

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ULLI CAROLINA VIEIRA DE LIMA

RESPOSTA DA MEIOFAUNA À VARIAÇÃO RELATIVA DA MARÉ E ASPECTOS  
DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DE AMBIENTES INTERSTICIAIS EM PRAIAS  
ARENOSAS

PONTAL DO PARANÁ

2022

**ULLI CAROLINA VIEIRA DE LIMA**

**RESPOSTA DA MEIOFAUNA À VARIAÇÃO RELATIVA DA MARÉ E ASPECTOS  
DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DE AMBIENTES INTERSTICIAIS EM PRAIAS  
ARENOSAS**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Bacharel em  
Oceanografia, Setor de Ciências da Terra da  
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Maikon Di Domenico

**PONTAL DO PARANÁ**

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Ulli Carolina Vieira de Lima

**“RESPOSTA DA MEIOFAUNA À VARIAÇÃO RELATIVA DA MARÉ E ASPECTOS DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DE AMBIENTES INTERSTICIAIS EM PRAIAS ARENOSAS”**

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Prof. Dr. Maikon Di Domenico

Prof. Orientador - Centro de Estudos do Mar - UFPR

Prof. Dr. Leonardo Sandrini Neto

Centro de Estudos do Mar - UFPR

Me. Larissa Regina Pinto

Doutoranda PGSISCO - Centro de Estudos do Mar - UFPR

Pontal do Paraná, 03 de maio de 2022



Documento assinado eletronicamente por **MAIKON DI DOMENICO, COORDENADOR(A) DE CURSO DE GRADUACAO (CURSO DE OCEANOGRAFIA) - PP**, em 05/05/2022, às 16:30, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **LARISSA REGINA PINTO, Usuário Externo**, em 06/05/2022, às 10:12, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **LEONARDO SANDRINI NETO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/05/2022, às 10:58, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4457936** e o código CRC **1B408E09**.

## AGRADECIMENTOS

A mim que, apesar de ter sido meu próprio obstáculo em diversos momentos, me mantive forte o máximo que pude nos últimos anos, possibilitando a chegada desse momento tão esperado, a conclusão da graduação. Para a Ulli de alguns anos atrás que, por n motivos, imaginava ser incapaz de apresentar um trabalho tão importante na frente de várias pessoas, duas palavras: você conseguiu!

Aos meus pais, cujo amor e apoio durante os últimos 23 anos me trouxeram até aqui. Minha gratidão não pode ser descrita em palavras. Espero sempre ser um motivo de orgulho para vocês. Aos meus irmãos, Daniel e Bruna, pelas muitas risadas, discussões bobas e anos de parceria. Aos meus avós, tios e tias que sempre me perguntaram como as coisas estavam quando nos reuníamos para almoços nos fins de semana e feriados. À minha vó Nega e meu vô Braz, de quem sinto saudades. Vocês também fizeram parte disso.

À minha namorada, Gaby, por me amar e tentar me fazer rir até quando eu pensava que nada conseguiria me animar. Você me faz muito feliz e sempre me impulsiona a ser uma pessoa cada vez melhor.

Às amigas que a Oceanografia me trouxe, Gabi, Isadora e Stephanie, cujo acolhimento desde o primeiro ano foi de extrema importância para mim. Choramos, rimos, nos desesperamos e comemoramos juntas, e cada um desses momentos tem um lugar especial no meu coração. Espero contribuir para o crescimento de vocês tanto quanto vocês contribuíram e contribuem para o meu. Quero mais dos nossos cafezinhos da tarde.

À Bruna, pela nossa amizade incrível que se iniciou lá em 2013. Sua presença em várias fases diferentes da minha vida foi e é muito importante para mim. Sempre torço pelo seu sucesso e felicidade.

Ao meu orientador Maikon Di Domenico, por acreditar na minha capacidade, me ajudar na execução desse trabalho, e ser uma das pessoas que me introduziu ao universo da meiofauna. Agradeço também ao professor Paulo da Cunha Lana, com quem iniciei essa jornada na pesquisa, por ver potencial em mim.

Ao CNPq, pelos dois anos em que fui bolsista do PIBIC.  
Aos meus colegas do GRR2016, pois juntos formamos a melhor turma que eu poderia ter tido na faculdade.

Aos membros dos laboratórios de Bentos e EcoMar, pelas ajudas nas coletas e no laboratório.

Ao Matheus Luchese, pela ajuda nas análises estatísticas e por sempre estar disposto a responder minhas dúvidas.

Aos professores do curso de Oceanografia, por tudo que me ensinaram e, em especial, à professora Hedda, cujo carinho e confiança na minha capacidade foram, em vários momentos, o gás que eu precisava para seguir firme e forte com meu trabalho.

