3 dias de experimento), enquanto que *Retrotheristus* foi encontrado uma única vez no último dia de experimento (Fig. 3.9).

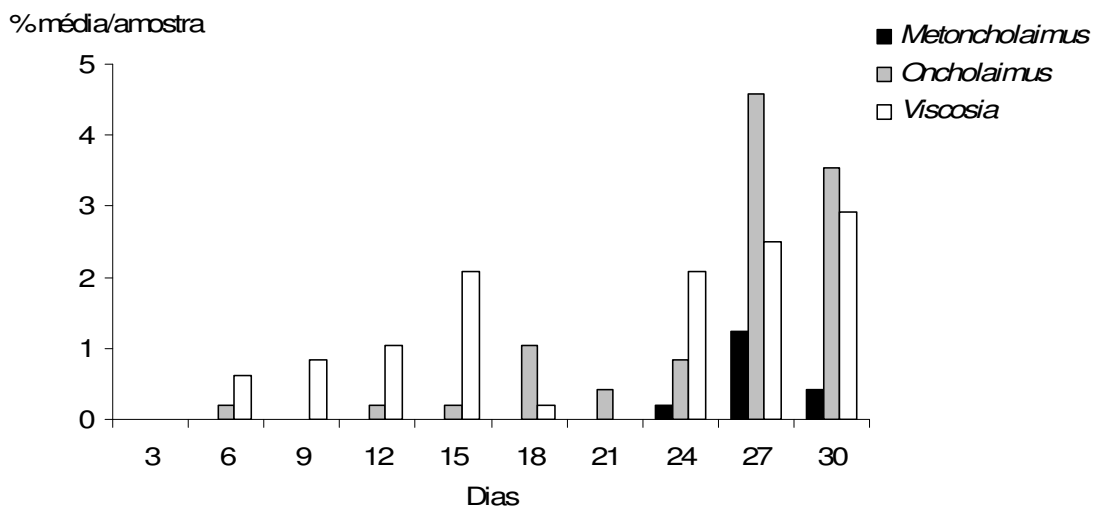


Figura 3.7: Porcentagem de ocorrência média dos gêneros da família Oncholaimidae em cada período amostrado.

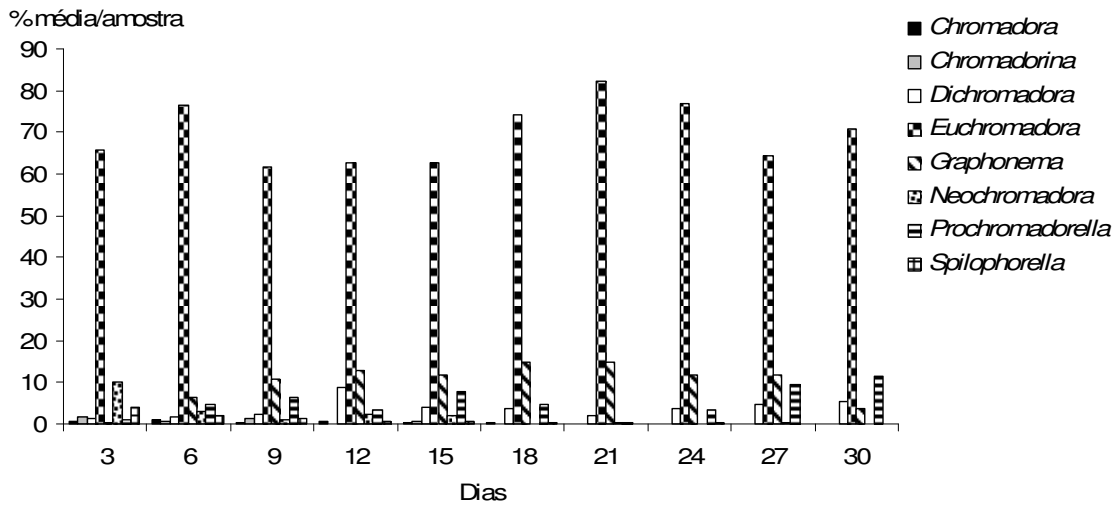


Figura 3.8: Porcentagem de ocorrência média dos principais gêneros da família Chromadoridae em cada período amostrado. Os demais gêneros com baixa abundância relativa não foram representados neste gráfico.

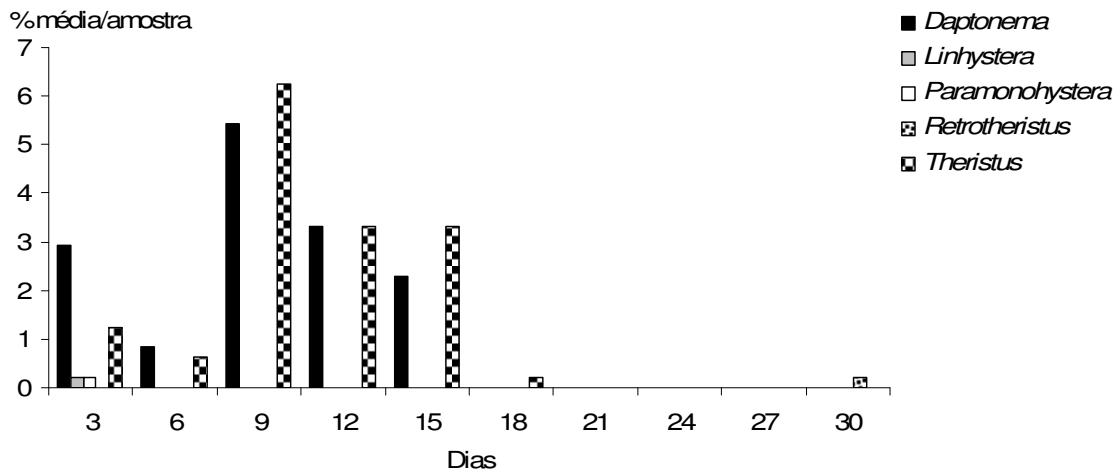


Figura 3.9: Porcentagem de ocorrência média dos gêneros da família Xyalidae em cada período amostrado.

3.5.2.2 Diversidade da nematofauna

O índice de diversidade de Shannon-Wiener calculado para todo o período do experimento variou ao longo do tempo, não demonstrando nenhum padrão temporal. O menor índice foi registrado aos 21 dias de experimento, sendo este menor que 1. Os períodos que apresentaram maior diversidade de gêneros de Nematoda foram aos 9 dias e 15 dias com 2,063 e 2,033, respectivamente (Fig. 3.10).

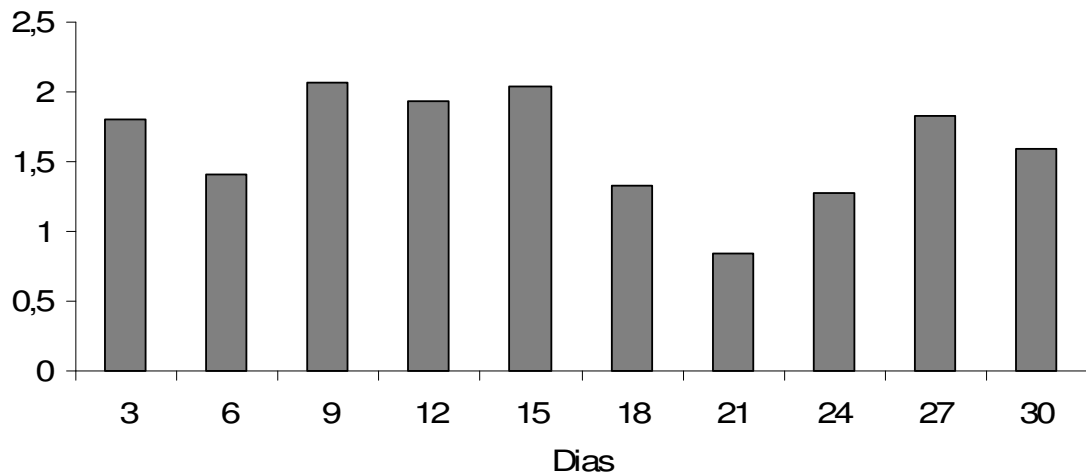


Figura 3.10: Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para a nematofauna ao longo do tempo.

De forma semelhante aos resultados do índice de diversidade de Shannon-Wiener, as curva de K-Dominância também apontam para uma menor diversidade de gêneros de Nematoda no período de 21 dias e maior nos de 9 e 15 dias. Os baixos índices de diversidade registrados se devem principalmente a dominância de um único gênero que chega a perfazer 97% do total da nematofauna com 21 dias de experimento (Fig. 3.11).

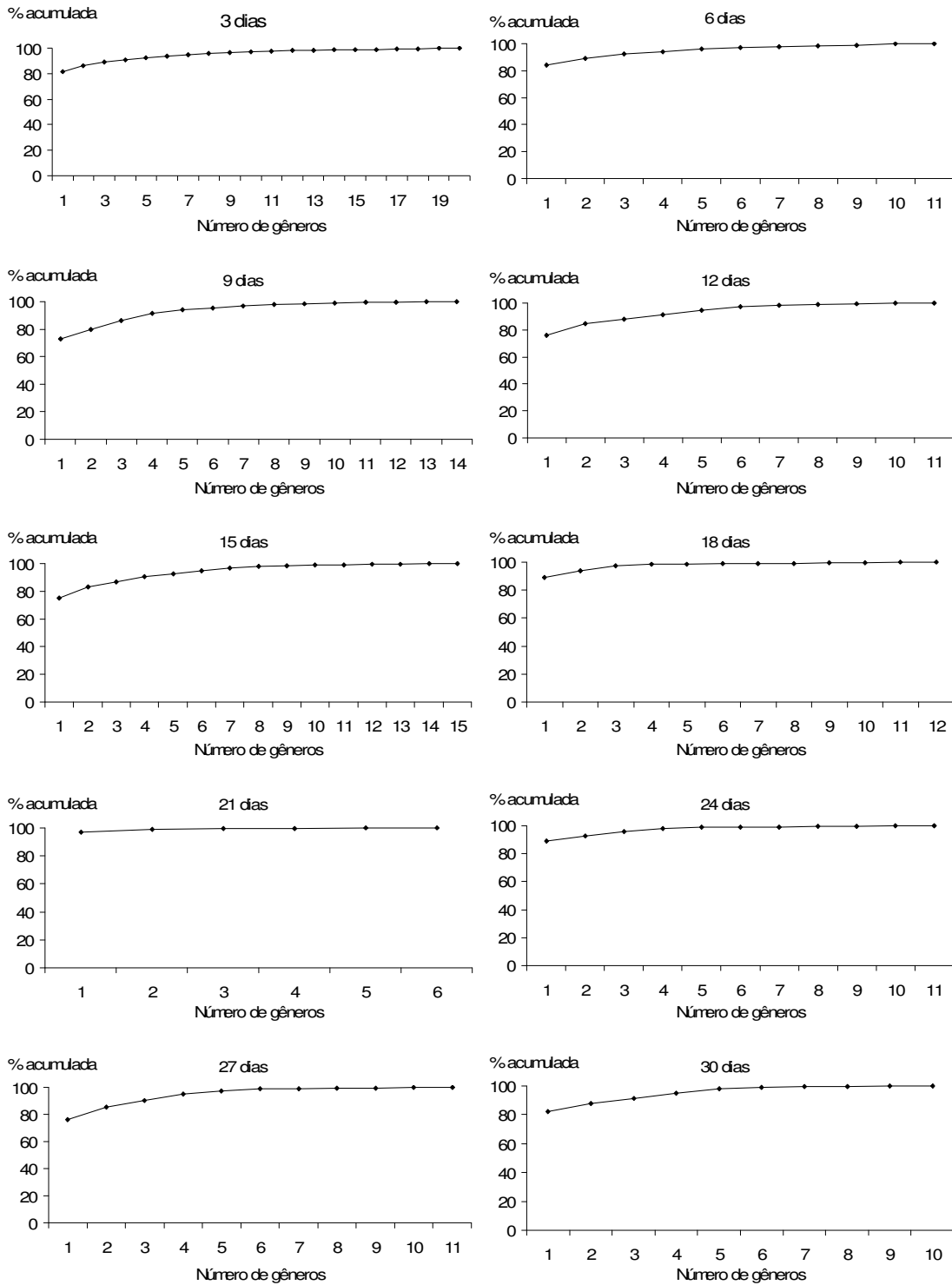


Figura 3.11: Curvas de K-Dominância (Lamshead *et al.*, 1983) para cada tempo de amostragem.

3.5.2.3 Variação temporal da riqueza da comunidade de nemátodes

As análises de SIMPER mostraram que o gênero *Euchromadora* foi o que mais contribuiu para a similaridade entre os períodos amostrados, devido à alta abundância relativa desse gênero durante todo o experimento. As dissimilaridades encontradas foram principalmente pelas diferenças de abundância relativa de *Graphonema*, *Prochromadorella*, *Dichromadora*, *Theristus* e *Neochromadora*.

De acordo com os testes de ANOSIM, foi detectada uma diferença significativa ($p < 0,001$) entre a primeira amostragem e as demais, demonstrando a quantidade superior de gêneros identificados para esta amostragem. Quando foram analisadas as amostragens feitas durante o experimento pelo período de 30 dias, diferenças significativas ($p < 0,001$) puderam ser verificadas entre a maioria das comparações feitas entre as amostragens. Em algumas exceções não puderam ser encontradas diferenças significativas (entre a terceira e a quinta amostragem ($p > 0,1$); entre a quarta e quinta amostragem ($p > 0,05$); entre a sexta e a oitava amostragem ($p < 0,1$) (Tab. 3.3) (Fig.3.12). Os principais gêneros de Nematoda responsáveis pelas diferenças detectadas pelo teste de SIMPER estão descritos na tabela 3.4.

Tabela 3.3: Resultados de ANOSIM para a composição da nematofauna confrontando cada período de retirada de placas ao longo do tempo de 30 dias. Valores NÃO significativos de p estão destacados em negrito.

Dias	r	p	Dias	r	p
3 x 6	0,471	0,000	9 x 30	0,607	0,000
3 x 9	0,617	0,000	12 x 15	0,067	0,066
3 x 12	0,698	0,000	12 x 18	0,199	0,001
3 x 15	0,694	0,000	12 x 21	0,406	0,000
3 x 18	0,82	0,000	12 x 24	0,236	0,000
3 x 21	0,775	0,000	12 x 27	0,358	0,000
3 x 24	0,816	0,000	12 x 30	0,634	0,000
3 x 27	0,902	0,000	15 x 18	0,3	0,000
3 x 30	0,878	0,000	15 x 21	0,545	0,000
6 x 9	0,176	0,001	15 x 24	0,306	0,000
6 x 12	0,252	0,000	15 x 27	0,307	0,000
6 x 15	0,18	0,001	15 x 30	0,532	0,000
6 x 18	0,29	0,000	18 x 21	0,162	0,002
6 x 21	0,409	0,000	18 x 24	0,054	0,096
6 x 24	0,228	0,000	18 x 27	0,317	0,000
6 x 27	0,436	0,000	18 x 30	0,631	0,000
6 x 30	0,511	0,000	21 x 24	0,184	0,001
9 x 12	0,067	0,069	21 x 27	0,657	0,000
9 x 15	0,049	0,114	21 x 30	0,851	0,000
9 x 18	0,285	0,000	24 x 27	0,239	0,001
9 x 21	0,443	0,000	24 x 30	0,512	0,000
9 x 24	0,286	0,000	27 x 30	0,204	0,000
9 x 27	0,398	0,000			

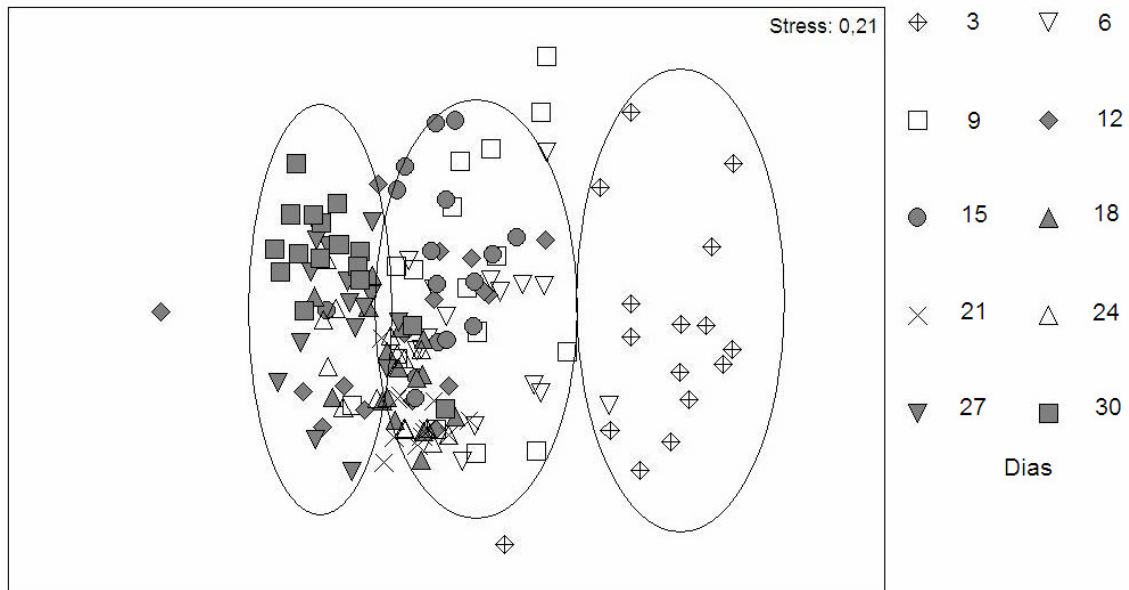


Figura 3.12: Ordenação de MDS para a composição da nematofauna comparando cada período de retirada de placas ao longo do tempo de 30 dias.

Tabela 3.4: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda durante o tempo do experimento.

Situação Dissimilaridade				
Testada	Média %	Gêneros	Contribuição%	Acumulada%
3 dias		<i>Euchromadora</i>	28,23	28,23
X	27,40	<i>Neochromadora</i>	16,95	45,17
6 dias		<i>Graphonema</i>	11,65	56,82
3 dias		<i>Euchromadora</i>	24,06	24,06
X	36,09	<i>Graphonema</i>	15,09	39,14
9 dias		<i>Neochromadora</i>	13,70	52,84
3 dias		<i>Euchromadora</i>	21,98	21,98
X	35,16	<i>Graphonema</i>	18,25	40,22
12 dias		<i>Neochromadora</i>	13,82	54,04
3 dias		<i>Euchromadora</i>	21,82	21,82
X	34,66	<i>Graphonema</i>	17,23	39,06
15 dias		<i>Neochromadora</i>	13,11	52,17

Tabela 3.4: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda durante o tempo do experimento (continuação).

3 dias		<i>Euchromadora</i>	23,26	23,26
X	33,15	<i>Graphonema</i>	22,54	45,81
18 dias		<i>Neochromadora</i>	15,30	61,10
3 dias		<i>Euchromadora</i>	29,19	29,19
X	31,57	<i>Graphonema</i>	24,02	53,21
21 dias		<i>Neochromadora</i>	15,86	69,07
3 dias		<i>Euchromadora</i>	25,84	25,84
X	32,66	<i>Graphonema</i>	17,95	43,80
24 dias		<i>Neochromadora</i>	15,56	59,36
3 dias		<i>Graphonema</i>	16,38	16,38
X	35,72	<i>Euchromadora</i>	15,93	32,31
27 dias		<i>Neochromadora</i>	13,83	46,14
3 dias		<i>Euchromadora</i>	19,83	19,83
X	33,68	<i>Prochromadorella</i>	16,39	36,22
30 dias		<i>Neochromadora</i>	15,07	51,29
6 dias		<i>Euchromadora</i>	33,38	33,38
X	27,42	<i>Prochromadorella</i>	11,34	44,72
9 dias		<i>Theristus</i>	11,08	55,80
6 dias		<i>Euchromadora</i>	32,23	32,23
X	26,72	<i>Dichromadora</i>	14,40	46,63
12 dias		<i>Graphonema</i>	12,00	58,63
6 dias		<i>Euchromadora</i>	32,77	32,77
X	25,38	<i>Graphonema</i>	12,91	45,68
15 dias		<i>Prochromadorella</i>	11,91	57,59
6 dias		<i>Euchromadora</i>	26,39	26,39
X	20,14	<i>Graphonema</i>	22,10	48,49
18 dias		<i>Prochromadorella</i>	14,83	63,32

Tabela 3.4: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda durante o tempo do experimento (continuação).

6 dias		<i>Euchromadora</i>	26,24	26,24
X	17,65	<i>Graphonema</i>	25,08	51,32
21 dias		<i>Prochromadorella</i>	13,39	64,71
6 dias		<i>Euchromadora</i>	29,64	29,64
X	19,03	<i>Graphonema</i>	14,67	44,31
24 dias		<i>Prochromadorella</i>	13,16	57,47
6 dias		<i>Euchromadora</i>	27,70	27,70
X	24,47	<i>Prochromadorella</i>	15,94	43,64
27 dias		<i>Graphonema</i>	11,92	55,57
6 dias		<i>Euchromadora</i>	24,04	24,04
X	22,16	<i>Prochromadorella</i>	19,11	43,15
30 dias		<i>Dichromadora</i>	11,61	54,77
9 dias		<i>Euchromadora</i>	30,74	30,74
X	28,74	<i>Dichromadora</i>	12,50	43,24
12 dias		<i>Theristus</i>	11,21	54,45
9 dias		<i>Euchromadora</i>	33,29	33,29
X	27,40	<i>Prochromadorella</i>	13,41	46,70
18 dias		<i>Theristus</i>	11,29	57,99
9 dias		<i>Euchromadora</i>	38,61	38,61
X	27,93	<i>Prochromadorella</i>	11,47	50,09
21 dias		<i>Theristus</i>	11,22	61,30
9 dias		<i>Euchromadora</i>	35,96	35,96
X	27,66	<i>Prochromadorella</i>	11,60	47,57
24 dias		<i>Theristus</i>	11,35	58,91
9 dias		<i>Euchromadora</i>	25,25	25,25
X	28,68	<i>Prochromadorella</i>	13,94	39,20
27 dias		<i>Theristus</i>	10,92	50,12

Tabela 3.4: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda durante o tempo do experimento (continuação).