Aos funcionários do Centro de Estudos do Mar e do Restaurante Universitário que também, de diversas formas, foram importantes nesses últimos anos.

As músicas, filmes e séries que eu assisti desde 2016, que me distraíram, me animaram e me emocionaram quando eu precisava desses momentos.

## RESUMO

As associações meiofaunais que habitam as praias tem sua distribuição afetada pelos padrões hidrodinâmicos e a morfologia desses ambientes, cujas características podem variar significativamente ao longo da linha de costa. Este trabalho teve como objetivo principal compreender a distribuição da meiofauna ao longo de um gradiente energético formado por praias variando de expostas a abrigadas, observando sua resposta à Variação Relativa da Maré (RTR) e aos efeitos dessa variação sobre o ambiente intersticial. Os dados foram obtidos através de coletas realizadas durante os meses de novembro de 2019 e junho de 2021, em nove pontos distribuídos ao longo da linha de costa da cidade de Pontal do Paraná (Paraná), e divididos em três diferentes setores associados a posição da linha de costa em relação ao oceano e ao estuário. Foram coletadas amostras de meiofauna e para análise granulométrica no interior de um quadrat de 250 cm<sup>2</sup>. Foram feitas, além disso, medidas da permeabilidade do substrato, tempo de espraiamento, período e altura de onda, e da amplitude da maré. Foram utilizados o GLM, PERMANOVA e nMDS para a análise estatística, considerando a abundância total e de táxons específicos, e a riqueza, como variáveis resposta, e as variáveis ambientais categóricas e numéricas, como preditoras. A abundância e riqueza apresentaram uma relação inversa entre si com respeito ao RTR. Maiores valores de RTR estiveram associados a maiores diversidades, porém menores abundâncias. A meiofauna apresentou variação temporal, estando presente em maiores abundâncias durante a estação chuvosa, e variação horizontal, sendo mais rica e menos abundante à medida que as praias se tornavam mais abrigadas e com menor influência das ondas. Os parâmetros granulométricos variaram sutilmente, mas também apresentaram importância relativa significativa nos modelos de GLM gerados para a distribuição da meiofauna e de táxons dominantes.

Palavras-chave: Meiofauna. RTR. Parâmetros granulométricos. Praias expostas.  
Praias abrigadas.

## ABSTRACT

The meiofaunal associations that inhabit beaches have their distribution affected by the hydrodynamic patterns and the morphology of these environments, whose characteristics can vary significantly along the coastline. The main objective of this work was to understand the distribution of meiofauna along an energetic gradient formed by beaches ranging from exposed to sheltered, observing their response to the Relative Tide Range (RTR) and its effects on the interstitial environment. Importance of structural aspects of the substrate was also evaluated, associated, for example, to its granulometric parameters, in addition to other attributes of the hydrodynamic processes that occur in the coastal region. The data were obtained through samplings carried out during the months of November, 2019 and June, 2021, at nine points distributed along the coastline of the city of Pontal do Paraná (Paraná), and divided into three different sectors associated with their exposure rate. Meiofauna and granulometric samples were taken inside a 250 cm<sup>2</sup> quadrat. In addition, substrate permeability, swash time, wave period and height, and tidal range were measured. GLM, PERMANOVA and nMDS were used for statistical analysis, considering the total and dominant taxa abundance, and richness, as response variables, and categorical and numerical environmental variables, as predictors. Richness and abundance presented an inverse relationship with each other regarding RTR. Higher RTR values were associated with higher diversity, but lower abundance. Meiofauna showed temporal variation, being present in greater abundance during the rainy season, and horizontal variation, being richer and less abundant as the beaches became more sheltered and less influenced by waves. The granulometric parameters varied subtly, but also showed significant relative importance in the GLM models generated for the distribution of meiofauna and dominant taxa.

Keywords: Meiofauna. RTR. Granulometric parameters. Exposed beaches. Sheltered beaches.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	12
2.2. PROCEDIMENTOS DE CAMPO.....	13
2.3. PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO.....	16
2.4. ANÁLISE DE DADOS.....	17
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA MEIOFAUNA.....	22
3.3. RESPOSTA DA MEIOFAUNA ÀS VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	25
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Praias são ambientes altamente dinâmicos encontrados em regiões costeiras, caracterizadas pela ação de processos hidrodinâmicos, as ondas e ciclos de maré, bem como a granulometria e a história geológica, que resultam nas configurações morfodinâmicas de cada uma delas (SHORT, 1996; JACKSON *et al.*, 2005, MCLACHLAN & BROWN, 2006). Como consequência, o estado morfodinâmico de uma praia é o resultado de processos hidrodinâmicos que irão ditar, por exemplo, os parâmetros granulométricos, a fauna, e a morfologia desses ambientes (AMARAL *et al.*, 2003).