9 dias		<i>Euchromadora</i>	25,93	25,93
X	31,09	<i>Prochromadorella</i>	13,46	39,39
30 dias		<i>Graphonema</i>	11,59	50,97
12 dias		<i>Euchromadora</i>	35,41	35,41
X	24,03	<i>Dichromadora</i>	14,35	49,76
18 dias		<i>Prochromadorella</i>	11,19	60,95
12 dias		<i>Euchromadora</i>	41,60	41,60
X	24,76	<i>Dichromadora</i>	16,41	58,01
21 dias		<i>Graphonema</i>	9,86	67,87
12 dias		<i>Euchromadora</i>	37,72	37,72
X	24,65	<i>Dichromadora</i>	15,57	53,29
24 dias		<i>Prochromadorella</i>	8,80	62,09
12 dias		<i>Euchromadora</i>	23,82	23,82
X	25,57	<i>Prochromadorella</i>	15,64	39,47
27 dias		<i>Dichromadora</i>	13,44	52,91
12 dias		<i>Euchromadora</i>	24,80	24,80
X	29,73	<i>Graphonema</i>	15,14	39,94
30 dias		<i>Prochromadorella</i>	14,96	54,90
15 dias		<i>Euchromadora</i>	33,42	33,42
X	24,46	<i>Prochromadorella</i>	15,56	48,98
18 dias		<i>Graphonema</i>	12,32	61,30
15 dias		<i>Euchromadora</i>	38,30	38,30
X	25,89	<i>Prochromadorella</i>	14,95	53,25
21 dias		<i>Graphonema</i>	11,99	65,25
15 dias		<i>Euchromadora</i>	36,15	36,15
X	25,01	<i>Prochromadorella</i>	13,52	49,67
24 dias		<i>Graphonema</i>	10,19	59,86

Tabela 3.4: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda durante o tempo do experimento (continuação).

15 dias		<i>Euchromadora</i>	24,66	24,66
X	24,66	<i>Prochromadorella</i>	14,22	38,87
27 dias		<i>Graphonema</i>	11,05	49,92
15 dias		<i>Euchromadora</i>	26,28	26,28
X	27,07	<i>Graphonema</i>	15,34	41,63
30 dias		<i>Prochromadorella</i>	12,82	54,45
18 dias		<i>Euchromadora</i>	38,54	38,54
X	13,75	<i>Graphonema</i>	18,09	56,63
21 dias		<i>Prochromadorella</i>	16,57	73,20
18 dias		<i>Euchromadora</i>	30,90	30,90
X	21,95	<i>Prochromadorella</i>	21,41	52,31
27 dias		<i>Graphonema</i>	13,23	65,54
18 dias		<i>Euchromadora</i>	23,93	23,93
X	23,91	<i>Graphonema</i>	23,28	47,21
30 dias		<i>Prochromadorella</i>	21,74	68,95
21 dias		<i>Euchromadora</i>	36,14	36,14
X	14,03	<i>Graphonema</i>	19,89	56,03
24 dias		<i>Dichromadora</i>	14,86	70,89
21 dias		<i>Euchromadora</i>	37,21	37,21
X	23,97	<i>Prochromadorella</i>	19,72	56,93
27 dias		<i>Graphonema</i>	12,55	69,47
21 dias		<i>Euchromadora</i>	25,33	25,33
X	24,69	<i>Prochromadorella</i>	22,84	48,17
30 dias		<i>Graphonema</i>	22,81	70,98
24 dias		<i>Euchromadora</i>	35,14	35,14
X	21,83	<i>Prochromadorella</i>	19,61	54,75
27 dias		<i>Dichromadora</i>	11,48	66,23

Tabela 3.4: Resultado da análise de SIMPER realizado para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda durante o tempo do experimento (continuação).

24 dias		<i>Euchromadora</i>	27,73	27,73
X	22,78	<i>Prochromadorella</i>	21,14	48,87
30 dias		<i>Graphonema</i>	17,43	66,30
27 dias		<i>Euchromadora</i>	24,89	24,89
X	21,60	<i>Graphonema</i>	18,52	43,41
30 dias		<i>Prochromadorella</i>	17,44	60,85

3.5.2.4 Distribuição Trófica

De acordo com a classificação trófica proposta por Wieser (1953), o grupo trófico mais abundante (19 gêneros), no presente estudo, foi o grupo 2^a, que são os comedores de epistrato. Os grupos 1B e 2A foram representados pelo mesmo número de gêneros (7) e o grupo com menor número de representantes foi o 1A, com apenas 2 gêneros (Tab.3.5).

Os gêneros de nematoda pertencentes ao grupo trófico 2A perfizeram 54,3% do total da nematofauna. Os do grupo 1B e 2B somaram 40% da nematofauna e o grupo 1A foi responsável por apenas 5,7%.

Tabela 3.5: Distribuição trófica dos gêneros de Nematoda de acordo com a classificação proposta por Wieser (1953) (1A - comedores de depósitos seletivos; 1B - comedores de depósitos não seletivos; 2A - comedores de epistrato e 2B - predadores e onívoros).

Gêneros	1A	1B	2A	2B
<i>Acantholaimus</i>			X	
<i>Acanthonchus</i>			X	
<i>Aegialoalaimus</i>		X		
<i>Chromadora</i>			X	
<i>Chromadorella</i>			X	
<i>Chromadorina</i>			X	
<i>Chromadorita</i>			X	
<i>Daptonema</i>		X		
<i>Dichromadora</i>			X	
<i>Enoplus</i>				X
<i>Epsilonema</i>	X			
<i>Euchromadora</i>			X	
<i>Eurystomina</i>				X
<i>Graphonema</i>			X	
<i>Innocuonema</i>			X	
<i>Linhystera</i>	X			
<i>Metoncholaimus</i>				X
<i>Microlaimus</i>			X	
<i>Neochromadora</i>			X	
<i>Oncholaimus</i>				X
<i>Paracanthonchus</i>			X	
<i>Paramonohystera</i>		X		
<i>Phanoderma</i>		X		
<i>Praeacanthonchus</i>			X	
<i>Prochromadora</i>			X	
<i>Prochromadorella</i>			X	
<i>Ptycholaimellus</i>				X
<i>Retrotheristus</i>		X		
<i>Spiliphera</i>			X	
<i>Spilophorella</i>			X	
<i>Symplocostoma</i>				X
<i>Syringolaimus</i>			X	
<i>Thalassomonhystera</i>		X		
<i>Theristus</i>		X		
<i>Viscosia</i>				X

3.6 Discussão

A despeito de sua superfície lisa e disposição na vertical, as placas de PVC utilizadas no presente estudo foram intensivamente colonizadas pela meiofauna, apresentando um claro padrão de colonização e sucessão de grupos ao longo do tempo.

Tradicionalmente, a meiofauna foi investigada em substratos inconsolidados (Hicks e Coull, 1983; Coull, 1988), embora seja conhecido que a meiofauna pode ser encontrada associada com todos os diferentes substratos naturais (como macroalgas: Hicks, 1980, 1985; Williamson e Cretese, 1996; gramas marinhas: Ruthledge e Fleeger, 1993; tapetes de cianobactérias: Vopel e Arit, 1995; substratos consolidados: Danovaro e Fraschetti, 2002), bem como a substratos artificiais (Atilla e Fleeger, 2000; Atilla *et al.* 2003).

Neste estudo, desde a primeira amostragem realizada, a meiofauna já se mostrou presente. Houve um aumento gradual da meiofauna que colonizou as placas acompanhando o desenvolvimento dos macroincrustantes como hidrozoários e cirripédios. A meiofauna que se dispersa na coluna de água forma um reservatório de colonizadores (Palmer, 1988), facilitando a rápida colonização dos sedimentos (Chandler e Fleeger, 1983; Sun e Fleeger, 1994) e substratos artificiais (Atilla e Fleeger, 2000). Esta mesma velocidade de colonização também foi evidenciada no estudo de Mirto e Danovaro (2004) que testaram a colonização da meiofauna em escovas de lavar garrafas. A meiofauna tem sido encontrada ocorrendo na coluna de água em grande abundância em vários ambientes (Hagerman e Rieger, 1981; Walters e Bell, 1986). A emergência ativa e a erosão passiva da meiofauna a partir do sedimento para a água sobrejacente têm sido registradas e as macroalgas e gramíneas marinhas são conhecidas por contribuir para a meiofauna encontrada na coluna de água (Walters e Bell, 1994).

Antes mesmo que existisse qualquer macroincrustação nas placas que conferisse maior rugosidade ao substrato e que facilitasse a colonização foi possível observar que alguns indivíduos da meiofauna foram encontrados associados às placas de PVC, principalmente Copepoda e Nematoda. Embora o grupo Nematoda tenha sido o mais abundante durante todo o experimento, os Copepoda Harpacticoida também tiveram um aumento em abundância desde o início até o final do experimento, proporcionalmente como os Nematoda. Os Copepoda Harpacticoida

são conhecidos por sua capacidade de emergir dos sedimentos (Bell e Sherman, 1980; Palmer, 1984, 1988) e colonizar uma variedade de substratos artificiais (Atila e Fleeger, 2000; Commito e Tita, 2002).

A maior abundância dos grupos Nematoda e Copepoda encontrada nas placas de PVC também é comum em substratos fitais. A composição geral da meiofauna encontrada neste estudo é similar àquela descrita por Lage (2005) em tufos de algas calcárias articuladas sobre substrato consolidado natural e por Da Rocha (2003) em um banco de *Sargassum furcatum*, em área próxima àquela utilizada aqui.

O grupo Gastrotricha identificado desde a primeira retirada de placas tornou-se ausente a partir do meio do experimento. Ao contrário dos Gastrotricha, os Polychaeta que foram muito pouco encontrados no início do experimento, tiveram um aumento significativo a partir do meio do experimento. Amphipoda e Tanaidacea também mostraram um crescimento significativo, na segunda metade do experimento. Pcnogonida, Isopoda, Tardigrada e Bivalvia se mantiveram com baixa densidade durante todo o experimento, com um pequeno acréscimo ao longo do tempo. Ficou, portanto, evidenciado que houve uma sucessão dos grupos da meiofauna ao longo do tempo de experimento.

As densidades da meiofauna aqui encontradas foram altas quando comparadas com as do estudo realizado por Atila *et al.* (2003), no qual foram realizadas amostragens na estrutura de um píer na Louisiana, EUA. Para o estudo de Atila *et al.* (2003) as amostras foram coletadas com auxílio de uma bomba de sucção que foi utilizada para aspirar a meiofauna associada ao substrato do píer. As densidades médias da meiofauna encontradas por estes autores para o substrato artificial por eles utilizado foram de 124 ind./10cm². Danovaro e Fraschetti (2002) observaram em geral resultados similares de suas coleções em um penhasco no mar Adriático, em que a meiofauna do substrato consolidado foi taxonomicamente distinta daquela dos sedimentos próximos (e dominada por copépodes de fital) e que a abundância foi inferior à do sedimento (a abundância da meiofauna em substrato consolidado em seu estudo, em geral, variou de 500-1000 indivíduos/10cm²).

No presente estudo foi dada ênfase ao grupo Nematoda por ter sido o grupo mais abundante durante todo o período experimental e por ser reconhecidamente o grupo mais diverso da meiofauna (Giere, 2009). Karalis *et al.* (2003) estudaram a sucessão da meiofauna em substratos artificiais (blocos de concreto), ao longo de

um gradiente de poluição no golfo de Thermaikos, na Grécia. Para isto, foram avaliados os grandes grupos da meiofauna e, separadamente, as espécies de Polychaeta. Os resultados encontrados para a meiofauna total e para as espécies de Polychaeta foram semelhantes, levando os autores a afirmarem que um grupo taxonômico específico pode ser utilizado para a descrição e o monitoramento em muitos casos diferentes.

Em um estudo realizado por Atilla *et al.* (2003) que avaliou a meiofauna associada a bases submersas de píers, os resultados mostraram que os principais gêneros de Nematoda para este substrato artificial foram *Prochromadorella*, *Chromadorina* e *Oncholaimus*. O único gênero que coincidiu com os resultados encontrados aqui foi *Prochromadorella*. Os resultados de Atilla *et al.* (2003), da mesma forma que os encontrados para o presente estudo, revelaram uma nematofauna com gêneros também típicos de substrato fital. Além disso, estes autores, sugeriram que substratos artificiais rígidos podem servir como habitat semelhante aos substratos naturais consolidados (por exemplo, os recifes de ostras ou costões rochosos), podendo acomodar assembléias semelhantes.

Em relação às famílias de Nematoda registradas neste estudo, a mais representativa foi Chromadoridae, de forma semelhante aos trabalhos de Lage (2005) e Fonsêca-Genevois *et al.* (2006). O gênero mais abundante foi *Euchromadora* coexistiu com os demais gêneros durante todo o experimento. Os gêneros da família Chromadoridae foram mais abundantes na primeira metade do experimento. Alguns gêneros como *Chromadora*, *Chromadorina* e *Chromadorita* foram identificados apenas na primeira metade do experimento, desaparecendo no restante do período de amostragem. Foi possível observar uma sucessão de gêneros de Nematoda ao longo do experimento. Esta sucessão de gêneros aconteceu não somente na nematofauna como um todo, mas também particularmente dentro das famílias mais representativas. A sucessão de gêneros de Nematoda em substratos artificiais também foi registrada por Fonsêca-Genevois *et al.* (2006) estudando colonização da meiofauna em placas de alumínio. Para um estudo na mesma área feito por Nunes (2003) com mímicas de *Sargassum* foram registrados 5 gêneros em comum com o presente estudo. Dos 35 gêneros aqui registrados 15 também foram encontrados nos sedimentos de áreas próximas (Fonsêca-Genevois *et al.*, 1998).

No início do experimento, quando foi identificado o maior número de gêneros de Nematoda, a comunidade foi composta por nemátodes comedores de epistrato e predadores que se alimentam de outros indivíduos menores de outros grupos ou do mesmo grupo. Os comedores de epistrato diminuíram a frequência de ocorrência com o passar do tempo e ao final do experimento a predominância foi dos predadores. O grupo trófico mais abundante foi o 2A (comedores de epistrato), o que, segundo Warwick (1977), também é comum para comunidades de fital. Dos 21 gêneros de Nematoda registrados para o grupo trófico 2A, 15 também foram identificados para comunidades de fital estudadas próximo a área de implantação do presente experimento (Da Rocha, 2003; Lage, 2005).

Devido ao seu pequeno tamanho, alta taxa de renovação, ausência de dispersão larval e sensibilidade a mudanças nas condições ambientais, o estudo da meiofauna está atraindo um crescente interesse para seu uso potencial como ferramenta de amplo espectro no monitoramento ambiental (Higgins e Thiel, 1988; Coull e Chandler, 1992; Kennedy e Jacoby, 1999).

Estudos que contemplam os processos ecológicos envolvidos na colonização e na sucessão da meiofauna em substratos artificiais têm se mostrado cada vez mais importantes e urgentes. Conforme foi ressaltado por Danovaro e Fraschetti (2002), muitas costas urbanizadas têm concentrado agregações de estacas associadas com marinas e piers, sugerindo que a meiofauna de substratos artificiais rígido pode ser localmente abundante e, talvez, rivalizar ou superar a abundância total de meiofauna nas proximidades de habitats naturais (por exemplo, sedimentos, substratos consolidados naturais e macroalgas).

Os resultados aqui obtidos contribuíram com novos conhecimentos visando uma melhor compreensão da dinâmica da colonização da comunidade de meiofauna e de nemátodes em substratos artificiais. Sendo este um campo de estudos ainda recente, outros trabalhos mais detalhados levando em conta outros fatores que possam influenciar esta dinâmica serão necessários para o entendimento que possa levar a produção de modelos que caracterizem ou até possam prever a dinâmica dessas comunidades.

3.7 Referências

- Antoniadou, C., Voultsiadou, E., Chintiroglou, C. (2010). Benthic colonization and succession on temperate sublittoral rocky cliffs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 382: 145 – 153.
- Atila, N., Fleeger, J.W. (2000). Meiofaunal colonization of artificial substrates in an estuarine embayment. *PSZN I Marine Ecology*, 21: 69-83
- Atila, N., Wetzel, M.A., Fleeger, J.W. (2003). Abundance and colonization potential of artificial hard substrate-associated meiofauna. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 287: 273-287.
- Bell, S.S., Sherman, K.M. (1980). A field investigation of meiofauna dispersal: tidal resuspension and implications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3: 245-249.
- Bezerra, T.N. (1994). *Distribuição espaço-temporal da meiofauna do ístimo de Olinda – PE, com especial referência aos Nematoda livres*. Dissertação de mestrado em Oceanografia Biológica, Departamento de Oceanografia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 106p.
- Bezerra, T.N.; Genevois, B., Fonsêca-Genevois, V. (1997). Influência da granulometria na distribuição e adaptação da meiofauna na praia arenosa do ístimo de Olinda. PE. *Oecologia Brasiliensis*, 3: 107-116.
- Bodin, P.H. (1977). Les peuplements de Copépodes Harpacticóides (Crustacea) des sédiments meubles de la zone intertidale des côtes charentaises (Atlantique). *Mém. Mus. Natn. Hist. Nat. Paris, nouv. Sér.*, 104: 1-120.
- Branco, F.V. (2000). *Análise de dados de circulação (Enseada dos Anjos – Arraial do Cabo – Rio de Janeiro) com base nos dados de Perfilador Acústico Doppler de Correntes (ADCP)*. Monografia. Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Castro, B.C., Echeverria, C.A., Pires, D.O., Mascarenhas, B.J.A., Freitas, S.G. (1995). Distribuição de Cnidaria e Echinodermata no infralitoral de costões rochosos de Arraial do Cabo, RJ – Brasil. *Rev. Bras. Biol.*, 55(3): 471–480.
- Chandler, G.T., Fleeger, J.W. (1983). Meiofaunal colonization of azoic estuarine sediment in Louisiana: mechanisms of dispersal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 69: 175-188.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M. (1994). *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. Plymouth: Plymouth Mar Lab, UK.

- Commito, J.A., Tita, G. (2002). Differential dispersal rates in an intertidal meiofauna assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 268: 237-256.
- Coull, B.C. (1988). *Ecology of the marine meiofauna. Introduction to the Study of Meiofauna*. Smithsonian Inst Press, Washington, DC, 18–38.
- Coull, B.C., Chandler, G.T. (1992). Pollution and Meiofauna: Field, laboratory and mesocosm studies. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 30: 191-271.
- Da Rocha, C.M.C. (1991). *Meiofauna da margem sul da ilha de Itamaracá (PE) com especial referência aos Tardigrada*. Dissertação em oceanografia biológica, Centro de Tecnologia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 260p.
- Da Rocha, C.M.C. (2003). *Efeito do substrato fital na comunidade meiofaunística associada, com ênfase aos Nematoda livres*. Tese de doutorado em Oceanografia Biológica, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco.
- Danovaro, R., Fraschetti, S. (2002). Meiofaunal vertical zonation on hard-bottoms: comparison with soft-bottom meiofauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 230: 159-169.
- De Grisse, A.T. (1969). Description ou modification de quelques techniques utilisées dans l'étude des nematodes phytoparasitaires. *Mededelingen Rijkfakulteit Laandwwe Tenschappen Gent.*, 34: 351–369.
- Esteves, A.M. (1995). *Microdistribuição espacial da meiofauna na coroa do avião, Pernambuco*. Dissertação de mestrado em biologia animal. Centro de Ciências Biológicas, Recife, PE,. Universidade Federal de Pernambuco, 74p.
- Ferreira, C.E.L. (1998). *Partilha de recursos por herbívoros em um costão rochoso tropical, Arraial do Cabo, RJ*. Tese de Doutorado. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, São Carlos, SP, Universidade Federal de São Carlos, 87p.
- Ferreira, C.E.L., Gonçalves, J.E.A., Coutinho, R. (1993). Interações entre a estrutura da comunidade de peixes coralinos e a estrutura do habitat em um ambiente de costão rochoso. Paper presented at: *X Encontro Brasileiro de Ictiologia*, Universidade de São Paulo, SP, Brasil.
- Fleeger, J.W., Decho, A.W. (1987). Spatial variability of intertidal meiofauna: a review. *Styg.*, 3: 45-54.
- Fonsêca-Genevois, V. Satos, G.A.P., Castro, F.J.V., Botelho, A.P., Almeida, T.C.M., Coutinho, R. (2004). Biodiversity of marine nematodes from an atypical tropical coast area affected by upwelling (Rio de Janeiro, Brazil). *Meiofauna Marina*, 13: 37-44.

- Fonsêca-Genevois, V., Almeida, T.C.M., Coutinho, R., Silva, F.F. (1998). Efeito de um banco de *Sargassum furcatum* Kützing sobre a meiofauna no infralitoral da ilha de Cabo Frio – Rio de Janeiro – Brasil. *Acta Biol. Leopold.*, 20(2): 87–199.
- Fonsêca-Genevois, V., Somerfield, P.J., Neves, M.H.B., Coutinho, R., Moens, T. (2006). Colonization and early succession on artificial hard substrata by meiofauna. *Mar Biol.*, 148: 1039–1050.
- Giere, O. (2009). *Meiobenthology: the Microscopic Fauna in Aquatic Sediments*. 2nd Ed. Springer-Verlag, Berlin. 527p.
- Guimaraens, M.A., Coutinho, R. (1996). Spatial and temporal variation of benthic marine algae at Cabo Frio upwelling region. Rio de Janeiro, Brasil. *Aquatic Botany*, 52: 283–299.
- Hagerman, G.M., Rieger, R.M. (1981). Dispersal of benthic meiofauna by wave and current action in Bogue Sound, North Caroline, USA. *Mar. Ecol. Publ. Staz. Napoli.*, 2: 245-270.
- Heip, C., Vincx, M., Smoll, N., Vranken, G. (1982). The systematics and ecology of free-living marine nematodes. *Helminthological Abstracts, series B, Plant Nematology*, 51: 24p.
- Hicks, G.R.F. (1980). Structure of phytal harpacticoid copepod assemblages and the influence of habitat complexity and turbidity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 44: 157–192.
- Hicks, G.R.F. (1985). Meiofauna associated with rocky shore algae. In: Moore, P.G., Seed, R. (Eds.). *The Ecology of Rocky Coasts*. Hodder and Stoughton, London, 36–64.
- Hicks, G.R.F., Coull, B.C. (1983). The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 21: 67–175.
- Higgins, R.P., Thiel, H. (1988). *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 488p.
- Höckelmann, C., Moens, T., Jüttner, F. (2004). Odor compounds from cyanobacterial biofilms acting as attractants and repellents for free-living nematodes. *Limnol. Oceanogr.*, 49: 1809-1819.
- Jensen, P. (1981). Phytochemical sensitivity and swimming behaviour of the free-living marine nematode *Chromadorita tenuis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 4: 203-206.

- Karalis, P., Antoniadou, C., Chintiroglou, C. (2003). Structure of the artificial hard substrate assemblages in ports in Thermaikos Gulf (North Aegean Sea). *Oceanologica Acta*, 26: 215 – 224.
- Kennedy, A.D., Jacoby, C.A. (1999). Biological indicators of marine environmental health: Meiofauna - A neglected benthic component? *Env. Monit. Asses.*, 54: 47- 68.
- Lage, L.M. (2005). *Distribuição espaço-temporal da meiofauna associada a algas epilíticas em costão rochoso, com ênfase aos nematoda livres (Arraial do Cabo – Rio de Janeiro, Brasil)*. Dissertação de mestrado em Biologia Animal, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 156p.
- Lamshead, P.J.D.; Platt, H.M., Shaw, K.M. (1983). The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on a assessment of dominance and diversity. *J.f Nat. Hist.*, 17: 859-874.
- Lorenzen, S. (1994). *The phylogenetic systematic of freeliving nematodes*. London: Ray society, 383p.
- Medeiros, L.R.A. (1989). *Meiofauna de praias arenosas da Ilha de Anchieta*. Dissertação de mestrado em Zoologia Instituto de Biociências, São Paulo, SP, Universidade de São Paulo, 376p.
- Mirto, S., Danovaro, R. (2004). Meiofaunal colonization on artificial substrates: a tool for biomonitoring the environmental quality on coastal marine systems. *Mar. Poll. Bull.*, 48: 919–926.
- Moens, T., Van Gansbeke, D., Vincx, M. (1999). Linking estuarine intertidal nematodes to their suspected food. A case study from the Westerschelde Estuary (south-west Netherlands). *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, 79: 1017-1027.
- Moens, T., Vincx, M. (1998). On the cultivation of free-living marine and estuarine nematodes. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 77: 211-227.
- Nunes, J.L.S. (2003). *Colonização da meiofauna em ambientes algal e mimético do infralitoral da ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo – RJ, Brasil*. Dissertação de mestrado, Centro de Tecnologia e Geociência, Departamento de Oceanografia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 88p.
- Palmer, M.A. (1984). Invertebrate drift: behavioral experiments with intertidal meiobenthos. *Mar. Beh. Physiol.*, 10: 235-253.
- Palmer, M.A. (1986). Hydrodynamics and structure: interactive effects on meiofauna dispersal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 104: 53-68.

- Palmer, M.A. (1988). Dispersal of marine meiofauna: a review and conceptual model explaining passive transport and active emergence with implications for recruitment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 48: 81-91.
- Palmer, M.A. (1990). Temporal and spatial dynamics of meiofauna within the hyporheic zone of Goose Creek, Virginia. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 9(1): 17-25.
- Palmer, M.A., Gust, G. (1985). Dispersal of meiofauna in turbulent tidal creek. *J. Mar. Res.*, 43: 179-210.
- Palmer, M.A., Molloy, R.M. (1986). Water flow and the vertical distribution of meiofauna: a flume experiment. *Estuaries*, 9: 225-228.
- Platt, H.M., Warwick, R.M. (1983). *Free Living Marine Nematodes. British Enoplids*. Cambridge: Cambridge University Press, 307p.
- Platt, H.M., Warwick, R.M. (1988). *Free Living Nematodes. British Cromadorids*. Cambridge: Cambridge University Press, 502p.
- Riemann, F., Schrage, M. (1988). Carbon dioxide as an attractant for the free-living marine nematode *Adoncholaimus thalassophygas*. *Mar. Biol.*, 98: 81-85
- Rodrigues, R.R., Lorenzetti, J.A. (2001). A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on Southeast Brazilian coastal upwelling. *Cont. Shelf Res.*, 21: 371-394.
- Rutledge, P.A., Fleeger, J.W. (1993). Abundance and seasonality of meiofauna, including harpacticoid species, associated with stems of the salt marsh cord grass, *Spartina alterniflora*. *Estuaries*, 16: 760-768.
- Santos, P.J.P. (1999). O meiobentos da costa brasileira: padrões de diversidade e de dominância. *Anais do XII Encontro de Zoologia do Nordeste*. 91-100.
- Santos, P.J.P., Gomes, C.A.A., Almeida, Z.S., Fonsêca-Genevois, V., Souza-Santos, L.P. (2000). Diversidade de Copepoda Harpacticoida em área de manguezal do canal de Santa Cruz, PE, Brasil. *Anais do V simpósio e ecossistemas Brasileiros: conservação*. Resumo. Vitória, ES, 319-326.
- Santos, P.J.P., Silva, V.N.A.P. (1992). Macropolychaeta *Westheidei* N. sp.: First record of acrocirridae for the Brazilian coast (Annelida Polychaeta). *Nerítica*, 7: 7-12.
- Silva, G.S. (1997). *Prospecção do meiobentos mediolitorâneo da baía de Tamandaré, litoral sul de Pernambuco com ênfase aos Acari*. Dissertação de mestrado em oceanografia biológica, Departamento de Oceanografia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 110p.

- Silva, V.M.A.P., Grohmann, P.A., Nogueira, C.R.S. (1991). Estudos de meiofauna at Rio de Janeiro Coast, Brasil. *VIIth Symposium on coastal Management (Coastal Zone'91)*, 3: 2011-2022.
- Sun, B., Fleeger, J.W. (1994). Field experiments on the colonization of meiofauna into sediment depressions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 110: 167–175.
- Ullberg, J., Olafsson, E. (2003). Free-living marine nematodes actively choose habitat when descending from the water column. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 260: 141-149.
- Valentin, J. (1984). Analyses des paramètres hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). *Mar. Biol.*, 82: 259-276.
- Vopel, K., Arlt, G. (1995). The fauna of floating cyanobacterial mats in the oligohaline eulittoral zone of Hiddensee (SW coast of the Baltic Sea). *PSZN I Mar. Ecol.* 16: 217–231.
- Walters, K., Bell, S.S. (1986). Diel patterns of active vertical migration in seagrass meiofauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 34: 95–103.
- Walters, K., Bell, S.S. (1994). Significance of copepod emergence of benthic, pelagic and phytal linkages in a subtidal seagrass bed. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 108: 237–249.
- Warwick, R.M. (1977). The structure and seasonal fluctuations of phytal marine nematode associations on the Isles of Sicily. In: Keegan, B.F., Ceidigh, P.O., Booden, P.J.S. (Eds.). *Biology of Benthic Organisms*. Proc. 11th European Marine Biology Symposium. *Pergamon, Oxford*, 557– 585.
- Warwick, R.M., Platt, H.M., Somerfield, P.J. (1998). *Freeliving marine nematodes. Part III. Monhysterids. Synopses of the British Fauna (New Series) N^o. 53*. Field Studies Council, Shrewsbury, UK, 296p.
- Wieser, W. (1953). Freeliving marine nematodes. I. Enoploidea. Reports of Lund University Chile Expedition, 1949-9. *Acta Univ. Lund., N. F., Avd. 2, Bd.* 49: 1-155.
- Williamson, J.E., Cretese, R.G. (1996). Colonisation and persistence of patches of the crustose brown alga *Pseudolithoderma* sp. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 203: 191–208.

Capítulo 4

Variação da comunidade de nemátodes marinhos dos sedimentos ao longo de um gradiente de influência da ressurgência costeira de Arraial do Cabo, RJ, Brasil

4.1 Introdução

A meiofauna, definida por Mare (1942) como pequenos animais bentônicos que são retidos em peneiras com abertura de malha entre 500 e 44 μ m e com representantes de quase todos os filos de invertebrados, ocorre em grande abundância em sedimentos de todo o mundo (Soltwedel, 2000). Nesse ambiente, a meiofauna facilita a biomineralização da matéria orgânica aumentando a reciclagem de nutrientes e serve de alimento para uma variedade de níveis tróficos superiores (Coull, 1999).

A distribuição espacial e a composição da meiofauna nos sedimentos dependem de diversos fatores geológicos, químicos e físicos, a exemplo do hidrodinamismo, da salinidade, da temperatura, do teor de oxigênio, da granulometria e natureza do substrato (Renaud-Mornant *et al.*, 1984). Em ambientes marinhos esta comunidade ocorre desde o supralitoral até as grandes profundidades abissais, sendo o grupo mais abundante (Venberg e Coull, 1981).

Além dos fatores abióticos, os biológicos também exercem influência na meiofauna, principalmente a disponibilidade alimentar que condiciona a distribuição desta fauna em mosaicos (Findlay, 1981), a quimiotaxia (Venekey, 2002), a predação (Hicks, 1984) e a bioturbação (Schratzberger e Warwick, 1999).

Os habitats sedimentares cobrem a maior parte do fundo do oceano e, portanto, constituem o maior ecossistema do mundo em termos de cobertura espacial (Schratzberger *at al.*, 2006). Organismos bentônicos que ocupam esses habitats contribuem significativamente para a regulação do ciclo do carbono, do nitrogênio e do enxofre, processos na coluna de água, distribuição e destino dos poluentes, produção secundária e transporte e estabilidade dos sedimentos (Snelgrove *et al.*, 1997).

A maioria das pesquisas de fauna em ambientes sedimentares foi concentrada principalmente na macrofauna (McLachlan e Jaramillo, 1995). Em contraste, a meiofauna destes ambientes tem recebido menor atenção apesar de sua alta diversidade e densidade (até um milhão de indivíduos por metro quadrado) (McIntyre, 1969). Estes sedimentos são também caracterizados pela grande diversidade das comunidades de meiofauna (Heip *et al.*, 1985; Coull, 1988) com nematóides, geralmente, representando um dos grupos taxonômicos dominantes (Giere, 2009).

Apesar de sua alta dominância dentro da meiofauna, a pesquisa sobre nematóides de sedimentos é basicamente restrita a tratar os Nematoda como uma unidade taxonômica, embora o filo tenha sido considerado como diverso (Heip *et al.*, 1985) e, possivelmente, como um táxon hiper-diverso (Lambshhead, 1993; Lambshhead e Boucher, 2003) com uma distribuição global em solos e sedimentos. Os Nematoda são os metazoários mais abundantes em quase todos os ambientes constituindo cerca de 80-90% da meiofauna total e, sendo assim, dificilmente podem ser negligenciados (McIntyre, 1971). De cada quatro animais multicelulares na Terra, um é Nematoda (Bongers e Ferris, 1999). Considerando que a importância dos Nematoda parasitas tem sido reconhecida há várias décadas, este não é o caso das espécies de vida livre, especialmente as de ambientes aquáticos. Elas permanecem mal compreendidas, apesar do fato de que elas são extremamente abundantes e diversas, muitas vezes com milhões por metro quadrado nos sedimentos, e ocorrem na maioria dos habitats mais do que qualquer outro grupo de metazoários (Heip *et al.*, 1985).

Nemátodes também têm várias características indicadoras favoráveis para usá-los como bio-indicadores de condições ambientais (Schratzberger *et al.*, 2000) e se sabe a partir de experimentos que são ecologicamente muito heterogêneos e ocupam diferentes posições nas teias alimentares bentônicas (Schmid-Araya e Schmid, 2000; Aarnio, 2001).

Nos sedimentos marinhos, os nemátodes influenciam direta ou indiretamente muitos processos associados com a degradação de matéria orgânica. Supõe-se que as comunidades de nemátodes aumentem o fluxo de energia, as taxas de mineralização, a recirculação de nutrientes e possam ter uma influência importante e direta sobre a produtividade de águas rasas (Platt e Warwick, 1980; Heip *et al.*, 1982, 1985).

Na maioria dos habitats marinhos, os nematóides formam numericamente o grupo animal dominante (Schratzberger *et al.*, 2006) e sua distribuição ubíqua, bem como sua alta abundância e diversidade, muitas vezes, fornecem conjuntos de dados mais robustos do que podem ser obtidos com a maioria dos organismos de dimensões maiores (Heip *et al.*, 1985).

Dentro da rede de organismos bentônicos, os nematóides absorvem compostos orgânicos dissolvidos, consomem fungos e outros organismos, reciclam nutrientes, influenciam a textura do sedimento pela sua secreção de muco,

melhoram a difusão de gases e servem de alimento para outros organismos, incluindo os predadores pertencentes ao seu próprio táxon (Bongers e Van de Haar, 1990).

As diferenças na estrutura das assembléias de nematóides em grandes escalas horizontais estão relacionadas principalmente a diferenças na composição dos sedimentos, condições hidrodinâmicas, salinidade e a disponibilidade de recursos alimentares (Heip *et al.*, 1985; Soetaert *et al.*, 1994, 1995, Li *et al.*, 1997; Steyaert *et al.*, 1999, 2003; Tita *et al.*, 2002; Somerfield *et al.*, 2003; Giere, 2009). Na escala vertical, fatores abióticos e bióticos causam mudanças na estrutura da comunidade de nematóides nos centímetros superiores do sedimento que são tão grandes como aqueles que ocorrem ao longo de centenas de metros em escala horizontal (Heip *et al.*, 1985; Steyaert *et al.*, 2003).

A comunidade de nemátodes, assim, pode desempenhar um papel fundamental nos ciclos sedimentares de materiais e, tal como formulada por Platt e Warwick (1980), qualquer avaliação geral da ecologia de um dado habitat estará incompleta se a fauna de nematóides não for levada em consideração. Uma vez que nematóides combinam alta diversidade com tempo de geração curto, eles são capazes de responder rapidamente a alterações na oferta de alimentos. Devido às suas estratégias de reprodução, as mudanças na estrutura da população em geral podem ser relacionadas a uma mudança nas condições ambientais.

A descrição dos padrões de distribuição ainda é um dos pontos de partida fundamental na ecologia de comunidades biológicas (Underwood *et al.*, 2000). Dentre os vários fatores ambientais que podem influenciar a distribuição da meiofauna nos sedimentos marinhos está o fenômeno da ressurgência. A ressurgência costeira é um fenômeno de mesoescala (~ = 100 km) forçado por ventos que sopram ao longo das margens continentais. Devido ao efeito Coriolis, é gerado um componente de fluxo da superfície em direção para fora da costa. Este fluxo para longe da costa, chamado deriva de Ekman, é compensado pela subida das águas frias profundas do oceano à superfície trazendo nutrientes para a camada eufótica, onde a fotossíntese ocorre tendo os nutrientes disponíveis para fitoplâncton (Carbonel e Valentin, 1999). Como consequência ocorrem alta produtividade primária e alta produção pesqueira.

Há fortes evidências de importantes impactos ecológicos e climáticos deste fenômeno na região. Matsuura (1996 e 1998) mostra o papel significativo

desempenhado por esta ressurgência no enriquecimento de nutrientes da coluna de água, um fator fundamental de apoio à produtividade na região.

Desde a clássica equação predador-presa de Lotka-Volterra, cientistas marinhos têm tentado descrever os processos de produção biológica no oceano pela dedução de equações que representam a interação de elementos biológicos com o ambiente (Patten, 1968).

Apesar de a dinâmica sazonal da ressurgência ter sido relatada como um fator de enriquecimento importante para as comunidades marinhas que vivem na área (Pires-Vanin *et al.*, 1993), um estudo comparativo para identificar diferenças na estrutura da fauna bentônica em uma extensão mais ampla da plataforma não foi feito até agora.

Enquanto as respostas da comunidade planctônicas para o enriquecimento de nutrientes são bem conhecidas, tanto para o fitoplâncton (Valentin *et al.*, 1987; Valentin, 2001) quanto para zooplâncton (Gonzalez-Rodriguez *et al.*, 1992; Valentin e Monteiro-Ribas, 1993), o sistema bentônico tem sido pouco estudado em relação aos efeitos dos fatores de produção de matéria orgânica.

A ressurgência local atua de forma ativa na área mais exposta da região costeira de Cabo Frio, enquanto que as áreas mais abrigadas, como as enseadas, sofrem efeito esporádico. Desta forma os efeitos tais como a baixa temperatura, salinidade mais alta e enriquecimento de nutrientes são mais pronunciados na área exposta. Dentro de um gradiente de influência da ressurgência, é possível supor que a nematofauna tenha uma distribuição diferenciada em resposta às diferenças das condições ambientais.

4.2 Objetivo

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a distribuição espacial da nematofauna associada aos sedimentos marinhos ao longo de um transecto em um gradiente de influência da ressurgência.

4.3 Hipótese

A nematofauna associada aos sedimentos marinhos varia ao longo do transecto de acordo com o gradiente de influência da ressurgência local.

4.4 Material e Métodos

4.4.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido na região costeira de Arraial do Cabo, RJ (Fig. 4.1), onde foram prospectadas seis estações dispostas ao longo de um transecto desde a parte interna da Ilha de Cabo Frio, na qual os efeitos da ressurgência são atenuados, até a face externa, com efeitos mais intensos (Tab. 4.1).

A região costeira de Cabo Frio é caracterizada pela ocorrência de eventos de ressurgência muito rápidos e é considerado um sistema incomum do litoral tropical brasileiro. Nesta região, ao longo da faixa costeira de 25 milhas náuticas, as águas subtropicais da plataforma (12-15°C e 35,1-35,5 ‰) constituem a principal massa de água do processo de ressurgência (Stech e Lorenzetti, 1992).

Anomalias de temperatura na superfície do mar causadas pelo vento, impulsionando a ressurgência costeira, estão presentes na plataforma continental sudeste brasileira, especialmente durante o verão austral. Os núcleos principais de ressurgência são observados do Rio Doce ao Rio de Janeiro; embora mais fracas, várias células de afloramento também são observadas ao longo da costa mais ao sul até à plataforma continental do sul do Brasil (Kampel *et al.*, 1997). O sinal de afloramento é facilmente visto em imagens de satélite de infravermelhos.

Quando os ventos de nordeste persistem por vários dias, pode ocorrer uma ressurgência forte com temperatura de superfície caindo a 15°C, perto da costa de Cabo Frio. Estas temperaturas são cerca de 10°C mais frias do que as das águas da plataforma média e externa. As camadas superficiais do talude da região são normalmente ocupadas pelas águas da Corrente do Brasil (CB) com altas temperaturas e salinidades. As temperaturas da CB podem variar de 25 a 27°C durante o verão e de 22 a 24°C durante o inverno. Salinidades normalmente variam de 36,5-37,0 (Castro e Miranda, 1998).

Quando frentes frias atmosféricas passam pela região, os ventos de superfície giram e sopram do quadrante sul, inibindo a ressurgência (Stech e Lorenzetti, 1992).

Os eventos de ressurgência na região são fortemente sazonais, e estão concentrados na primavera e no verão (de setembro até final de março). Durante esta parte do ano, o centro de alta pressão do Atlântico Sul faz prevalecer os ventos

predominantes de Nordeste, com uma grande componente paralela à costa, conforme é necessário para o desenvolvimento da ressurgência costeira. Durante o outono e o inverno, passagens de eventos atmosféricos frontais mais fortes e mais frequentes são observadas na região (Rodrigues e Lorenzetti, 2001). Também foi registrado que o ciclo sazonal da ressurgência de Cabo Frio está associado com a migração sazonal da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) para perto e longe da costa na plataforma continental. Vários estudos têm mostrado que a ACAS é a fonte de águas frias que afloram próximo à costa nesta região (Campos *et al.*, 1995; Valentin *et al.*, 1987; Miranda, 1985).

Embora a ressurgência seja um fenômeno marcante desta região, mostra uma variação significativa ao longo da costa. Células de ressurgência e plumas são freqüentemente observadas ao sul de Cabo Frio e Cabo de São Tomé, bem como perto de Vitória (Rodrigues e Lorenzetti, 2001). O sinal mais forte da ressurgência (temperatura mais baixa da superfície) ocorre perto de Cabo Frio e, por isso a maioria dos estudos desse fenômeno tem sido realizada nesta área. Conjectura-se na literatura que a intensificação localizada em Cabo Frio, bem como as localizações de célula de ressurgência estão relacionadas com a topografia do fundo local (Mascarenhas *et al.*, 1971; Valentin *et al.*, 1987). Fundos com encostas íngremes estão concentrados na plataforma externa e talude norte de Cabo Frio. Só em Cabo Frio está uma inclinação forte concentrada na plataforma interna, onde a isóbata de 100m encontra-se a 7 km da costa (Rodrigues e Lorenzetti, 2001).

As coletas biológicas foram realizadas no dia 09 de janeiro de 2007 a bordo do Aviso de Pesquisa Oceanográfico Diadorim – IEAPM 01 da Marinha do Brasil.

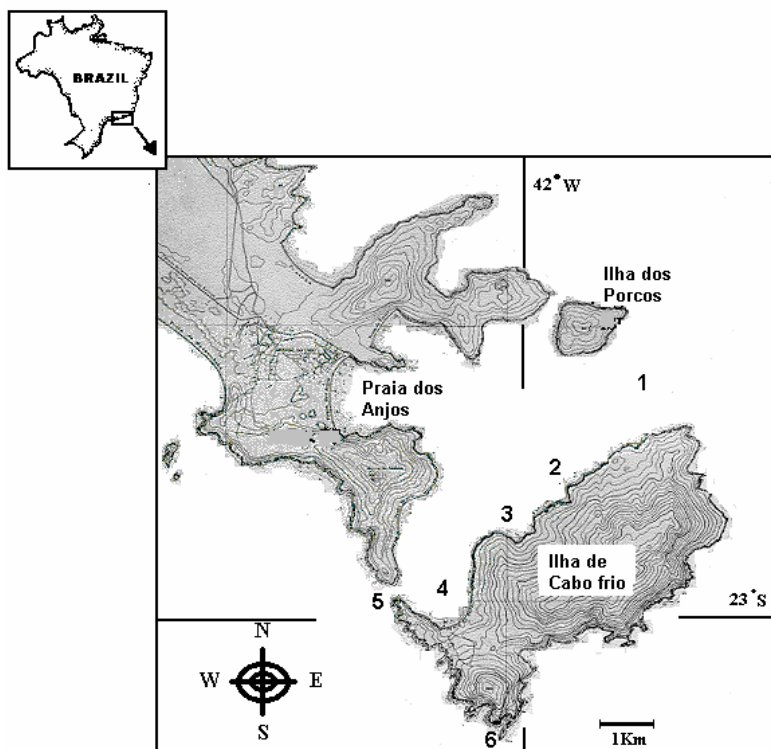


Figura 4.1: Área de estudo indicando os pontos de coleta de sedimentos e dados hidrológicos (1 a 6) em Arraial do Cabo, RJ.

Tabela 4.1 – Localização e nomenclatura das estações de coleta.

Estação	Latitude	Longitude	Profundidade
1 – Porcos	22°58'20"S	041°59'03"W	45m
2 – Pedra Vermelha	22°59'09"S	041°59'36"W	13m
3 – Maramutá	22°59'26"S	042°00'12"W	7m
4 – Praia do Farol	23°00'00"S	042°00'20"W	3m
5 – Boqueirão	22°59'54"S	042°00'49"W	20m
6 – Ponta do Focinho	23°01'04"S	042°00'05"W	60m

4.4.2 Hidrologia

As amostras de água do mar para determinação dos parâmetros físico-químicos (temperatura e salinidade) foram coletadas com garrafas de Nansen e Van - Dorn em duas profundidades: superfície e fundo.

4.4.2.1. Análise e determinação dos parâmetros físico-químicos

A temperatura da água do mar foi obtida utilizando-se termômetro de inversão acoplado à garrafa de Nansen.

Para a determinação da salinidade foi utilizado um salinômetro Auto-Sal, marca Guildeline, modelo 8400A.

Na caracterização das condições de temperatura e salinidade da Enseada dos Anjos foram utilizados dados coletados com termômetro de reversão e salinômetro de indução, após coleta de amostras com garrafas de Nansen. Também foram utilizados perfis obtidos com CTD (Conductivity, Temperature and Depth)

Os parâmetros físico-químicos foram registrados pela Divisão de Química do Departamento de Oceanografia do IEAPM.

O regime de correntes foi obtido por meio de medições de campo, com o emprego de Acoustic Doppler Current Meter (ADCP) e correntógrafo Aanderaa modelo RCM-7.

Os dados de direção e intensidade do vento foram obtidos através da estação meteorológica do IEAPM.