Devido à grande diversidade de componentes e fatores que estruturam e alteram as praias, elas podem ser classificadas de diversas maneiras, uma delas, e que é utilizada neste trabalho, é a categorização desses ambientes quanto a exposição às ondas oceânicas, em praias expostas e abrigadas (SHORT, 1996).

As praias expostas são ambientes influenciados de maneira mais expressiva pelo regime de ondas, devido a orientação da sua linha de costa voltada para o oceano, que geram um estresse físico no substrato (MCLACHLAN & TURNER, 1994). As ondas, portanto, vão ditar de maneira relevante, as características do sedimento desses ambientes, nos quais geralmente, devido ao alto potencial de mobilização dos grãos, encontram-se grãos de areia mais grossos (GRAY, 2002; GRAY & ELLIOT, 2009).

Quanto mais grossos forem os grãos que compõem um substrato, maior será sua permeabilidade e os espaços intersticiais (MCLACHLAN & TURNER, 1994). Em contrapartida, as praias abrigadas possuem substratos comumente formados por grãos mais finos, em função de uma influência mais significativa dos ciclos de maré, garantindo maior estabilidade a esses ambientes (GRAY, 2002; FREIRE *et al.*, 2006).

A estabilidade do substrato está associada a capacidade dos grãos mais finos de preencher espaços intersticiais (MCLACHLAN & TURNER, 1994). No entanto, essa compacticidade impede que a água penetre o substrato, afetando negativamente a disponibilidade de nutrientes e oxigênio no ambiente (GRAY & ELLIOT, 2009). Tais fatores fazem com que a fauna que habita o substrato dessas regiões fique restrita às camadas superficiais do sedimento, enquanto as características observadas em

praias expostas favorecem a locomoção desses organismos para maiores profundidades (STEYAERT & VINCX, 1996; COULL, 1999).

Entre os indicadores hidrodinâmicos usados para estudar praias expostas e abrigadas, o parâmetro de Variação Relativa da Maré (*Relative Tide Range* – RTR) de Masselink & Short (1993), visa determinar numericamente a influência da amplitude da maré em relação ao regime de ondas na morfologia desses ambientes praias distintos. O cálculo do RTR retorna valores que, quando abaixo de 3, correspondem a maior influência das ondas sobre a configuração do ambiente e, se superiores a 15, da maré (MASSELINK & SHORT, 1993).

A meiofauna é um conjunto de organismos formado por metazoários invertebrados, que podem ser encontrados em diversos ambientes, inclusive nas praias, cujo tamanho varia entre 0,5 mm e 0,045 mm (COULL & BELL, 1979; COULL, 1988; GRAY, 2002). Nematoda e copépodes harpacticóides tendem a ser os organismos mais abundantes desse grupo, a dominância de um em relação ao outro no ambiente é influenciada, principalmente, pelo tamanho dos grãos que formam o substrato (COULL & BELL, 1979; COULL, 1988).

Os principais fatores responsáveis por controlar a abundância, distribuição e a riqueza da meiofauna nas praias são as características granulométricas, o regime de ondas e os ciclos de maré (ALBUQUERQUE *et al.*, 2007). Em conjunto, esses parâmetros definirão, por exemplo, a temperatura, a estabilidade do substrato, promovendo ou não seu estabelecimento no local, a disponibilidade de recursos, incluindo alimento e oxigênio, limitante para a maioria dos organismos que compõem esse grupo (COULL, 1999; GRAY & ELLIOT, 2009). Assim, além dos espaços intersticiais permitirem o fluxo de água e recursos, eles também servem de abrigo e possibilitam a locomoção de organismos intersticiais ou que escavam o sedimento (COULL, 1999).

Ao longo de um gradiente de praias abrigadas a expostas, também estão associadas as características de cada habitat intersticial, a heterogeneidade ambiental e a complexidade estrutural. A heterogeneidade espacial está associada a distribuição de um determinado recurso para o ambiente e sua variabilidade ao longo do espaço e do tempo (JACOBI, 1992; SIVADAS *et al.*, 2012). Um dos aspectos intrínsecos a heterogeneidade é a complexidade estrutural, definida pela estrutura física dos ecossistemas e propiciada pelas características geológicas de cada ambiente, garantindo, por exemplo, uma variedade de abrigos e recursos (BARRETO, 1999;

GRAHAM & NASH, 2013). Substratos mais estáveis são considerados mais maduros e complexos, por conta de sua evolução progressiva (MARGALEF, 1963).