4.4.2.2 Massas de Água

Os dados de temperatura e salinidade foram obtidos através das séries temporais do IEAPM para a caracterização das massas de água presentes na Praia do Farol da Ilha de Cabo Frio, parte abrigada da Ilha de Cabo Frio. Os dados são do período de 2000 a 2005.

De acordo com a posição dos pares TS utilizados conforme os trabalhos de Miranda e Katsuragawa (1991) e Aidar *et al.*, (1993), observa-se que, no interior das Enseadas dos Anjos podem ser encontradas as seguintes massas de água (Fig. 4.2):

- Mistura de Água Costeira e Tropical (AC + AT) – definida por valores de temperatura maiores que 20°C e de salinidade entre 35,4 e 36, sendo a mais comumente encontrada.
- Água Costeira (AC) – apresenta salinidade menor que 35,4 e temperatura entre 18 e 20°C.
- Água Tropical (AT) - massa d'água normalmente transportada pela Corrente do Brasil, tem temperatura maior que 20°C e salinidade maior que 36.
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS) – apresenta temperatura mínima de 6°C e máxima de 18°C, com salinidade variando entre 34,6 e 36, segundo os critérios de Sverdrup *et al.* (1942). É formada na Convergência Subtropical e atinge a superfície em condições de ressurgência, como ocorre na área.
- Mistura de Água Central do Atlântico Sul e Água Costeira (ACAS + AC) - temperatura entre 18 e 20°C e salinidade no intervalo 35,4 e 36.
- Mistura de Água Central do Atlântico Sul e Água Tropical - temperatura entre 18 e 20°C e salinidade maior que 36.

A presença da ACAS é devida à advecção, pelo vento e/ou maré, da água oriunda da ressurgência. Nota-se no diagrama que alguns pontos se localizam próximos aos limites dessa massa, podendo-se inferir que sejam originalmente da ACAS, mas que tiveram suas características, especialmente de temperatura, localmente alteradas.

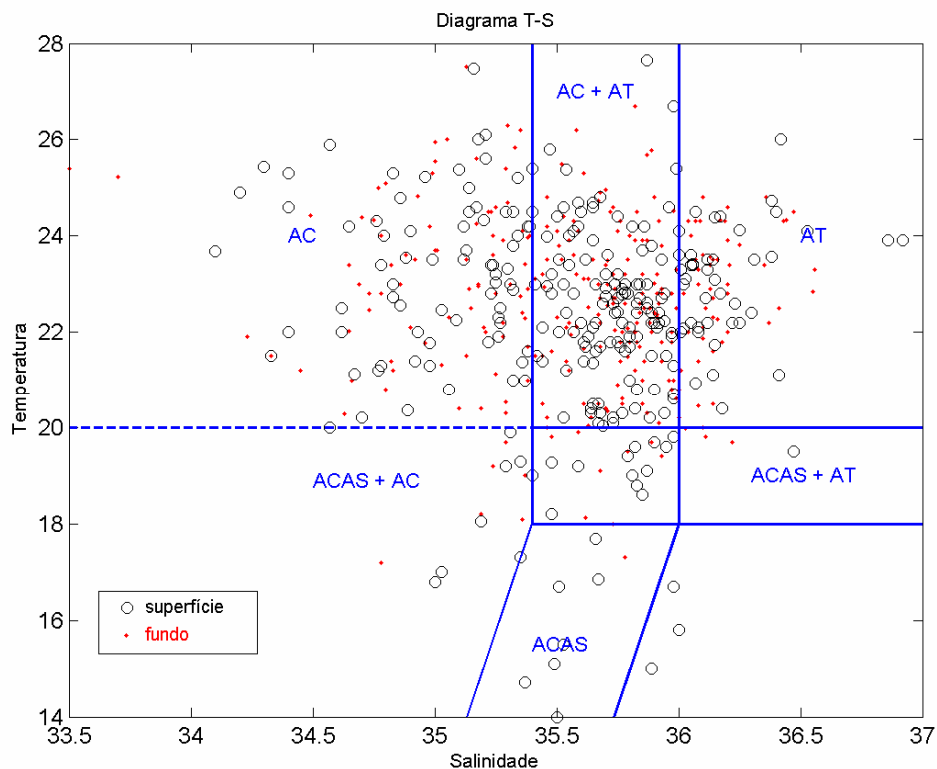


Figura 4.2: Diagrama TS espalhado para o ponto de coleta. Os círculos pretos indicam pares TS para a superfície e os pontos em vermelho os de fundo.

4.4.2.3 Circulação de correntes

A circulação na região costeira de Arraial do Cabo tem 3 componentes principais. A primeira são as correntes de meso-escala, geradas externamente às Enseadas dos Anjos e que entram pelos Boqueirões Norte/Nordeste ou Sul. Há a circulação gerada pela maré, que entra pela região norte e gera correntes que invertem seu sentido em períodos de, aproximadamente, 6 horas. Por fim, existe a circulação imposta localmente pelo vento dentro da Enseada.

O padrão de circulação é dirigido pelo vento em meso-escala, gerador das correntes externas e modulado pela maré. Na presença de correntes de meso-escala fortes, são estas que indicam o sentido da circulação, mantendo, porém, oscilações inerentes à maré, mas sem alteração no rumo. Já em ocasiões em que a dinâmica externa é fraca, as correntes dominantes são geradas pela maré (Branco, 2000).

As maiores intensidades de corrente estão localizadas no Boqueirão Sul, podendo chegar a 153 cm/s (Branco, 2000). Os eventos relacionados à circulação provocada pelo vento NE e, portanto, correntes para SW, tendem a ter menor intensidade e maior duração.

4.4.2 Desenho amostral

4.4.2.1 Sedimentos

Em cada estação foi retirada uma amostra de sedimento com auxílio de um pegador do tipo van-Veen. De cada uma das amostras coletadas foi retirada uma subamostra de aproximadamente 100cm³ para a posterior análise da nematofauna.

O tamanho de grãos foi determinado utilizando técnicas de peneiramento e pipetagem (Suguió, 1973). Um diagrama triangular Folk e Ward (1957) e Shepard (1954) foi obtido para classificação granulométrica. O conteúdo de matéria orgânica total de cada amostra de sedimentos foi obtida através do método de calcinação utilizando uma mufla (480-550 ° C por 2,5h) (Byers *et al.* 1978). As análises de granulometria foram realizadas no Laboratório de Geologia do IEAPM.

4.4.2.2 Processamento das amostras biológicas de sedimento

As amostras de sedimento foram lavadas em água do mar corrente sobre um conjunto de peneiras de abertura de malha de 500µm e 44 µm. O material retido na peneira de 500µm foi descartado e o da peneira de 44 µm foi vertido em um béquer para a elutrição manual, a fim de retirar a fauna que se acumula no sobrenadante. A fauna foi acondicionada em frascos de acrílico de 40ml e conservada em uma solução de formol a 4%.

A nematofauna foi identificada ao nível de gênero. Este nível taxonômico é comumente utilizado na literatura do grupo.

Para o estudo taxonômico dos Nematoda livres, 120 indivíduos de cada estação foram retirados das amostras com estilete de Inox e colocados em cadinhos para diafanização. Neste processo, que permite o exame das estruturas internas, foi utilizada a técnica descrita por De Grisse (1969). Esta técnica consiste em introduzir os animais sequencialmente em três soluções: Solução 1: 99% de formol a 4% mais

1% de glicerina (24 horas de repouso em dessecador); Solução 2: 95% de etanol mais 5% de glicerina (10 horas ao ar livre) e Solução 3: 50% de etanol mais 50% de glicerina.

Cada lâmina foi montada com 10 animais, previamente preparada com um círculo de parafina, contendo uma gota de Glicerina. As lâminas foram fechadas com lamínula, sendo o conjunto levado ao aquecimento, a fim de derreter a parafina e lacrar as lamínulas.

A identificação da nematofauna foi realizada sob microscópio óptico, utilizando-se as chaves pictóricas propostas por Platt e Warwick (1983, 1988) e Warwick, Platt e Somerfield (1998). Para a confecção da lista taxonômica foi adotada a classificação proposta por Lorenzen (1994).

4.4.3 Análise dos Dados

A abundância relativa (A) da nematofauna foi calculada pelo percentual do número de indivíduos de cada gênero presente em cada amostra, utilizando-se a seguinte fórmula.

$$A = n \cdot 100 / N$$

Onde: n = número de indivíduos do táxon identificado na amostra

N = número total de indivíduos na amostra

Para o cálculo da frequência de ocorrência (F) foi empregada a seguinte fórmula:

$$F = m \cdot 100 / M$$

Onde: m = número de amostras onde o táxon ocorreu

M = número total de amostras estudadas

A frequência de ocorrência dos gêneros de Nematoda seguiu o critério apresentado por Bodin (1977): foram considerados de distribuição constante aqueles presentes em mais de 75% das amostras e aqueles presentes em 50% a 75%, muito freqüentes. De distribuição freqüente, foram considerados os presentes em 25% a 50% das amostras e aqueles que ocorrem em menos de 25% das amostras, raros.

Através do programa PRIMER, versão 5.2.4 (Clarke e Warwick, 1994), foi feita uma ordenação não métrica (MDS) para averiguar graficamente os padrões das associações e composição da nematofauna.

Análises de similaridade (ANOSIM) foram aplicadas com objetivo de identificar diferenças significativas na composição nematofaunística. A análise SIMPER foi aplicada para determinar quais os componentes das comunidades foram responsáveis pelas similaridades e/ou dissimilaridades entre as situações testadas.

Foi calculado o índice de diversidade de Shannon-Wiener ($\log 2$) para cada situação testada.

Curvas de K-dominância (Lambhead *et al.*, 1983) foram construídas para comparar a diversidade dos gêneros de Nematoda em escala temporal.

4.5 Resultados

4.5.1 Condições meteorológicas

Pela evolução da direção e da intensidade do vento (Figura 4.3), verifica-se que até o dia 7 de janeiro de 2007, as condições estavam propícias para a ocorrência de ressurgência na região externa à Enseada dos Anjos, com ventos fortes de NE, considerando-se a época do ano.

Nos dias imediatamente anteriores às coletas, a intensidade do vento diminuiu, mantendo-se baixa por vários dias, e sua direção passou a oscilar, tendo, porém, direção mais constante de SW. Nessas condições, a ressurgência cessa e a água fria tende a ser advectada para dentro da enseada, seja pelo vento ou maré.

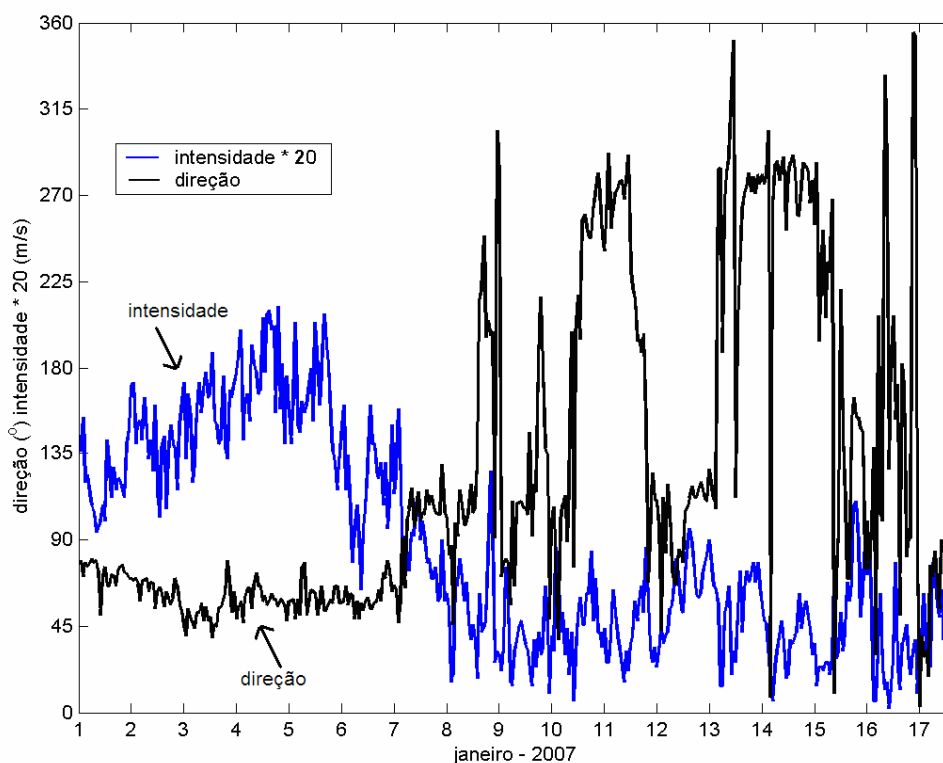


Figura 4.3: Direção e intensidade do vento no período da coleta das amostras. (Sedido pelo Dr. Rogério Candela - Divisão de Física, Departamento de Oceanografia, IEAPM).

4.5.2 Temperatura e salinidade da água do mar

Uma estratificação térmica foi observada na coluna d'água no período de estudo, apresentando valores médios de $20,1^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ na superfície e $16,4^{\circ}\text{C} \pm 0,8$ no fundo (Fig. 4.4).

As menores temperaturas, registradas na camada de fundo, variaram entre $15,0$ e $17,4^{\circ}\text{C}$. Temperatura inferior a 18°C e salinidade entre $34,6$ e 36 são características da Água Central do Atlântico Sul - ACAS, que aflora devido às condições meteorológicas, topográficas e oceanográficas da região. As estações 1, 5 e 6, localizadas nas partes mais externas e mais expostas à ressurgência, apresentaram as menores temperaturas.

A temperatura foi mais elevada na superfície, apresentando valores $19,1$ e $21,3^{\circ}\text{C}$. A temperatura de superfície apresentou pouca variação, mostrando uma homogeneização da massa de água superior. Por outro lado a temperatura de fundo apresentou uma variação maior e com dois gradientes principais. O primeiro englobando as estações mais profundas e mais expostas (1 e 6) e o segundo com as estações mais abrigadas dentro das Enseadas do Arraial do Cabo (2, 3, 4 e 5).

Foi observada pouca variação entre os valores médios da salinidade entre as profundidades de coleta, apresentando concentrações de $35,18 \pm 0,12$ na camada superficial e $35,45 \pm 0,17$ no fundo (Fig. 4.5).

Os valores de temperatura, associados aos valores de salinidade (ver diagrama TS), indicam que a área de estudo está sendo influenciada pela ACAS na camada de fundo e pela ACAS e Água Costeira (AC) mais superficialmente (Fig. 4.6).

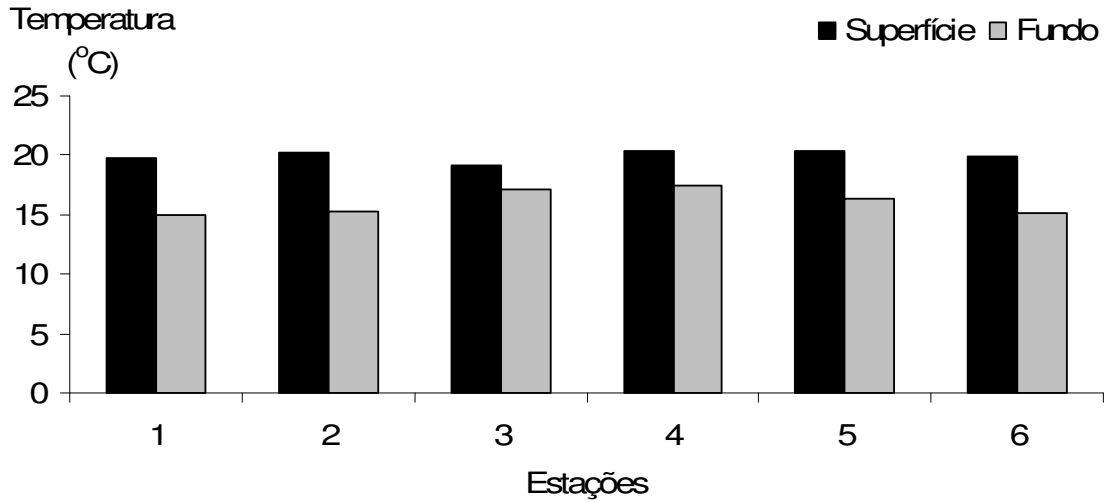


Figura 4.4: Variação da temperatura na superfície e fundo em todas as estações de coleta.

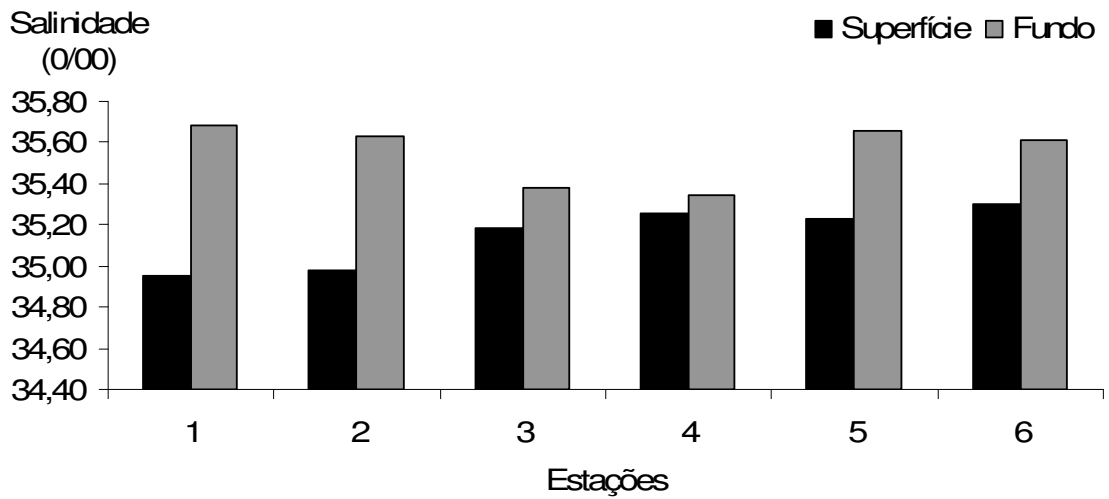


Figura 4.5 Variação da salinidade na superfície e fundo em todas as estações de coleta.

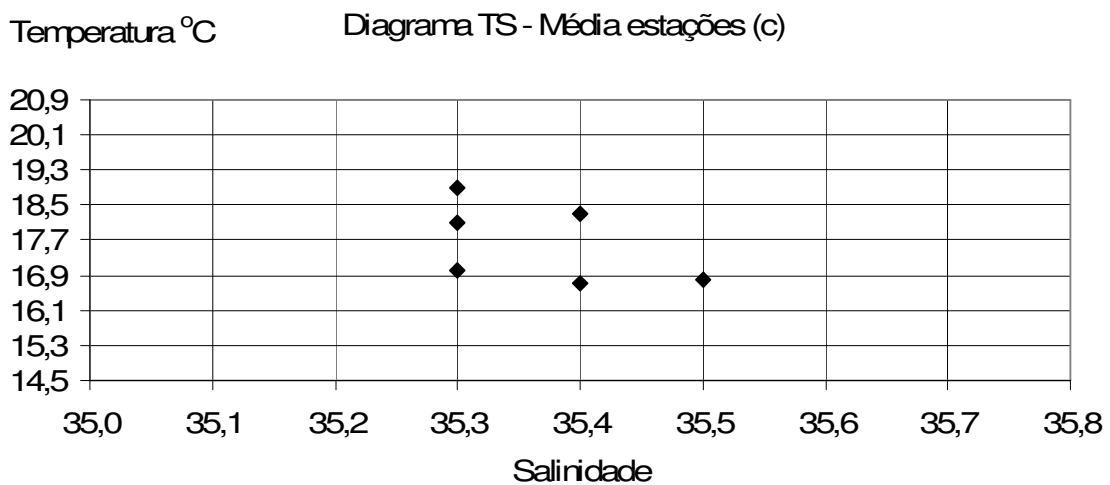
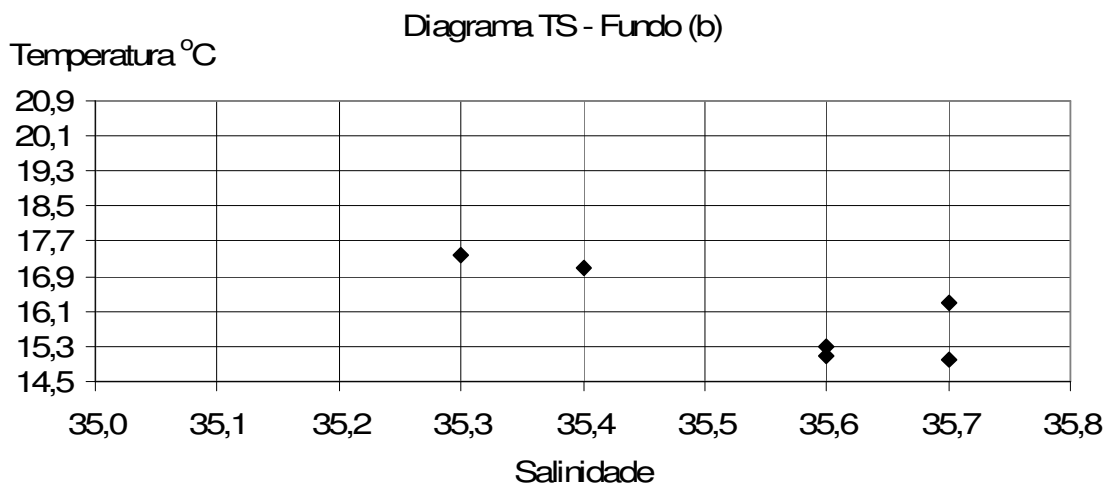
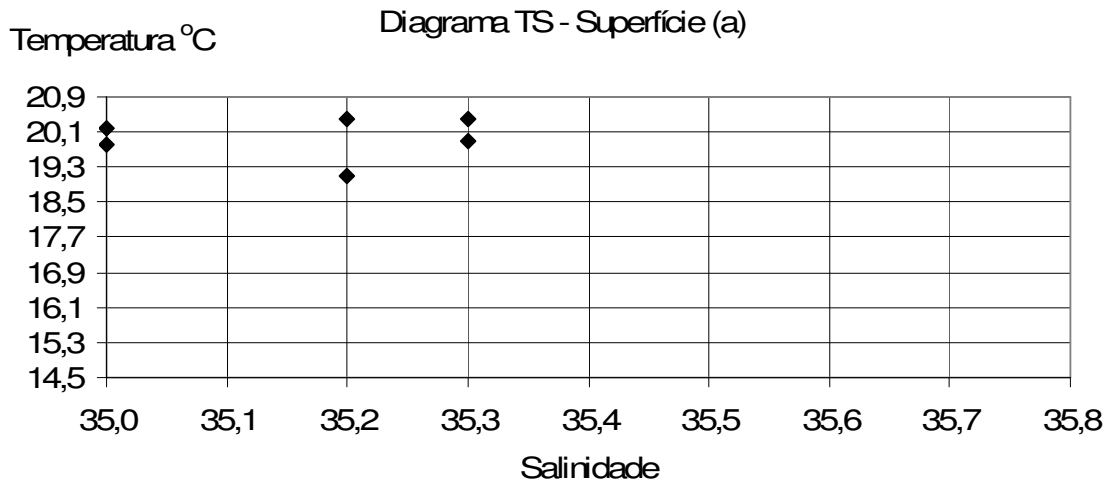


Figura 4.6: Diagrama TS (Temperatura x Salinidade) para todas as estações de coleta na superfície (a), fundo (b) e média das estações (c).

4.5.3 Características e tipos de sedimentos

Sedimentos da área de amostragem (6 estações) foram classificados em dois grupos (silte fino e areia fina) de acordo com a granulometria média. As estações 2, 3, 4 e 5, classificadas como de areia fina com grau de seleção “bem selecionado”, tiveram porcentagem de areia em torno de 98% do total de grãos. As estações 1 e 6, de maior profundidade, foram classificadas como de silte fino, tendo porcentagem menor de areia e uma maior porcentagem de silte e de argila (Tab. 4.2).

O conteúdo de matéria orgânica no sedimento variou de 3,74% (estação Porcos, com porcentagem alta de silte e argila) a 0,08% (estação Maramutá, com alta porcentagem de areia).

As estações mais externas e de maior influência da ressurgência são as que possuem silte fino e maior conteúdo de matéria orgânica.

Tabela 4.2: Estações amostradas e suas características de sedimento.

Estação(Nº/nome)	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argil a	Classificação (Shepard, 1954)	Grau de seleção	% Mat. Org.	% C. Org.	% CaCO ₃
1 – Porcos	0,13	22,83	49,24	27,8 1	Silte fino	Muito pobremente selecionada	3,74	2,2	30,64
2 – Pedra Vermelha	0,12	98,04	1,84	0	Areia fina	Bem selecionada	0,25	0,15	5,2
3 – Ponta do Maramutá	1,21	98,64	0,14	0	Areia fina	Bem selecionada	0,08	0,05	7,13
4 – Praia do Farol	0,89	98,74	0,36	0	Areia fina	Bem selecionada	0,2	0,12	8,25
5 – Boqueirão	0,62	98,78	0,59	0	Areia fina	Bem selecionada	0,18	0,1	8,64
6 - P. Focinho	0,11	19,97	51,22	28,7	Silte fino	Muito pobremente selecionada	2,75	1,4	18,32

4.5.4 Variáveis ambientais

Na análise de componentes principais (PCA) baseada nas variáveis ambientais (incluindo profundidade, temperatura, salinidade, % de matéria orgânica, % carbono orgânico e % de silte/argila) para todas as estações estudadas, os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 96,5% da variabilidade total. No eixo PC1, a profundidade, a temperatura, a % de matéria orgânica e a % de silte/argila foram fatores importantes para diferenciar as estações amostradas. Altos valores de temperatura estão relacionados às estações mais rasas e com menor quantidade de matéria orgânica em geral (Fig. 4.7). De um lado, portanto, estão as estações 3 e 4, da Enseada, e do outro as mais expostas aos efeitos da ressurgência e mais profundas, 1 e 6. As estações 2 e 5 não estão relacionadas a este primeiro fator por terem características intermediárias. No eixo PC2, a salinidade foi o fator mais importante (Tab. 4.3). Este segundo fator explica pouco da variação quando comparado com o primeiro (+/-15%). As estações 2 e 5 estão mais relacionadas com este fator do que as demais.

Tabela 4.3: Coeficientes de cada variável ambiental nos eixos PC e variações cumulativas de PC1 – PC5.

Variáveis Ambientais	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Profundidade	-0,433	-0,033	-0,723	0,213	0,493
Temperatura	0,403	-0,415	-0,417	-0,7	0,018
Salinidade	-0,313	0,744	-0,072	-0,58	-0,079
% Mat. Orgânica	-0,43	-0,31	0,231	-0,217	0,033
% Carb. Orgânico	-0,422	-0,328	0,423	-0,28	0,352
% Silte/Argila	-0,435	-0,263	-0,255	0,042	-0,791
Variação cumulativa (%)	81,3	96,5	99,1	99,9	100

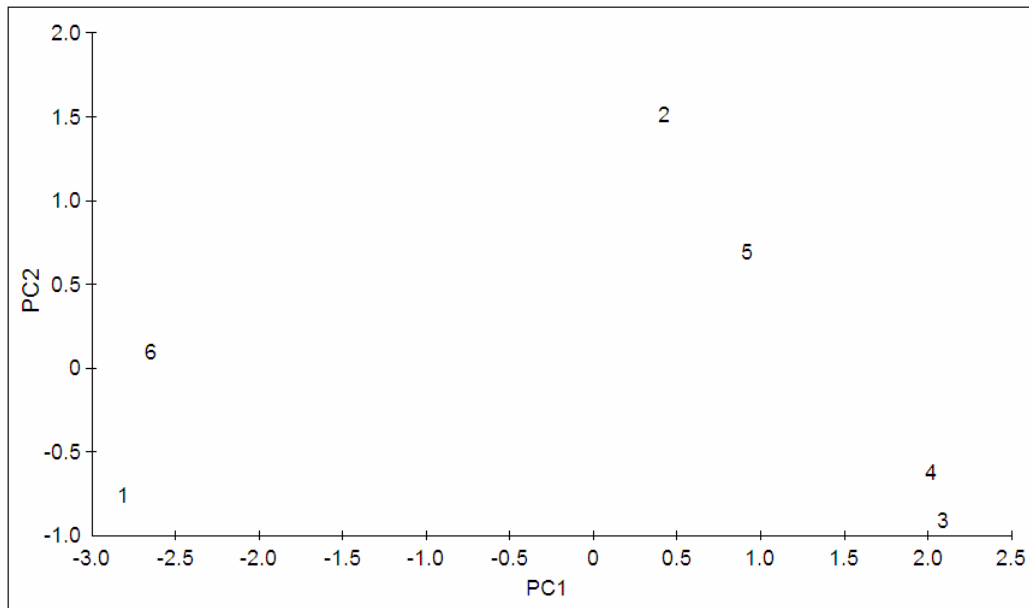


Figura 4.7: Gráfico de PCA baseado nas variáveis ambientais para as estações amostradas.

4.5.5 Nematofauna

Foram identificadas 87 gêneros distribuídos em 23 famílias. A ordem com maior número de famílias foi Chromadorida com 14. A família mais representativa foi Xyalidae com 16 gêneros identificados. A seguir está a classificação dos nemátodes coletados.

Lista taxonômica

Classe Adenophorea

Sub-Classe Enoplia

Ordem Enoplida

Sub-Ordem Enoplina

Família Thoracostomopsidae

Enoploides Filipjev, 1912

Enoplolaimus De Man, 1893

Epacanthion Wieser, 1953

Mesacanthion Filipjev, 1927

Oxyonchus Filipjev, 1927

Paramesacanthion Wieser, 1953

Família Anoplostomatidae

Anoplostoma Bütschli, 1874

Família Oxystominidae

Oxystomina Filipjev, 1927

Família Oncholaimidae

Filoncholaimus Filipjev, 1927

Methoncolaimus Filipjev, 1918

Meyersia Hopper, 1967

Viscosia De Man, 1890

Família Enchelidiidae

Bathyeurystomina Lamshead e Platt, 1979

Polygastrophora De Man, 1922

Symplocostoma Bastian, 1865

Sub-Classe Chromadoria

Ordem Chromadorida

Sub-Ordem Chromadorina

Família Chromadoridae

Chromadorella Filipjev, 1918

Dichromadora Kreis, 1929

Innocuonema Inglis, 1969

Neochromadora Micoletzky, 1924

Rhips Cobb, 1920

Spilophorella Filipjev, 1917

Trochamus Boucher e Bovée, 1972

Família Comesomatidae

Comesoma Bastian, 1865

Paramesonchium Hopper, 1967

Pierrickia Vitiello, 1970

Sabatieria Rouville, 1903

Setosabatieria Platt, 1985

Vasostoma Wieser, 1954

Família Cyatholaimidae

Acanthonchus Cobb, 1920

Cyatholaimus Bastian, 1865

Marylynnia Hopper, 1977

Paracyatholaimoides Gerlach, 1953

Pomponema Cobb, 1970

Família Selachnematidae

Gammanema Cobb, 1920

Halichoanolaimus De Man, 1886

Latronema Wieser, 1954

Richtersia Steiner, 1916

Synonchiella Cobb, 1933

Família Desmodoridae

Desmodora De Man, 1889

Echinodesmodora Blome, 1982

Metachromadora Filipjev, 1918

Molgolaimus Ditlevsen, 1921

Perspiria Wieser e Hopper, 1967

Sigmophoranema Hope e Murphy, 1972

Spirinia Gerlach, 1963

Stygodesmodora Blome, 1982

Família Epsilonematidae

Epsilonema Steiner, 1927

Família Microlaimidae

Bolbolaimus Cobb, 1920

Microlaimus De Man, 1880

Família Aponchidae

Synonema Cobb, 1920

Família Monoposthiidae

Monoposthia De Man, 1889

Nudora Cobb, 1920

Rhinema Cobb, 1920

Sub-Ordem Leptolaimina

Família Leptolaimidae

Antomicron Cobb, 1920

Família Tarvaiidae

Tarvaia Allgén, 1934

Família Ceramonematidae

Ceramonema Cobb, 1920

Dasynemoides Chitwood, 1936

Metadasynemoides Haspeslagh, 1973

Pselionema Cobb, 1933

Pterygonema Gerlach, 1954

Família Paramicrolaimidae

Paramicrolaimus Wieser, 1954

Família Desmoscolecidae

Desmoscolex Claparède, 1863

Ordem Monhysterida

Família Monhysteridae

Diplolaimella Allgén, 1929

Diplolaimelloides Meyl, 1954

Thalassomonhystera Jacobs, 1987

Família Xyalidae

Cobbia De Man, 1907

Daptonema Cobb, 1920

Elzalia Gerlach, 1957

Gnomoxyala Lorenzen, 1977

Gonionchus Cobb, 1920

Linhystera Juario, 1974

Metadesmolaimus Stekhoven, 1935

Paramonohystera Steiner, 1916

Pseudosteineria Wieser, 1956

Retrotheristus Lorenzen, 1977

Scaptrella Cobb, 1917

Stylotheristus Lorenzen, 1977

Theristus Bastian, 1865

Trichotheristus Wieser, 1956

Valvaelaimus Lorenzen, 1977

Xyala Cobb, 1920

Família Linhomoeidae

Anticyathus Cobb, 1920

Metalinhomoeus De Man, 1907

Terschellingia De Man, 1888

Família Axonolaimidae

Axonolaimus De Man, 1889

Odontophora Bütschli, 1874

Parodontophora Timm, 1963

4.5.5.1 Variação espacial da abundância da nematofauna

O maior número de gêneros (48) foi encontrado no ponto 1, próximo à Ilha dos Porcos. O menor foi no ponto 3 próximo à Pedra Vermelha (Fig. 4.8).

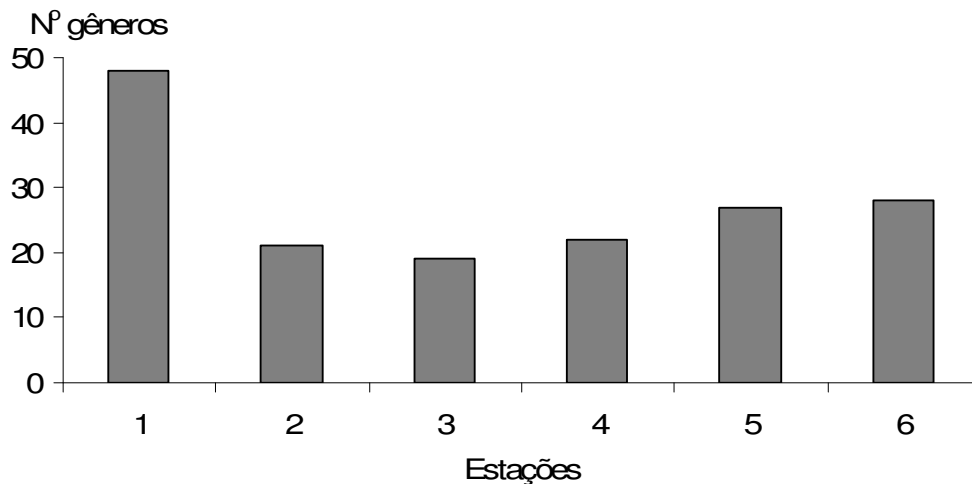


Figura 4.8: Número total de gêneros de Nematoda encontrados em cada estação de coleta de sedimentos.

O gênero de Nematoda que apresentou maior abundância relativa, somando-se todas as estações de coleta foi *Pseudosteineria*, perfazendo 8% do total da nematofauna. *Mesacanthion*, *Marylynia*, *Gnomoxyala* e *Microlaimus* representaram 5% do total cada um. Os demais gêneros somam 72% da nematofauna identificada (Tab. 4.6).

Tabela 4.4 Abundância relativa dos gêneros de Nematoda identificados para as amostras de sedimento em todas as estações estudadas. Os gêneros com abundância relativa abaixo de 3% foram somados e representados com a denominação Outros.

Gênero	%
<i>Pseudosteineria</i>	8
<i>Mesacanthion</i>	5
<i>Marylynia</i>	5
<i>Gnomoxyala</i>	5
<i>Microlaimus</i>	5
<i>Viscosia</i>	4
<i>Spilophorella</i>	4
<i>Daptonema</i>	4
<i>Metoncholaimus</i>	4
<i>Monoposthia</i>	3
<i>Sabatieria</i>	3
Outros	50

4.5.5.2 Diversidade da nematofana

O índice de diversidade de Shannon-Wiener calculado variou entre as estações de coleta analisadas. Os maiores índices foram registrados para as estações de maior profundidade, enquanto as de menor profundidade apresentaram índices mais baixos (Fig. 4.9).

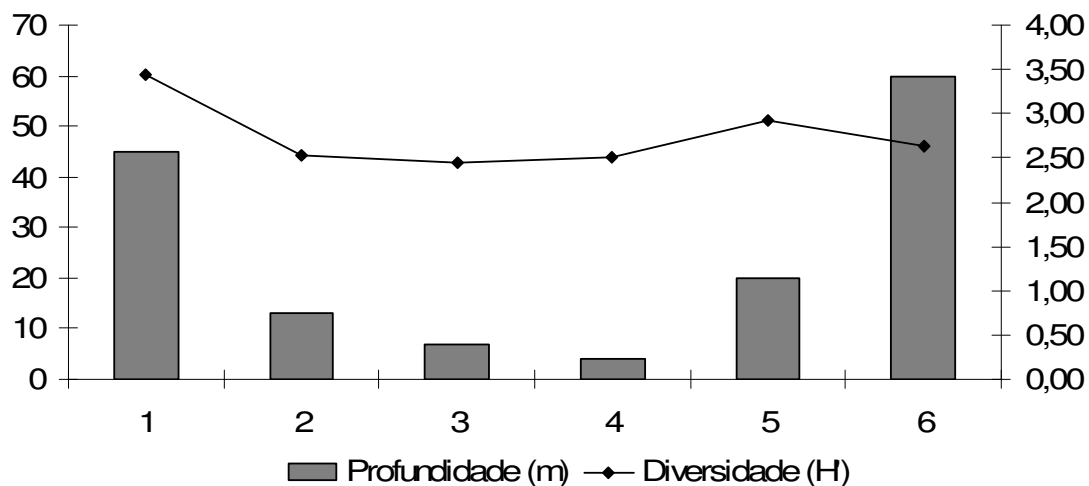


Figura 4.9: Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para todas as estações de coleta de acordo com a profundidade.

As curvas de K-Dominância plotadas para as estações de coleta, assim como os índices de Shannon-Wiener, também apontam para maiores diversidades de gêneros de Nematoda nas estações de maior profundidade. A baixa porcentagem de dominância dos gêneros identificados se refletiu em altos índices de diversidade (Fig. 4.10).

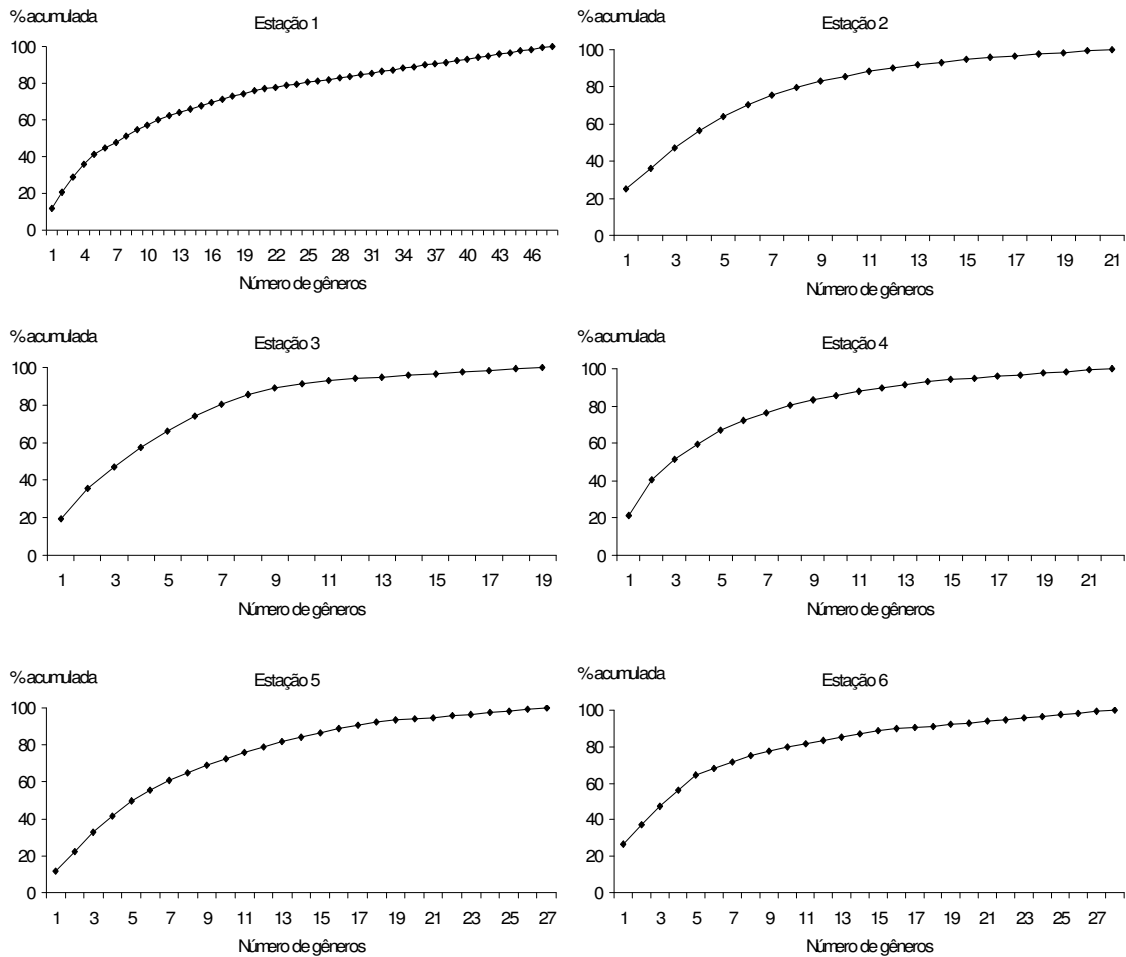


Figura 4.10: Curvas de K-Dominância (Lamshead *et al.*, 1983) para cada estação de coleta.

4.5.5.3 Variação espacial da riqueza da comunidade

De acordo com o teste ANOSIM foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre a estação 1 e as demais. Da mesma forma foi detectada uma diferença ($p < 0,01$) entre a estação 6 e as demais. Não foram encontradas diferenças significativas entre as estações 2 e 3, bem como entre as estações 4 e 5. Porém, foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre a estação 2 e 3 em relação as estações 4 e 5 (Fig. 4.11).

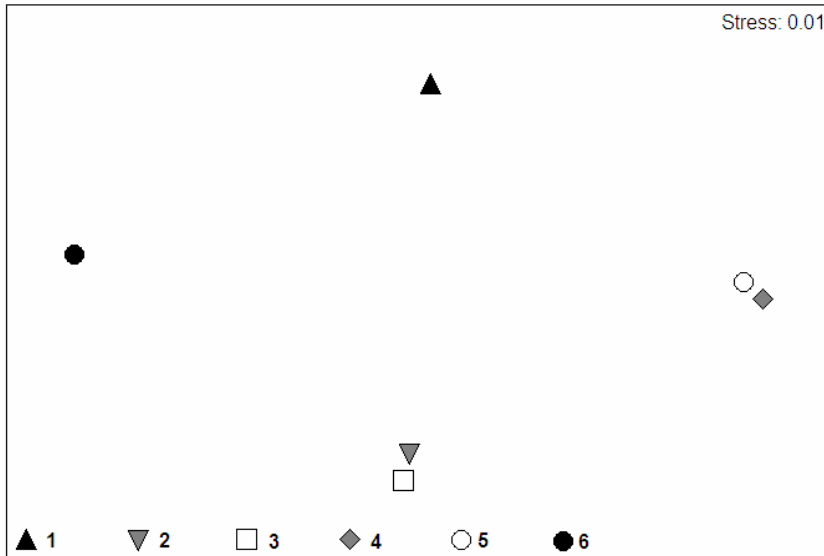


Figura 4.11: Ordenação de MDS para a composição da nematofauna comparando cada estação de amostragem.

A análise de CLUSTER dividiu as estações em 4 grupos principais. A estação 6, localizada na parte mais externa da Ilha de Cabo Frio e mais profunda, foi a que mais se distanciou das demais. As semelhanças das comunidades encontradas entre as estações 4 e 5 e entre 2 e 3 foram confirmadas pelo teste de ANOSIM que não detectou diferenças significativas entre elas. O grupo formado pelas estações 4 e 5, apesar da grande diferença de profundidade (3m e 20m respectivamente), mostraram composições semelhantes. As estações 2 e 3, que são relativamente próximas, também foram representadas por composições semelhantes. Desta forma, as maiores diferenças em termos de comunidade de Nematoda foram encontradas nas estações de maior profundidade (1 – 45m e 6 – 60m) (Fig. 4.12)

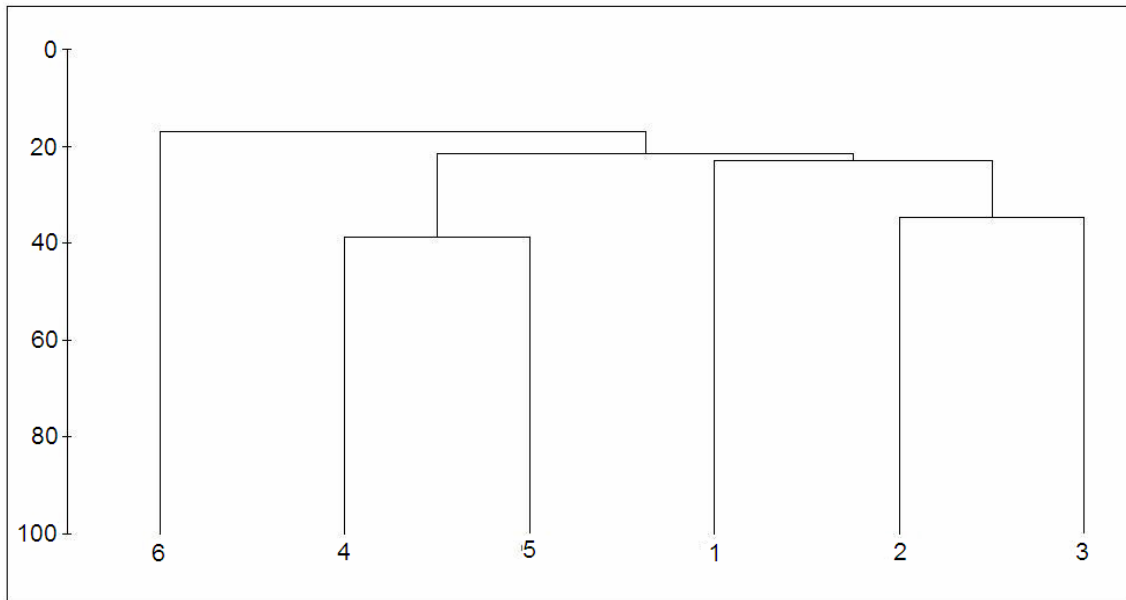


Figura 4.11: Análise de CLUSTER para as comunidades de Nematoda comparando as estações amostradas.

As análises de SIMPER mostraram que as diferenças detectadas entre a estação 1 e as demais se devem basicamente a maior abundância do gênero *Latronema* e a menor abundância do gênero *Pseudosteineria*. Em relação à estação 6, as diferenças encontradas foram principalmente devidas a maior abundância relativa do gênero *Gnomoxyala* que, com exceção de uma baixa abundância na estação 1, esteve ausente das demais estações. O principal fator responsável pela ausência de diferenças significativas entre as estações 2 e 3 foi a alta abundância do gênero *Pseudosteineria*, em ambas as estações. Para as estações 4 e 5, a ausência de diferenças foi devida às abundâncias semelhantes e representativas dos gêneros *Mesacanthion* e *Monoposthia* em ambas as estações (Tab. 4.5).

Tabela 4.5: Resultado da análise de SIMPER realizada para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda entre as estações de coleta. A porcentagem acumulada de ocorrência de cada gênero foi descrita apenas até que se somasse 50%.

Estação	Dissimilaridade		Contribuição	Acumulada
	Média %	Gêneros	%	%
1	71,19	<i>Pseudosteineria</i>	17,86	17,86
X		<i>Scaptrella</i>	7,74	25,60
2		<i>Latronema</i>	7,74	33,33
		<i>Halichoanolaimus</i>	5,95	39,29
		<i>Trichotheristus</i>	4,76	44,05
		<i>Metachromadora</i>	4,17	48,21
		<i>Viscosia</i>	2,98	51,19
1		82,91	<i>Pseudosteineria</i>	11,86
X	<i>Latronema</i>		7,22	19,07
3	<i>Gonionchus</i>		6,70	25,77
	<i>Daptonema</i>		6,70	32,47
	<i>Spilophorella</i>		6,19	38,66
	<i>Halichoanolaimus</i>		5,15	43,81
	<i>Paramonohystera</i>		4,64	48,45
	<i>Microlaimus</i>		4,12	52,58
2	65,25	<i>Daptonema</i>	11,69	11,69
X		<i>Scaptrella</i>	8,44	20,13
3		<i>Gonionchus</i>	8,44	28,57
		<i>Spilophorella</i>	7,79	36,36
		<i>Metachromadora</i>	7,14	43,51
		<i>Paramonohystera</i>	6,49	50,00

Tabela 4.5: Resultado da análise de SIMPER realizada para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda entre as estações de coleta. A porcentagem acumulada de ocorrência de cada gênero foi descrita apenas até que se somasse 50% (continuação).

1		<i>Mesacanthion</i>	13,51	13,51
X	78,72	<i>Metoncholaimus</i>	12,43	25,95
4		<i>Spilophorella</i>	7,03	32,97
		<i>Latronema</i>	7,03	40,00
		<i>Halichoanolaimus</i>	5,41	45,41
		<i>Sigmophoranema</i>	4,86	50,27
<hr/>				
2		<i>Pseudosteineria</i>	15,08	15,08
X	83,97	<i>Mesacanthion</i>	12,56	27,64
4		<i>Metoncholaimus</i>	11,56	39,20
		<i>Scaptrella</i>	6,53	45,73
		<i>Spilophorella</i>	6,53	52,26
<hr/>				
3		<i>Mesacanthion</i>	12,69	12,69
X	83,83	<i>Pseudosteineria</i>	11,68	24,37
4		<i>Metoncholaimus</i>	11,17	35,53
		<i>Daptonema</i>	9,64	45,18
		<i>Gonionchus</i>	6,60	51,78
<hr/>				
1		<i>Enoploides</i>	7,82	7,82
X	75,53	<i>Mesacanthion</i>	6,70	14,53
5		<i>Monoposthia</i>	6,15	20,67
		<i>Latronema</i>	6,15	26,82
		<i>Ceramonema</i>	6,15	32,96
		<i>Halichoanolaimus</i>	5,59	38,55
		<i>Neochromadora</i>	5,03	43,58
		<i>Pseudosteineria</i>	3,91	47,49
		<i>Daptonema</i>	3,35	50,84

Tabela 4.5: Resultado da análise de SIMPER realizada para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda entre as estações de coleta. A porcentagem acumulada de ocorrência de cada gênero foi descrita apenas até que se somasse 50% (continuação).

2		<i>Pseudosteineria</i>	14,29	14,29
X	67,36	<i>Scaptrella</i>	8,07	22,36
5		<i>Mesacanthion</i>	7,45	29,81
		<i>Enoploides</i>	7,45	37,27
		<i>Neochromadora</i>	6,21	43,48
		<i>Trichotheristus</i>	5,59	49,07
		<i>Marylynia</i>	5,59	54,66
3		<i>Daptonema</i>	9,74	9,74
X	82,28	<i>Pseudosteineria</i>	8,21	17,95
5		<i>Enoploides</i>	7,18	25,13
		<i>Ceramonema</i>	6,67	31,79
		<i>Mesacanthion</i>	6,15	37,95
		<i>Gonionchus</i>	6,15	44,10
		<i>Spilophorella</i>	5,64	49,74
		<i>Monoposthia</i>	5,64	55,38
4		<i>Metoncholaimus</i>	15,07	15,07
X	61,34	<i>Enoploides</i>	9,59	24,66
5		<i>Mesacanthion</i>	8,90	33,56
		<i>Ceramonema</i>	8,90	42,47
		<i>Spilophorella</i>	8,22	50,68

Tabela 4.5: Resultado da análise de SIMPER realizada para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda entre as estações de coleta. A porcentagem acumulada de ocorrência de cada gênero foi descrita apenas até que se somasse 50% (continuação).

1		<i>Gnomoxyala</i>	15,26	15,26
X	81,90	<i>Latronema</i>	7,37	22,63
6		<i>Pomponema</i>	5,79	28,42
		<i>Halichoanolaimus</i>	5,26	33,68
		<i>Elzalia</i>	5,26	38,95
		<i>Viscosia</i>	4,74	43,68
		<i>Paramonohystera</i>	4,74	48,42
		<i>Marylynia</i>	3,68	52,11
<hr/>				
2		<i>Gnomoxyala</i>	16,32	16,32
X	81,20	<i>Pseudosteineria</i>	15,79	32,11
6		<i>Scaptrella</i>	6,84	32,95
		<i>Pomponema</i>	6,32	45,26
		<i>Marylynia</i>	6,32	51,58
<hr/>				
3		<i>Gnomoxyala</i>	17,22	17,22
X	77,59	<i>Pseudosteineria</i>	12,78	30,00
6		<i>Daptonema</i>	8,89	38,89
		<i>Gonionchus</i>	7,22	46,11
		<i>Viscosia</i>	6,67	52,78
<hr/>				
4		<i>Gnomoxyala</i>	15,12	15,12
X	87,98	<i>Mesacanthion</i>	11,71	26,83
6		<i>Metoncholaimus</i>	11,22	38,05
		<i>Pomponema</i>	5,85	43,90
		<i>Viscosia</i>	4,88	48,78
		<i>Paramonohystera</i>	4,88	53,66

Tabela 4.5: Resultado da análise de SIMPER realizada para testar a dissimilaridade entre as abundâncias dos gêneros de Nematoda entre as estações de coleta. A porcentagem acumulada de ocorrência de cada gênero foi descrita apenas até que se somasse 50% (continuação).

5		<i>Gnomoxyala</i>	15,27	15,27
X	86,38	<i>Enoploides</i>	6,90	22,17
6		<i>Ceramonema</i>	6,40	28,57
		<i>Pomponema</i>	5,91	34,48
		<i>Mesacanthion</i>	5,42	39,90
		<i>Monomposthia</i>	5,42	54,32
		<i>Neochromadora</i>	4,93	50,25

4.5.5.4 Correlação entre a comunidade de Nematoda e as variáveis ambientais

Os resultados das análises de Bio-Env mostraram que a combinação de profundidade, % de matéria orgânica, % de carbono orgânico e % de silte/argila foram os fatores mais relevantes para explicar as comunidades de Nematoda (o coeficiente de correlação de Spearman foi 0,75). A figura 4.13 mostra as diferenças na temperatura, % de matéria orgânica e % de silte/argila que influenciam a distribuição das comunidades de Nematoda nas estações amostradas.



Figura 4.13: Gráficos de MDS superpostos com a estrutura de comunidade de Nematoda, temperatura, % de matéria orgânica e % de silte/argila.

4.5.5.5 Distribuição Trófica

A distribuição trófica da nematofauna nas estações estudadas de acordo com a classificação proposta por Wieser (1953) está descrita na tabela 4.6. Os grupos tróficos com maior número de representantes foram os 2A (comedores de epistrato) e 2B (predadores/onívoros).

Tabela 4.6: Distribuição trófica dos gêneros de Nematoda de acordo com a classificação proposta por Wieser (1953) (1A - comedores de depósitos seletivos; 1B - comedores de depósitos não seletivos; 2A - comedores de epistrato e 2B – predadores/onívoros) para todas as estações amostradas.

Estação 1 - Porcos (45m)			
1A	1B	2A	2B
<i>Ceramonema</i>	<i>Anoplostoma</i>	<i>Acanthonchus</i>	<i>Bathyerystomina</i>
<i>Desmoscolex</i>	<i>Axonolaimus</i>	<i>Bolbolaimus</i>	<i>Enoplolaimus</i>
<i>Oxystomina</i>	<i>Daptonema</i>	<i>Chromadorella</i>	<i>Epacanthion</i>
<i>Pselionema</i>	<i>Gnomoxyala</i>	<i>Desmodora</i>	<i>Gammanema</i>
<i>Rhips</i>	<i>Metadesmolaimus</i>	<i>Dichromadora</i>	<i>Halichoanolaimus</i>
<i>Tarvaia</i>	<i>Metalinhomoeus</i>	<i>Echinodesmodora</i>	<i>Latronema</i>
	<i>Paramonohystera</i>	<i>Metachromadora</i>	<i>Marylynia</i>
	<i>Retrotheristus</i>	<i>Microlaimus</i>	<i>Meyersia</i>
	<i>Richtersia</i>	<i>Neochromadora</i>	<i>Oxyonchus</i>
	<i>Sabatieria</i>	<i>Paracyatolaimoides</i>	<i>Paramesacanthion</i>
	<i>Stylotheristus</i>	<i>Perspirinia</i>	<i>Polygastrophora</i>
	<i>Trichotheristus</i>	<i>Spirinia</i>	<i>Pomponema</i>
		<i>Stygodesmodora</i>	<i>Rhinema</i>
		<i>Synonema</i>	<i>Vasostoma</i>
		<i>Trochamus</i>	<i>Viscosia</i>
Estação 2 - Pedra Vermelha (10m)			
1A	1B	2A	2B
<i>Ceramonema</i>	<i>Daptonema</i>	<i>Chromadorella</i>	<i>Enoploides</i>
<i>Dasynemoides</i>	<i>Pseudosteineria</i>	<i>Cobbia</i>	<i>Enoplolaimus</i>
<i>Pierrickia</i>	<i>Sabatieria</i>	<i>Metachromadora</i>	<i>Latronema</i>
<i>Pselionema</i>	<i>Trichotheristus</i>	<i>Microlaimus</i>	<i>Marylynia</i>
			<i>Monoposthia</i>
			<i>Paramesonchium</i>
			<i>Parodontophora</i>
			<i>Scaptrella</i>
			<i>Viscosia</i>

Tabela 4.6: Distribuição trófica dos gêneros de Nematoda de acordo com a classificação proposta por Wieser (1953) (1A - comedores de depósitos seletivos; 1B - comedores de depósitos não seletivos; 2A - comedores de epistrato e 2B – predadores/onívoros) para todas as estações amostradas (continuação).

Estação 3 - Maramutá (7m)			
1A	1B	2A	2B
	<i>Daptonema</i>	<i>Microaimus</i>	<i>Enoplolaimus</i>
	<i>Gonionchus</i>	<i>Spilophorella</i>	<i>Filoncholaimus</i>
	<i>Metalinhomoeus</i>	<i>Spirinia</i>	<i>Marylynia</i>
	<i>Paramicroaimus</i>		<i>Metoncholaimus</i>
	<i>Paramonohystera</i>		<i>Odontophora</i>
	<i>Pseudosteineria</i>		<i>Parodontophora</i>
	<i>Sabatieria</i>		
	<i>Theristus</i>		
	<i>Trichotheristus</i>		
	<i>Xyala</i>		
Estação 4 - Praia do Farol (4m)			
1A	1B	2A	2B
<i>Antomicron</i>		<i>Acanthonchus</i>	<i>Enoplolaimus</i>
<i>Metadasyneimoides</i>		<i>Bolbolaimus</i>	<i>Latronema</i>
<i>Pterygonema</i>		<i>Chromadorella</i>	<i>Marylynia</i>
<i>Terschellingia</i>		<i>Echinodesmodora</i>	<i>Mesacanthion</i>
		<i>Innocuonema</i>	<i>Metoncholaimus</i>
		<i>Microaimus</i>	<i>Monoposthia</i>
		<i>Neochromadora</i>	<i>Oxyonchus</i>
		<i>Sigmophoranema</i>	<i>Rhinema</i>
		<i>Spilophorella</i>	<i>Viscosia</i>

Tabela 4.6: Distribuição trófica dos gêneros de Nematoda de acordo com a classificação proposta por Wieser (1953) (1A - comedores de depósitos seletivos; 1B - comedores de depósitos não seletivos; 2A - comedores de epistrato e 2B – predadores/onívoros) para todas as estações amostradas (continuação).

Estação 5 - Boqueirão (20m)			
1A	1B	2A	2B
<i>Ceramonema</i>	<i>Gonionchus</i>	<i>Acanthonchus</i>	<i>Enoploides</i>
<i>Epsilonema</i>	<i>Metalinhomoeus</i>	<i>Bolbolaimus</i>	<i>Latronema</i>
<i>Pselionema</i>	<i>Pseudosteineria</i>	<i>Cyatholaimus</i>	<i>Marylynia</i>
<i>Pterygonema</i>		<i>Metachromadora</i>	<i>Mesacanthion</i>
		<i>Microlaimus</i>	<i>Metoncholaimus</i>
		<i>Neochromadora</i>	<i>Monoposthia</i>
		<i>Sigmophoranema</i>	<i>Nudora</i>
		<i>Spilophorella</i>	<i>Odontophora</i>
		<i>Spirinia</i>	<i>Parodontophora</i>
		<i>Valvaelaimus</i>	<i>Viscosia</i>
Estação 6 - Ponta do Focinho (60m)			
1A	1B	2A	2B
<i>Linhystera</i>	<i>Anticyatus</i>	<i>Metachromadora</i>	<i>Marylynia</i>
<i>Setosabatieria</i>	<i>Comesoma</i>	<i>Microlaimus</i>	<i>Mesacanthion</i>
<i>Terschellingia</i>	<i>Daptonema</i>	<i>Molgolaimus</i>	<i>Oxyonchus</i>
	<i>Diplolaimella</i>	<i>Spilophorella</i>	<i>Paramesonchium</i>
	<i>Diplolaimelloides</i>	<i>Spirinia</i>	<i>Parodontophora</i>
	<i>Elzalia</i>		<i>Pomponema</i>
	<i>Gnomoxyala</i>		<i>Symplocostoma</i>
	<i>Paramonohystera</i>		<i>Synonchiella</i>
	<i>Sabatieria</i>		<i>Viscosia</i>
	<i>Thalassomonhystera</i>		
	<i>Trichotheristus</i>		

4.6 Discussão

De acordo com os dados de direção e intensidade do vento na área de estudo, o período imediatamente anterior ao da coleta das amostras foi propício para um evento de ressurgência. No período de coleta houve uma inversão na direção do vento propiciando uma fase de subsidência na qual a ressurgência cessa e os ventos do quadrante sul tendem a empurrar as águas frias da ressurgência para dentro das Enseadas do Arraial do Cabo (Rodrigues e Lorenzetti, 2001). Desta forma os efeitos da ressurgência atingem também as áreas mais abrigadas.

Os registros de temperatura para este período, com exceção daqueles coletados na superfície da água, mostraram características típicas da ACAS (temperaturas abaixo de 18°C). As temperaturas mais baixas foram registradas nos pontos mais expostos à influência da ressurgência (o ponto 1 próximo à Ilha dos Porcos, o ponto 5 no Boqueirão e o ponto 6 na parte mais externa da Ilha de Cabo Frio, em frente à Ponta do Focinho). Os valores de salinidade observados também estiveram na faixa conhecida como típica da ACAS (entre 34,6 e 36).

Os sedimentos na área de estudo foram compostos por cascalho, areia, silte e argila. Nas estações mais rasas os sedimentos foram constituídos basicamente de areia fina, enquanto que nas estações mais profundas, onde o fluxo das correntes tende a ser atenuado, foram encontradas maiores concentrações de silte e argila. A área estudada não recebe material de origem fluvial e, desta forma, tanto o sedimento quanto a matéria orgânica nele encontrada são de origem exclusivamente marinha.

Como a área amostrada é relativamente livre de poluição, parece haver uma íntima relação entre o conteúdo de matéria orgânica e o tipo de sedimento (Grémare *et al.*, 2002). Altas concentrações de matéria orgânica nos sedimentos são conhecidas por estimular altas densidades e biomassa de bactérias, meiofauna e macrofauna (Danovaro *et al.*, 1999; Soltwedel, 2000; Moodley *et al.*, 2005) devido ao alto requerimento de nitrogênio destes organismos (Wieking e Kröncke, 2005). Os organismos da meiofauna dependem da matéria orgânica lábil, suspensa na água sobrejacente ou depositada na superfície do sedimento, para viver e crescer (Wieking e Kröncke, 2005). No estudo de Quintana *et al.* (2010) que avaliou a resposta das comunidades bentônicas à variação nas concentrações de matéria orgânica, a meiofauna foi a única categoria bentônica a responder ao teor de matéria

orgânica, independentemente do nível de exposição física da área estudada, sugerindo maior eficiência na absorção de alimentos comparada a de outros organismos bentônicos. A reação rápida da meiofauna à entrada de matéria orgânica fresca era esperada devido às suas adaptações ecológicas de pequeno porte, tais como o desenvolvimento direto, a dispersão de adultos e o tempo curto de geração (Warwick *et al.*, 2006).

No presente estudo os fatores ambientais, tais como a temperatura, profundidade e teor de matéria orgânica, influenciaram a estrutura da comunidade nematofaunística, com fortes diferenças na composição de gêneros. Resultados semelhantes têm sido demonstrados para a comunidade de megafauna (Costa e Fernandes, 1993; Da Gama e Fernandes, 1994; Ventura e Fernandes, 1995).

A composição granulométrica dos sedimentos analisados parece ser um dos principais fatores que estruturam a comunidade de Nematoda na área estudada. As concentrações das frações mais finas dos sedimentos (silte e argila) parecem ser determinantes para distribuição da comunidade. Além disso, as concentrações de matéria orgânica e carbono orgânico, que representam a disponibilidade de alimento no sedimento parecem ser também fatores preponderantes.

Para as estações mais profundas foram registrados os maiores valores de índice de diversidade de Shannon-Wiener. Esta diversidade parece estar ligada à maior disponibilidade de alimentos resultante da maior concentração de matéria orgânica nos sedimentos. Os eventos de ressurgência da região de Cabo Frio trazem ao ambiente costeiro um acréscimo significativo nas concentrações de nutrientes na coluna de água e, em consequência, existe uma elevação na produtividade fitoplanctônica (Yoshinaga *et al.*, 2004). A deposição de material orgânico no fundo do mar depende fortemente da produção biológica que ocorre na zona eufótica e do grau de sucesso em que os agregados de fitoplâncton e as pelotas fecais alcançam o fundo (Sumida *et al.*, 2005). A deposição de carbono orgânico particulado está sujeita às variações sazonais da produtividade fitoplanctônica em resposta ao enriquecimento de nutrientes ligados à ressurgência (Pfannkuche *et al.*, 2000). Este pulso de material orgânico depositado nos sedimentos tem importantes consequências nas atividades e estruturação das comunidades bentônicas (Soltwedel, 1997). Em geral, o metabolismo bentônico parece estar diretamente relacionado com a produtividade das águas de superfície (Kristensen *et al.*, 1999).

Considerando a comunidade de Nematoda, foram detectadas diferenças significativas entre as estações amostradas, sugerindo que a área estudada possuiu uma grande heterogeneidade espacial com diferenças marcantes na granulometria dos sedimentos, concentração de matéria orgânica e grau de exposição aos fatores físicos.

As análises multivariadas ANOSIM detectaram diferenças significativas entre as estações 1 e 6 e as demais. Foram formados agrupamentos de acordo com a composição da nematofauna. Com a análise do CLUSTER foi possível visualizar que a estação 6 foi a que apresentou a maior diferença na comunidade de Nematoda. De forma semelhante, mas não tão marcante, para a estação 1 também ficou clara esta diferença. As diferenças encontradas entre as comunidades de Nematoda ao longo da área estudada refletem claramente os gradientes das principais variáveis ambientais observadas neste estudo. Para a macrofauna, Quintana *et al.* (2010) afirmaram que existem modificações em diversidade, número e composição de espécies acompanhando o aumento na quantidade de matéria orgânica no sedimento.

As principais diferenças apontadas estão entre as estações mais profundas (1 e 6) e com maiores teores de matéria orgânica e as demais. Estas estações estão localizadas na parte externa das Enseadas do Arraial do Cabo e, desta forma, mais sujeitas aos efeitos da ressurgência. Nestas estações foi possível observar características ambientais próprias da ressurgência, tais como, baixas temperaturas e maior teor de matéria orgânica. Enquanto que nas estações mais rasas e abrigadas, os efeitos da ressurgência parecem não agir com tanta intensidade. Segundo Guimaraens e Coutinho (2000) existe um gradiente espacial de intensidade da ressurgência evidenciado pela ocorrência de espécies características de regiões temperadas em áreas diretamente influenciadas pelas águas da ressurgência e a ocorrência de outro grupo com características de águas quentes em áreas influenciadas durante quase todo ano por águas tropicais costeiras.

As identificações dos indivíduos, neste estudo, levou a confecção de uma lista com 87 gêneros de Nematoda, distribuídos em 23 famílias e 3 ordens (Enoplida, Chromadorida e Monhysterida). Segundo Venekey (2007), na costa brasileira, os sedimentos arenosos formam os ambientes marinhos mais diversos para a nematofauna dentre todos os outros possíveis de colonização (estuários, fital, costões rochosos, salinas e substratos artificiais). Ainda de acordo com a autora,

estes ambientes foram os únicos a apresentar todas as seis ordens de Nematoda (Rhabditida, Dorylaimida, Enoplida, Trefusiida, Chromadorida e Monhysterida) registradas para a costa brasileira.

No presente estudo, apenas os gêneros *Marylinia* e *Microlaimus* estiveram presentes em todos os pontos prospectados. Do total de gêneros, 51 foram encontrados em apenas um dos pontos mostrando uma grande variabilidade ambiental. O gênero *Spilophorella* esteve presente nos pontos mais próximos dos costões rochosos, sugerindo uma influência da comunidade de fital na comunidade de substrato não consolidado (Da Rocha, 2003; Lage, 2005). Os gêneros *Elzalia* e *Pomponema* que ainda não haviam sido registrados para a região de Cabo Frio (Da Rocha, 2003; Fonsêca-Genevois *et al.*, 2004; Lage, 2005; Fonsêca-Genevois *et al.*, 2006), foram encontrados nos pontos da parte externa da Ilha de Cabo Frio, onde a ressurgência local atua de forma mais efetiva (Rodrigues e Lorenzetti, 2001). Estes mesmos pontos mais profundos e expostos à ressurgência ainda não haviam sido amostrados e analisados para a meiofauna e especialmente para a nematofauna.

Em nosso estudo, o principal fator que mostrou correlação com a distribuição da comunidade de Nematoda foi o conteúdo de silte/argila no sedimento (Heip *et al.*, 1985; Grove *et al.*, 2006). É um fato conhecido que os teores de matéria orgânica e silte/argila no sedimento influenciam a composição da comunidade nematofaunística (Giere, 2009). A diferença de profundidade também se mostrou um importante fator na estruturação da comunidade de Nematoda. Alguns outros estudos têm relatado esta importância, especialmente para as margens continentais (Coull, 1999; Soltwedel, 2000). Diferenças nas variáveis ambientais resultam em diferentes regimes ambientais que podem afetar a distribuição da nematofauna (Coull, 1999), tais como a variação de profundidade ou da temperatura da água no fundo (Liu *et al.*, 2007).

Os baixos teores de matéria orgânica nas estações mais rasas podem ser explicados pelo tamanho de grão, uma vez que sedimentos mais grosseiros dificultam a retenção de materiais orgânicos (Köster e Meyer-Reil 2001). De acordo com Suess (1980), o acoplamento dos sistemas bentônico e pelágico depende principalmente da profundidade, de modo que seria esperado maior concentração de matéria orgânica nas estações mais rasas. Isso não foi observado para esta área. Esta é uma questão importante na área de Cabo Frio, onde plumas de ressurgência são comumente encontradas avançando para o mar aberto, devido ao transporte de

Ekman. Assim, é esperado encontrar maiores taxas de sedimentação nas estações de Porcos e da Ponta do Focinho (1 e 6), concordando com o maior estoque de matéria orgânica e carbono orgânico em relação às estações mais rasas.

As análises de componentes principais (PCA) para as variáveis ambientais mostraram padrão de separação das estações de coleta de forma semelhante à encontrada para a nematofauna. O PCA definiu como principais fatores para o agrupamento das estações de amostragem a profundidade, o teor de matéria orgânica e o teor de silte/argila no sedimento. As estações de maior profundidade (1 e 6) e com maiores teores de matéria orgânica e silte/argila foram agrupadas e separadas das demais. Esta separação de grupos deixa clara a diferença entre estes ambientes.

Os resultados do presente estudo sugerem que existe uma influência da ressurgência de Cabo Frio sobre a comunidade nematofaunística. As comunidades encontradas nas estações mais expostas aos efeitos da ressurgência diferiram daquelas encontradas nas estações mais abrigadas e menos sujeitas a tais efeitos. Diferenças entre as assembléias de gêneros de Nematoda entre as duas diferentes áreas (rasas e profundas) são atribuíveis principalmente à composição dos sedimentos, profundidade e temperatura. Segundo De Leo e Pires-Vanin (2006), os principais fatores estruturadores das comunidades bentônicas de fundos não consolidados são o tamanho do grão e o teor de matéria orgânica. A meiofauna de substratos não consolidados vem sendo estudada há muito tempo e ao redor de todo o mundo, no entanto, a dinâmica desta comunidade é pouco conhecida em áreas de ressurgência, especialmente na região tropical. Para que a influência da ressurgência sobre a comunidade nematofaunística possa ser confirmada é necessário que outros estudos sejam realizados, levando em conta não somente os fatores espaciais, como principalmente os temporais.

4.7 Referências

- Aarnio, K. (2001). The role of meiofauna in benthic food webs of the Northern Baltic Sea. *Acta Academiae Aboensis*. Series B 61:1–37.
- Aidar, E., Gaeta, S.A., Giancesella-Galvão, S.M.F., Kutner, M.B.B., Teixeira, C. (1993). Ecosystema costeiro tropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-*a*, e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba. *Publ. Esp. Inst. Oceanogr.*, 10: 9 – 43.
- Bodin, P. (1977). Les peuplements de Copépodes Harpacticoides (Crustacea) des sédiments meubles de la zone interdale des côtes charentaises (Atlantique). *Memoirs du Museum National d'Histoire Naturelle Paris, Serie A, Zoologie*. 104: 1–120.
- Bongers, T., Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends Ecol. Evol.*14:224–28.
- Bongers, T., van de Haar, J. (1990). On the potential of basing an ecological typology of aquatic sediments on the nematode fauna: an example from the river Rhine. *Hydrob. Bull.*, 24: 37 – 45.
- Branco, F.V. (2000). *Análise de Dados de Circulação (Enseada dos Anjos - Arraial do Cabo - RJ) com Base nos Dados de Perfilador Acústico Doppler de Correntes (ADCP)*. Monografia de Bacharelado, Departamento de Oceanografia, UERJ.
- Byers, S.C., Mills, E.L., Stewart, P.L. (1978). A comparison of methods to determining organic carbon in marine sediments, with suggestion for a standard method. *Hydrobiologia*, 58: 37–43.
- Campos, E.J.D., Gonçalves, J.E., Ikeda, Y. (1995). Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight: summer of 1991. *J. Geoph. Res.*, 100(C9): 18537–18550.
- Carbonel, C.A.A., Valentin, J.J. (1999). Numerical modelling of phytoplankton bloom in the upwelling ecosystem of Cabo Frio (Brazil). *Ecol. Model.*, 116: 135–148.
- Castro, B.M., Miranda, L.B. (1998). Physical oceanography of the Western Atlantic continental shelf located between 48N and 348S. In: Robinson, A.R., Brink, K.H. (Eds.), *The Sea*, vol. 11. John Wiley, New York, 209–251.
- Clarke, R., Warwick, R.M. (1994). *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth. NERC. 187p.

- Costa, P.A.S., Fernandes, F.C. (1993). Seasonal and spatial changes of cephalopods caught in the Cabo Frio (Brazil) upwelling system. *Bull. Mar. Sci.*, 52: 751–759.
- Coull, B. (1988). Ecology of the marine meiofauna. In: Higgins, R.P., Thiel, H. (Eds.). *Introduction to the Study of Meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., London, 18–38.
- Coull, B.C. (1999). Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Australian Journal of Ecology*, 24: 327–343.
- Da Gama, B.A.P., Fernandes, F.C. (1994). Distribuição de crustáceos anomuros na plataforma continental de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brasil). *Nerítica*, 8: 87–98.
- Da Rocha, C.M.C. (2003). *Efeito do substrato fital na comunidade meiofaunística associada com ênfase aos Nematoda livres*. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica), Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco. 120p.
- Danovaro R., Dinet A., Duineveld G.C.A., Tselepides A. (1999). Benthic response to particulate fluxes in different trophic environments: a comparison between the Gulf of Lions-Catalan Sea (western-Mediterranean) and the Cretan Sea (eastern- Mediterranean). *Progress in Oceanography*, 44: 287–312.
- De Grisse, A.T. (1969). Redescription ou modification de quelques techniques utilisés dans l' étude des nématodes phytoparasitaires. *Mededel. Rijksfak. Landbouw. Gent*, 34: 351–369.
- De Leo, F.C.; Pires-Vanin, A.M.S. (2006). Benthic megafauna communities under the influence of the South Atlantic Central Water intrusion onto the Brazilian SE shelf: A comparison between an upwelling and a non-upwelling ecosystem. *J. Mar. Systems*, 60: 268 – 284.
- Findlay, S.E.G. (1981). Small scale spatial distribution of meiofauna on mud and sand flat. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 12: 471–484.
- Folk, R.L., Ward, W.C. 1957. Brazos River bar: a study of the significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.* 27: 3 – 26.
- Fonsêca-Genevois, V., Dos Santos, G.A.P., De Castro, F.J.V., Botelho, A.P., De Almeida, T.C.M., Coutinho, R. (2004). Biodiversity of marine nematodes from an atypical tropical coastal area affected by upwelling (Rio de Janeiro, Brazil). *Meiof. Mar.*, 13: 37 – 44.

- Fonsêca-Genevois, V., Somerfield, P.J., Neves, M.H.B., Coutinho, R., Moens, T. (2006). Colonization and early succession on artificial hard substrata by meiofauna. *Mar Biol.*, 148: 1039 – 1050.
- Giere, O. (2009). *Meiobenthology: the Microscopic Fauna in Aquatic Sediments*. 2nd Ed. Springer-Verlag, Berlin. 527p.
- Gonzalez-Rodriguez, E., Valentin, J.L., André, D.L., Jacob, S.A., (1992). Upwelling and downwelling at Cabo Frio (Brazil): comparison of biomass and primary production responses. *J. Plankton Res.*, 14(2): 289–306.
- Grémare, A., Medernach, L., De Bovee, F., Amouroux, J.M., Vétion, G., Albert, P. (2002). Relationships between sedimentary organics and benthic meiofauna on the continental shelf and the upper slope of the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 234: 85–94.
- Grove, S.L., Probert, P.K., Berkenbusch, K., Nodder, S.D. (2006). Distribution of bathyal meiofauna in the region of the Subtropical Front, Chatham Rise, southwest Pacific. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 330: 342–355.
- Guimaraens, M. A., Coutinho, C. (2000). Temporal and spatial variation of *Ulva* spp. and water properties in the Cabo Frio upwelling region of Brazil. *Aquatic Bot.*, 66: 101 – 114.
- Heip, C., Vincx, M., Smol, N., Vranken, G. (1982). The systematics and ecology of free-living marine nematodes. *Helminth. Abstr.*, Series B 51:1–31.
- Heip, C., Vincx, M., Vranken, G. (1985). The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol.: an An. Rev.*, 23: 399–489.
- Hicks, G.R.F. (1984). Spatio-temporal dynamics of meiobenthic copepod and their impact of predation-disturbance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 81: 47–72.
- Kampel, M., Lorenzetti, J.A., Silva Jr., C.L. (1997). Observação por satélite de ressurgências na Costa S-SE Brasileira. *Proceedings of the VII Congresso Latino-americano de Ciências do Mar (COLACMAR)*, 2: 38–40.
- Köster, M., Meyer-Reil, L. (2001). Characterization of carbon and microbial biomass pools in shallow water coastal sediments of the southern Baltic Sea (Nordreügensche Bodden). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 214: 25–41.
- Kristensen, E., Devol, A.H., Hartnett, H.E. (1999). Organic matter diagenesis in sediments on the continental shelf and slope of the Eastern Tropical and Temperate North Pacific. *Cont. Shelf Res.*, 19: 1331-1351.

- Lage, L.M. (2005). *Distribuição espaço-temporal da meiofauna associada a algas epilíticas em costão rochoso, com ênfase aos Nematoda livres (Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil)*. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco. 136p.
- Lamshead, P. J. D., Platt, H. M, Shaw, K. M. (1983). The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *J. nat. Hist.*, 17: 859–874.
- Lamshead, P.J.D. (1993). Recent developments in marine benthic biodiversity research. *Oce. Anis.*, 19: 5–24.
- Lamshead, P.J.D., Boucher, G. (2003). Marine nematode deep-sea biodiversity – hyperdiverse or hype? *J. Biogeogr.*, 30: 475–485.
- Li, J., Vincx, M., Herman, P.M.J., Heip, C. (1997). Monitoring meiobenthos using cm-, m- and km-scales in the Southern Bight of the North Sea. *Mar. Env. Res.*, 43: 265–278.
- Liu, X.S., Zhang, Z.N., Huang, Y. (2007). Sublittoral meiofauna with particular reference to nematodes in the southern Yellow Sea, China. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 71: 616–628.
- Lorenzen, S. (1994). *The phylogenetic systematic of free-living nematodes*. The Ray Society Institute, London, 162: 383.
- Mare, M.F. (1942). A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 25: 517-554.
- Matsuura, Y. (1996). A probable cause of recruitment failure of Brazilian Sardine (*Sardinella aurita*) population during the (1974/75) spawning season. *South African J. Mar. Sci.*, 17: 29–35.
- Matsuura, Y. (1998). Brazilian Sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast bight over the period 1976/93. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 46(1): 33–43.
- McIntyre, A.D. (1969). Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev.*, 44: 245–290.
- McIntyre, A.D. (1971). Observations on the status of subtidal meiofauna research. Proceedings of the First International Conference on Meiofauna. Hullings (Ed.). *Smithsonian Contrib. Zool.*, 76: 149–154.
- McLachlan, A., Jaramillo, E. (1995). Zonation on sandy beaches. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 33: 305–335.
- Miranda, L.B., Katsuragawa, M. (1991). Estrutura Térmica na Região Sudeste do Brasil (outubro-novembro de 1988). *Publção Esp. Inst. Oceanogr.*, 8: 1-14.

- Miranda, L.B. (1985). Forma da correlação T-S de massas de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil. *Bol. Inst. Oceanogr.*, 33(2): 105–119.
- Moodley L., Middelburg J.J., Soetaert K., Boschker H.T.S., Herman P.M.J., Heip C.H.R. (2005). Similar rapid response to phytodetritus deposition in shallow and deep-sea sediments. *J. Mar. Res.*, 63: 457–469.
- Patten, B.C. (1968). Mathematical models of plankton production. *Int. Ver. Ges. Hydrobiol.*, 53: 357–408.
- Pfannkuche, O., Sommer, S., Kehler, A. (2000). Coupling between phytodetritus deposition and the small-sized biota in the deep Arabian Sea: analyses of biogenic sediment compounds. *Deep-Sea Res. II*. 47: 2805-2833.
- Pires-Vanin, A.M.S., Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B., Aidar, E., Mesquita, H.S.L., Soares, L.S.H., Katsuragawa, M., Matsuura, Y. (1993). Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental da região de Ubatuba, Estado de São Paulo: síntese dos resultados. *Publ. Esp. Inst. Oceanogr.*, 10: 217–231.
- Platt, H.M., Warwick, R.M. (1980). The significance of free living nematodes to the littoral ecosystem. In: Price, J.H., Irvine, D.E.G., Farnham, W.F. (Eds.). *The Shore Environment Ecosystems*, vol. 2. *Academic Press*, London and New York, 729–759.
- Platt, H.M., Warwick, R.M. (1983). *Free-living marine nematodes. Part I. British Enoplids. Synopsis of the British fauna (New Series)*. Cambridge University Press. 28: 307p.
- Platt, H.M., Warwick, R.M. (1988). *Free-living marine nematodes. Part II. British Chromadorids. Synopsis of the British fauna (New Series)*. Brill, Leiden. 38: 502p.
- Quintana, C.O.; Yoshinaga, M.Y., Sumida, P.Y.G. (2010). Benthic responses to organic matter variation in a subtropical coastal area off SE Brazil. *Mar. Ecol.*, 1 – 16.
- Renaud-Mornant, J., Bodin, P., Bodiou, J.Y., Boucher, G., Bouvee, F., Castel, J., Coineau, N., Courties, C., Gorbault, N., Guidi, L., Lasserre, P., Soyer, J., Tournier, T. (1984). *Estimations du role énergétique et dynamique spatio-temporelle du méiobenthos en milieu littoral: échantillonnage et méthodologie*. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique. 232p. (Rapport final, 982002).

- Rodrigues, R.R., Lorenzetti, J.A. (2001). A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the Southeast Brazilian coastal upwelling. *Cont. Shelf Res.*, 21: 371–394.
- Schmid-Araya, J.M., Schmid, P.E. (2000). Trophic relationships: integrating meiofauna into a realistic benthic food web. *Freshw. Biol.*, 44: 149–163.
- Schratzberger, M., Gee, J.M., Rees, H.L., Boyd, S.E., Wall, C.M. (2000). The structure and taxonomic composition of sublittoral meiofauna assemblages as an indicator of the status of marine environments. *J. Mar. Biol. Assoc. Unit. Kingd.*, 80: 969–980.
- Schratzberger, M., Warr, K., Rogers, S.I. (2006). Patterns of nematode populations in the southwestern North Sea and their link to other components of the benthic fauna. *J. Sea Res.*, 55: 113–127.
- Schratzberger, M., Warwick, R.M. (1999). Differential effects of various types of disturbances on the structure of nematode assemblages: an experimental approach. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 181: 227–236.
- Shepard, F.P. (1954). Nomenclature based on sand–silt–clay ratios. *J. Sediment. Petrol.*, 24(3): 151–158.
- Snelgrove, P.V.R. (1997). The importance of marine sediment biodiversity in ecosystem processes. *Ambio*, 26:578-583.
- Soetaert, K., Vincx, M., Wittoeck, J., Tulkens, M. (1995). Meiobenthic distribution and nematode community structure in five European estuaries. *Hydrobiologia*, 311: 185–206.
- Soetaert, K., Vincx, M., Wittoeck, J., Tulkens, M., van Gansbeke, D. (1994). Spatial patterns of Westerschelde meiobenthos. *Est., Coast. Shelf Sci.*, 39: 367–388.
- Soltwedel, T. (1997). Temporal variabilities in benthic activity and biomass on the western European continental margin. *Oceanologica Acta*, 20(6): 871-879.
- Soltwedel, T. (2000). Metazoan meiobenthos along continental margins: a review. *Progr. Oceanogr.*, 46: 59–84.
- Somerfield, P.J., Fonseca-Genevois, V.G., Rodrigues, A.C.L., Castro, F.J.V., Santos, G.A.P. (2003). Factors affecting meiofaunal community structure in the Pina Basin, an urbanized embayment on the coast of Pernambuco, Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. Unit. Kingd.*, 83: 1209–1213.
- Stech, J.L., Lorenzetti, J.A. (1992). The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. *J. Geoph. Res.*, 97(C6): 9507–9520.

- Steyaert, M., Garner, N., van Gansbeke, D., Vincx, M. (1999). Nematode communities from the North Sea: environmental controls on species diversity and vertical distribution within the sediment. *J. Mar. Biol. Assoc. Unit. Kingd.*, 79: 253–264.
- Steyaert, M., Vanaverbeke, J., Vanreusel, A., Barranguet, C., Lucas, C., Vincx, M. (2003). The importance of fine-scale, vertical profiles in characterizing nematode community structure. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 58: 353–366.
- Sverdrup, H.U., M.W. Johnson, R.H. Fleming (1942). *The Oceans, Their Physics, Chemistry, and General Biology*. Prentice Hall, New York, 1087 p.
- Suess, E. (1980). Particulate organic carbon flux in the oceans-surface productivity and oxygen utilization. *Nature*, 288: 260–263.
- Suguio, K. (1973). *Introdução a sedimentologia*. Edgar Blucher/EDUSP, São Paulo. 317p.
- Sumida, P.Y.G., Yoshinaga, M.Y., Ciotti, A.M., Gaeta, S.A. (2005). Benthic response to upwelling events off the SE Brazilian coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 291: 35 – 42.
- Tita, G., Desrosiers, G., Vincx, M., Clement, M. (2002). Intertidal meiofauna of the St Lawrence estuary (Quebeck, Canada): diversity, biomass and feeding structure of nematode assemblages. *J. Mar. Biol. Assoc. Unit. Kingd.*, 82: 779–791.
- Underwood, A.J., Chapman, M.G., Connell, S.D. (2000). Observations in ecology: you can't make progress on processes without understanding the patterns. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 250: 97–115.
- Valentin, J., André, D.L., Jacob, S.A. (1987). Hydrobiology in the Cabo Frio (Brazil) upwelling: 2-dimensional structure and variability during a wind cycle. *Cont. Shelf. Res.*, 7: 77–88.
- Valentin, J., Monteiro-Ribas, W.M. (1993). Zooplankton community structure on the east-southeast Brazilian continental shelf (18–23° S latitude). *Cont. Shelf. Res.*, 13: 407–424.
- Valentin, J.L. (2001). The Cabo Frio upwelling system, Brazil. In: Seeliger, U., Kjerfve, B. (Eds.), *Coastal Marine Ecosystems of Latin América*. Springer-Verlag, Heidelberg. 97–105.
- Vernberg, W.B., Coull, B.C. (1981). Meiofauna. In: Vernberg, F.J., Vernberg, W.B. (Eds). *Functional adaptations of marine organisms*. Academic Press. New York. 147–177.

- Venekey, V. (2002). *Microhabitat preferences in salt-marsh nematodes: is attraction towards bacteria important?* Dissertação (Mestrado em nematologia), University of Gent (Bélgica), 38p.
- Venekey, V. (2007). Atualização do conhecimento taxonômico dos Nematoda na costa brasileira e sua ecologia na praia de Tamandaré – PE (Brasil). Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica), Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 165p.
- Ventura, C.R.R., Fernandes, F.C. (1995). Bathymetric distribution and population size structure of paxillosid seastars (Echinodermata) in the Cabo Frio upwelling ecosystem of Brazil. *Bull. Mar. Sci.*, 56(1): 268–282.
- Warwick R.M., Dashfield S.L., Somerfield P.J. (2006). The integral structure of benthic faunal assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 330: 12–18.
- Warwick, R.M., Platt, H.M., Somerfield, P.J. (1998). *Free-living marine nematodes Part III. Monhysterids. Synopses of the British Fauna (New Series)*. Field Studies Council, Shrewsbury. 53: 296p.
- Wieking G., Kröncke I. (2005) Is benthic trophic structure affected by food quality? The Dogger Bank example. *Mar. Biol.*, 146: 387–400.
- Wieser, W. (1953). Die Beziehung zwischen Mundhoehleform, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. *Eine oekologisch – morphologische studie. Arkive Zoologische*, Ser. II. 4: 439–484.
- Yoshinaga, M.Y., Quintana, C.O., Sumida, P.Y.G. (2006). Sedimentary chlorophyll-a and microbial biomass as indicators of benthic processes in coastal and shelf areas of the SE Brazilian coast (Ubatuba, SP). *J. Coast. Res.*, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, Itajaí, SC, Brazil), 1098 - 1101.

Discussão Geral

Até o presente momento, os trabalhos na área de bioincrustação têm sido focados no estudo da fase inicial da colonização das superfícies, ou seja, o estudo do biofilme bacteriano (Guezennec *et al.*, 1998; Dang e Lovell, 2000; Decho, 2000; Patil e Anil, 2005; Chiu *et al.*, 2005; Artham *et al.*, 2009; Erable *et al.*, 2010) ou em uma fase mais avançada quando surgem os macroincrustantes (Azis *et al.*, 2003; Yan *et al.*, 2006; Messano *et al.*, 2009; Rath *et al.*, 2010), não abordando, na sua maior parte, o papel da meiofauna no processo da bioincrustação. Não se conhece, por exemplo, se a meiofauna pode funcionar como um elo entre a microincrustação (biofilme) e a macroincrustação.

É possível supor que haja um processo de sucessão da bioincrustação que se inicia com a adesão do biofilme, passando pela colonização pela meiofauna e posteriormente a chegada dos macroincrustantes. Fonseca-Genevois *et al.* (2006) em seu estudo sobre a colonização da meiofauna em placas de alumínio relataram que antes mesmo que houvesse qualquer macroincrustante que conferisse maior rugosidade ao substrato que facilitasse a colonização foram encontrados organismos da meiofauna colonizando as placas. Mas, ainda de acordo com os autores, mesmo após a colonização pelos macroincrustantes, as densidades da meiofauna continuaram a crescer. Isto significa que a colonização e a sucessão dos macroincrustantes ao longo do tempo criam novos nichos que podem ser colonizados pelos organismos da meiofauna. E, ao passo que ocorre a sucessão dos macroincrustantes, acontece também a sucessão da meiofauna que se adapta às novas características assumidas pelo substrato.

No presente estudo foi utilizada, para o experimento com placas de substratos artificiais, a metodologia descrita por Fonseca-Genevois *et al.* (2006). As estruturas circulares utilizadas, suspensas por cordas amarradas a uma balsa flutuante, permitiram que todas as placas experimentais estivessem sujeitas aleatoriamente ao mesmo regime de correntes, visto que as estruturas eram capazes de girar livremente com o movimento das correntes. Desta forma, as placas puderam ficar expostas tanto aos movimentos criados pelas correntes de maré, bem como aos das correntes geradas pelo vento. Esta aleatoriedade foi ainda reforçada pelo fato de que no momento da retirada das placas não havia uma sequência definida de coleta e, assim, as placas foram retiradas também de forma aleatória.

A metodologia empregada permitiu afirmar que a meiofauna que colonizou as placas de substratos artificiais tenha vindo exclusivamente via transporte da coluna

de água, não tendo contato com outros substratos próximos. Os principais candidatos para o transporte de curta distância por correntes de fundo e de maré são as espécies de águas pouco profundas e epibênticas (Giere, 2009). Os organismos da meiofauna, em geral, não são considerados bons nadadores (Palmer, 1984) e não seriam capazes de colonizar ativamente substratos suspensos na coluna de água a alguns metros do fundo e a vários metros dos bancos de algas (Fonsêca-Genevois *et al.*, 2006). Estes organismos teriam sido ressuspensos da superfície do sedimento pelo movimento das correntes e ondas e foram carregados até que, em contato com o substrato consolidado, puderam colonizar ativamente. Nematóides, geralmente, mostram pouca evidência de dispersão ativa (Palmer, 1988) e, provavelmente, se movem primariamente por transporte passivo pelo fundo e coluna de água (Armonies, 1994; Sun e Fleeger, 1994).

Embora este estudo tenha partido da hipótese de que os gêneros de Nematoda que colonizaram as placas experimentais, tanto no experimento com diferentes materiais quanto no experimento apenas com PVC, seriam oriundos dos sedimentos ao largo do campo de provas, os resultados obtidos contradizem esta hipótese. Devido à ausência de larvas planctônicas na meiofauna, os transportes ativo e passivo de indivíduos podem ser extremamente importantes no desempenho de sua população. Apesar das distâncias viajadas por indivíduos da meiofauna serem pouco conhecidas, distâncias de dezenas de metros ocorrem quando os fluxos das correntes são de baixa velocidade, mas quando a velocidade da corrente é alta, as distâncias podem exceder centenas de metros (Palmer, 1988).

Dos 38 gêneros identificados no experimento que testou diferentes tipos de substratos (PVC, Acrílico, Vidro e Granito), apenas a metade foi encontrada nos sedimentos coletados ao longo de um transecto indo desde a área abrigada das Enseadas do Arraial do Cabo até a parte mais exposta da Ilha de Cabo Frio, onde os efeitos da ressurgência local atuam de forma mais efetiva. Da mesma forma para o experimento com PVC, dos 35 gêneros encontrados nas placas experimentais, apenas 16 foram também identificados nos sedimentos.

Quando os resultados obtidos no presente estudo foram comparados aos trabalhos realizados anteriormente na região de Arraial do Cabo em áreas próximas ao campo de provas (Da Rocha, 2003; Fonsêca-Genevois *et al.*, 2004; Lage, 2005) e com a amostragem de sedimentos realizada aqui, o ambiente com maior número de gêneros de Nematoda em comum com os experimentos de substratos artificiais

foi o de tufos de algas calcárias, muito abundantes nos costões rochosos próximos (Lage, 2005) (Tab. D.1). Na comparação dos dois experimentos realizados (diferentes materiais e PVC) com as amostragens de sedimentos foram encontrados 19 e 16 gêneros em comum, 13 e 15 foram comuns com os resultados para *Sargassum furcatum* de Da Rocha (2003), 16 e 12 com os resultados de Fonsêca-Genevois *et al.* (2004) e 27 e 31 foram também encontrados no estudo de Lage (2005) em tufos de algas calcárias de costão rochoso, respectivamente. De todos os gêneros identificados nos dois experimentos (52) 5 não foram encontrados anteriormente nos trabalhos realizados nesta área. Levando em conta o fato de que ainda são poucos os estudos nesta área e que a presença do fenômeno da ressurgência torna ainda mais complexo todo este ecossistema é possível considerar que a nematofauna pode ser ainda mais rica do que foi possível avaliar até agora.

Tabela D.1: Presença e da ausência dos gêneros de Nematoda encontrados nos experimentos com diferentes materiais (PVC, Granito, Acrílico e Vidro) e PVC com os estudos realizados em ambientes próximos: A – Sedimentos (presente estudo); B – Sedimentos (Fonsêca-Genevois, *et al.*, 2004); C – *Sargassum furcatum* (Da Rocha, 2003); D – Tufos de algas calcárias (Lage, 2005).

Materiais	A	B	C	D	PVC	A	B	C	D
<i>Acanthonchus</i>	X		X	X	<i>Acantholaimus</i>				X
<i>Acanthopharinx</i>				X	<i>Acanthonchus</i>	X		X	X
<i>Axonolaimus</i>	X			X	<i>Aegialoalaimus</i>		X		
<i>Bathylaimus*</i>					<i>Chromadora</i>		X	X	X
<i>Camacolaimus</i>				X	<i>Chromadorella</i>	X		X	X
<i>Chromadorella</i>	X		X	X	<i>Chromadorina</i>			X	X
<i>Chromadorina</i>			X	X	<i>Chromadorita</i>				X
<i>Daptonema</i>	X	X	X	X	<i>Daptonema</i>	X	X	X	X
<i>Dichromadora</i>	X	X	X	X	<i>Dichromadora</i>	X	X	X	X
<i>Draconema</i>				X	<i>Enoplus</i>			X	X
<i>Endeolophos</i>				X	<i>Epsilonema</i>	X			X
<i>Euchromadora</i>			X	X	<i>Euchromadora</i>			X	X
<i>Graphonema</i>				X	<i>Eurystomina</i>				X

Tabela D.1: Presença e da ausência dos gêneros de Nematoda encontrados nos experimentos com diferentes materiais (PVC, Granito, Acrílico e Vidro) e PVC com os estudos realizados em ambientes próximos: A – Sedimentos (presente estudo); B – Sedimentos (Fonsêca-Genevois, *et al.*, 2004); C – *Sargassum furcatum* (Da Rocha, 2003); D – Tufos de algas calcárias (Lage, 2005) (continuação).

Materiais	A	B	C	D	PVC	A	B	C	D
<i>Hypodontolaimus</i>		X	X		<i>Graphonema</i>				X
<i>Innocuonema</i>	X				<i>Innocuonema</i>	X			
<i>Metachromadora</i>	X	X			<i>Linhystra</i>	X			X
<i>Methoncholaimus</i>	X	X	X	X	<i>Metoncholaimus</i>	X	X	X	X
<i>Microlaimus</i>	X	X		X	<i>Microlaimus</i>	X	X		X
<i>Monoposthia</i>	X	X		X	<i>Neochromadora</i>	X	X		X
<i>Neochromadora</i>	X	X		X	<i>Oncholaimus</i>			X	X
<i>Onchium*</i>					<i>Paracanthochus</i>				X
<i>Oncholaimus</i>			X	X	<i>Paramonohystera</i>	X			X
<i>Paracanthochus</i>				X	<i>Phanoderma</i>			X	X
<i>Paracyatholaimus</i>			X	X	<i>Praeacanthochus</i>			X	
<i>Paramicrolaimus</i>	X	X			<i>Prochromadora</i>				X
<i>Prochromadorella</i>				X	<i>Prochromadorella</i>				X
<i>Pseudosteineria</i>	X	X			<i>Ptycholaimellus</i>		X		X
<i>Ptycholaimellus</i>		X		X	<i>Retrotheristus</i>	X			X
<i>Scaptrella</i>	X				<i>Spiliphera*</i>				
<i>Southerniella*</i>					<i>Spilophorella</i>		X	X	X
<i>Spiliphera*</i>					<i>Symplocostoma</i>	X		X	X
<i>Spilophorella</i>	X	X	X	X	<i>Syringolaimus</i>				X
<i>Steineridora*</i>					<i>Thalassomonhystera</i>	X	X		X
<i>Syringolaimus</i>				X	<i>Theristus</i>	X	X	X	X
<i>Terschellingia</i>	X	X		X	<i>Viscosia</i>	X	X	X	X
<i>Thalassomonhystera</i>	X	X		X					
<i>Theristus</i>	X	X	X	X					
<i>Viscosia</i>	X	X	X	X					

Os gêneros marcados com * não foram encontrados nos ambientes comparados.

O fato de que a maior parte dos gêneros que colonizaram as placas experimentais foram comuns às comunidades de tufos de algas calcárias pode ter algumas explicações possíveis. A primeira é que o substrato artificial pode ter sido mais atrativo para os gêneros de comunidades fitais do que para os habitantes de sedimentos. Supondo que todos os gêneros de nematoda marinhos tenham as mesmas chances de serem ressuspensos e carregados pelas correntes através da coluna de água, ao encontrar um substrato consolidado, teriam também as mesmas chances de colonizar. Porém, os resultados obtidos neste estudo revelaram que, possivelmente, os substratos artificiais e as comunidades de biofilme e macroincrustantes formadas sobre eles poderiam ser mais atrativas para os Nematoda de fital do que para os de sedimentos. Ullberg e Olafsson (2003) contestaram a concepção de nematóides como partículas passivas na coluna de água, mostrando que estes são capazes de escolher ativamente os habitats quando assentam após a ressuspensão.

Uma segunda explicação possível para o padrão de colonização encontrado pode ter origens físicas. É um fato conhecido na literatura que as correntes revolvem os sedimentos de fundo e, desta forma, podem suspender os Nematoda e carregá-los por tempo e distâncias desconhecidos. Porém, a força com que as ondas atingem os costões e, conseqüentemente, os tufos de algas calcárias presentes neles, pode desalojar a meiofauna e liberá-la na coluna de água. Processos físicos passivos são os principais responsáveis pelo suprimento de larvas para o bentos, mas o comportamento larval pode determinar o local final de assentamento através de rejeição ativa de um local, uma vez que a larva tenha assentado e testado o substrato (Satumanatpan e Keough, 2001; Zhao *et al.*, 2003). É possível que os movimentos das ondas, atingindo os costões constantemente sejam responsáveis por um suprimento de Nematoda colonistas em maior número do que aqueles ressuspensos a partir dos sedimentos do fundo. E, tendo sido testados os substratos artificiais pelos Nematoda e considerados bons substratos, houve a colonização ativa pela escolha do substrato.

Ainda há uma terceira possibilidade que seria a união das duas anteriores. O padrão de colonização observado para os substratos artificiais testados pode ter sua origem no maior suprimento de Nematoda colonistas oriundos dos tufos de algas calcárias dos costões rochosos próximos e também na preferência deles, pelos substratos consolidados. Fonsêca-Genevois *et al.* (2006) sugeriram que os

nematóides que colonizaram suas estruturas experimentais utilizaram uma combinação de dispersão passiva através da água com movimentos ativos em curtas distâncias. A capacidade de dispersão passiva difere entre nematóides dependendo de suas características morfológicas, bem como comportamentais (Ullberg e Olafsson, 2003). O comportamento e a posição dos nematóides nos substratos podem afetar as suas chances de serem suspensos (Commito e Tita, 2002). A semelhança entre as comunidades estabelecidas nos substratos artificiais e as comunidades de fital também recai sobre a maior proporção dos Nematoda classificados como comedores de epistrato encontrados neste estudo que, segundo Warwick (1971) é uma característica comum em ambientes de fital. Estes também vivem na interface dos sedimentos com a água porque dependem de alimentos de origem fotossintetizante e, desta forma, podem ser mais suscetíveis à erosão e ao transporte (Warwick e Gee, 1984). Schratzberger *et al.* (2004) também afirmam que a migração ativa lateral de nematóides a partir de substratos adjacentes pode ser eficaz em distâncias curtas e que é difícil elucidar os efeitos de um único fator ambiental em comunidades colonistas.

Os resultados encontrados por Fonsêca-Genevois *et al.* (2006) que relataram uma sucessão da nematofauna ao longo do tempo e relacionada com os eventos de ressurgência corroboram os resultados encontrados aqui. Os eventos de ressurgência produzem perturbações no ambiente capazes de criar um sutil desequilíbrio ecológico causando uma instabilidade que pode produzir pequenas heterogeneidades no habitat, criando mosaicos de pequenas manchas e variações temporais. Esta abertura de novos nichos favorece algumas espécies que, sob uma maior pressão de competição, seriam removidas por seleção (Giere, 2009). Para o experimento que testou diferentes tipos de substratos, esta sucessão não ficou evidenciada, provavelmente devido ao curto tempo de duração do experimento. Porém, para o experimento com o substrato PVC que teve uma duração maior, esta sucessão ficou clara tendo, ao final do experimento, na sua maioria, gêneros de Nematoda predadores. Esta predominância de predadores ao final do experimento pode ter contribuído para a diminuição ou desaparecimento de alguns outros gêneros de Nematoda (Moens *et al.*, 2000), já que eles são capazes de predação sobre nematóides ou outros organismos da meiofauna (Moens *et al.*, 1999). Além disso, são capazes de se alimentar de detritos particulados e/ou seus micro-organismos

associados (Moens e Vincx, 1997) e também de matéria orgânica dissolvida (Lopez *et al.*, 1979).

No presente estudo foram abordados os processos de colonização e sucessão dos Nematoda marinhos em substratos artificiais consolidados, bem como a distribuição dos mesmos ao longo de um gradiente de influência da ressurgência de Arraial do Cabo. Além disso, foi investigada a origem dos Nematoda que colonizaram os substratos artificiais. Os resultados obtidos tornaram possível aceitar as hipóteses sobre a colonização e sucessão dos Nematoda nos substratos testados e também a hipótese sobre a variação na distribuição espacial. Porém, com os resultados também foi possível rejeitar a hipótese da origem dos Nematoda colonizadores. A expectativa inicial de que as placas seriam colonizadas pela nematofauna presente nos sedimentos vizinhos à área de estudo foi frustrada com a descoberta de que a comunidade formada nas placas teve mais gêneros em comum com os tufos de algas calcárias abundantes nos costões rochosos próximos do que com os sedimentos. Desta forma, foi possível concluir que a colonização da nematofauna em substratos artificiais depende dos processos hidrodinâmicos locais, bem como dos processos espécie-específicos na escolha ativa dos substratos.

D.1 Referências

- Armonies, W. (1994). Drifting meio - and macrobenthic invertebrates on tidal flats in Königshafen: a review. *Helgol. Meeresunters*, 48: 299– 320.
- Artham, T., Sudhakar, M., Venkatesan, R., Madhavan Nair, C., Murty, K.V.G.K., Doble, M. (2009). Biofouling and stability of synthetic polymers in sea water. *Internat. Biodet. Biodegr.*, 63: 884 – 890.
- Azis, P.K.A., Al-Tisan, I., Al-Daili, M., Green, T.N., Ba-Mardouf, K., Al-Qahtani, S.A., Al-Sabai, K. (2003). Marine macrofouling: a review of control technology in the context of an on-line experiment in the turbine condenser water box of Al-Jubail Phase-I power/MSF plants. *Desalination*, 154: 277 – 290.
- Chiu, J.M.Y., Thiyagarajan, V., Tsoi, M.M.Y., Qian, P.Y. (2005). Qualitative and quantitative changes in marine biofilms as a function of temperature and salinity in summer and winter. *Biofilms*, 2: 183 – 195.
- Commito, J.A., Tita, G. (2002). Differential dispersal rates in an intertidal meiofauna assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 268: 237–256.
- Da Rocha, C.M. (2003). *Efeito do substrato fital na comunidade meiofaunística associada, com ênfase aos Nematoda livres*. Tese Doutorado em oceanografia, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco. 117 p.
- Dang, H., Lovell, C.R. (2000). Bacterial primary colonization and early succession on surfaces in marine waters as determined by amplified rRNA gene restriction analysis and sequence analysis of 16S rRNA genes. *Applied and Environmental Microbiology*, 66: 467 – 475.
- Decho, A.W. (2000). Microbial biofilms in intertidal systems: an overview. *Cont. Shelf Res.*, 20: 1257 – 1273.
- Erable, B., Vandecandelaere, I., Faimali, M., Delia, M.L., Etcheverry, I., Vandamme, P., Bergel, A. (2010). Marine aerobic biofilm as biocathode catalyst. *Bioelectrochemistry*, 78: 51 – 56.
- Fonsêca-Genevois, V., Somerfield, P. J., Neves, M.H.B., Coutinho, R., Moens, T. (2006). Colonization and early succession on artificial hard substrata by meiofauna. *Mar.Biol.*, 148: 1039–1050.
- Fonsêca-Genevois, V., Satos, G. A. P., Castro, F. J. V., Botelho, A. P., Almeida, T. C. M., Coutinho, R. (2004). Biodiversity of merine nematodes from an atypical

- tropical coast area affected by upwelling (Rio de Janeiro, Brazil). *Meiof. Mar.*, 13: 37-44.
- Giere, O. (2009). *Meiobenthology: the Microscopic Fauna in Aquatic Sediments*. 2nd Ed. Springer-Verlag, Berlin, 527p.
- Guezennec, J., Ortega-Morales, O., Ragenes, G., Geesey, G. (1998). Bacterial colonization of artificial substrate in the vicinity of deep-sea hydrothermal vents. *Microbiol. Ecol.*, 26: 89 – 99.
- Lage, L.M. (2005). *Distribuição espaço-temporal da meiofauna associada a algas epilíticas em costão rochoso, com ênfase aos Nematoda livres (Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil)*. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco. 136p.
- Lopez, G., Riemann, F., Schrage, M. (1979). Feeding biology of the brackish water Oncholaimid nematode *Adoncholaimus thalassophygas*. *Mar. Biol.*, 54: 311–318.
- Messano, L.V.R.; Sathler, L.; Reznik, L.Y.; Coutinho, R. (2009). The effect of biofouling on localized corrosion of the stainless steels N08904 and UNS S32760. *Intern. Biodet. Biodegr.*, 63: 607 – 614.
- Moens, T., Vincx, M. (1997). Observations on the feeding ecology of estuarine nematodes. *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, 77: 211–227.
- Moens, T., Verbeeck, L., de Maeyer, A., Swings, J., Vincx, M. (1999). Selective attraction of marine bacterivorous nematodes to their bacterial food. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 176: 165–178.
- Moens, T., Herman, P.M.J., Verbeeck, L., Steyaert, M., Vincx, M. (2000). Predation rates and prey selectivity in two predacious estuarine nematode species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 205: 185–193.
- Palmer, M.A. (1988). Dispersal of marine meiofauna: a review and conceptual model explaining passive transport and active emergence with implications for recruitment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 48: 1-91.
- Palmer, M.A. (1984). Invertebrate drift: behavioral experiments with intertidal meiobenthos. *Mar. Behav. Physiol.*, 10: 235–253.
- Patil, J.S., Anil, A.C. (2005). Biofilm diatom community structure: Influence of temporal and substratum variability. *Biofouling*, 21: 189 – 206.
- Rath, S.K., Chavan, J.G., Sasane, S., Jagannath, Patri, M., Samui, A.B., Chakraborty, B.C. (2010). Two component silicone modified epoxy foul release

- coatings: Effect of modulus, surface energy and surface structuring on pseudobarnacle and macrofouling behavior. *Appl. Surf. Sci.*, 256: 2440 – 2446.
- Satumaparan, S., Keough, M.J. (2001). Roles of larval supply and behavior in determining settlement of barnacles in a temperate mangrove forest. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 260(2): 133–153.
- Schratzberger, M., Whomersley, P., Warr, K., Bolam, S.G., Rees, H.L. (2004). Colonisation of various types of sediment by estuarine nematodes via lateral infaunal migration: a laboratory study. *Mar. Biol.*, 145: 69–78.
- Sun, B., Fleeger, J.W. (1994). Field experiments on the colonization of meiofauna into sediment depressions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 110: 167–175.
- Ullberg, J., Olafsson, E. (2003). Free-living marine nematodes actively choose habitat when descending from the water column. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 260: 141–149.
- Warwick, R.M. (1971). Nematode associations in the Exe estuary. *J. Mar. Biol. Assoc. Unit. Kingd.*, 51: 439 – 454.
- Warwick, R.M., Gee, J.M. (1984). Community structure of estuarine meiobenthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 18: 97–111.
- Yan, T.; Yan, W.; Dong, Y.; Wang, H.; Yan, Y.; Liang, G. (2006). Marine fouling of offshore installations in the northern Beibu Gulf of China. *Intern. Biodeter. Biodegr.*, 58: 99 – 105.
- Zhao, B., Zhang, S., Qian, P.Y. (2003). Larval settlement of the silver- or goldlip pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson) in response to natural biofilms and chemical cues. *Aquaculture*, 220(1-4): 883–901.