Apesar da possibilidade de ter sua diversidade limitada por alguns fatores, as praias abrigadas ainda oferecem melhores condições para a meiofauna, devido à sua estabilidade e disponibilidade de nutrientes (GRAY, 2002; GRAY & ELLIOT, 2009). Aplicamos uma abordagem mensurativa para avaliar as maneiras nas quais aspectos ligados à heterogeneidade de um ambiente, como o RTR, e estruturais, associados às características do substrato, exercem influência sobre a meiofauna das praias de Pontal do Paraná, situadas ao longo de um gradiente energético. Testamos a hipótese de que se a meiofauna responde aos processos hidrodinâmicos e seus efeitos no ambiente intersticial, então a variação relativa da maré e das ondas nesses ambientes implicaria em mudanças na distribuição da meiofauna.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

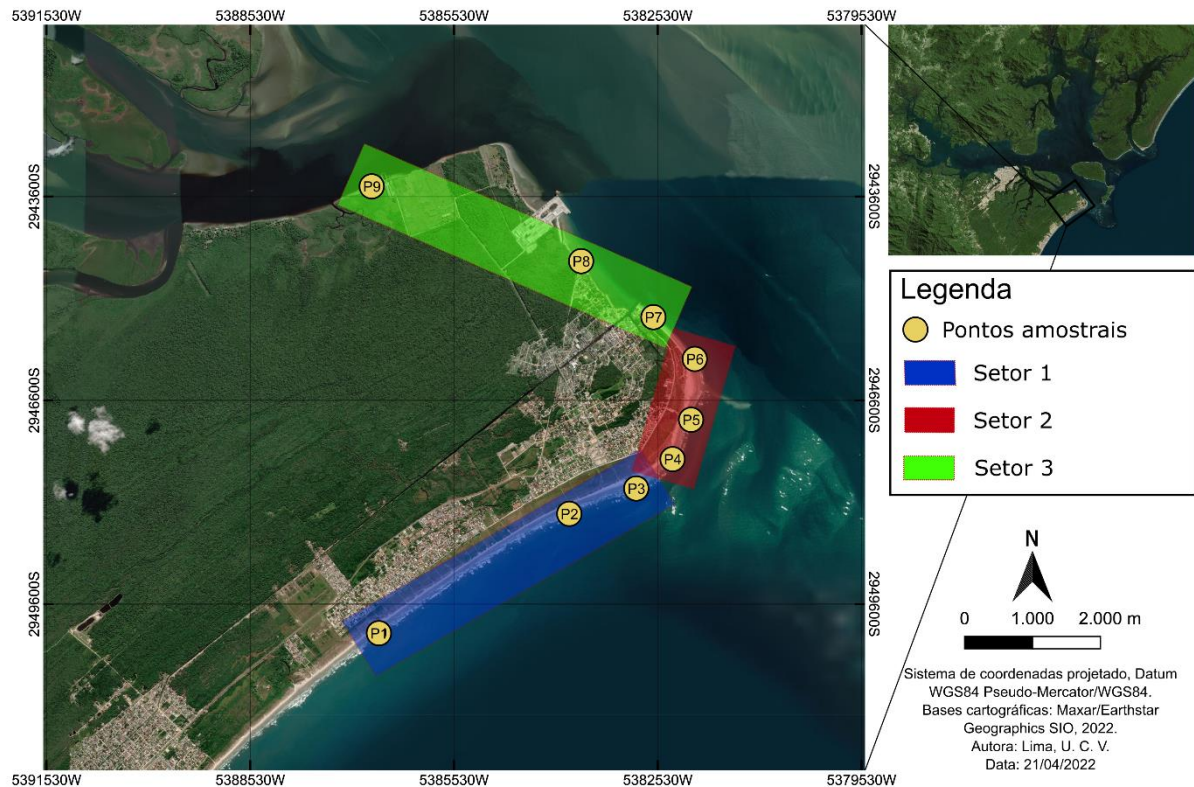
### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) localizado no litoral do Paraná ( $48^{\circ} 25' W$ ,  $25^{\circ} 30' S$ ), compreende costas predominantemente caracterizadas como praias arenosas, influenciadas com maior expressividade pelos ciclos de maré, associadas à desembocadura, assim como áreas cujo processo hidrodinâmico predominante é o regime de ondas (ANGULO & ARAÚJO, 1996). A amplitude de maré na desembocadura do estuário pode chegar a 1,7 m durante a sizígia (MARONE & JAMIYANAA, 1997).

Foram selecionados nove pontos ao longo do arco praial, com distâncias variando de 0,5 e 3km entre si, na tentativa de abranger ambientes que fossem influenciados de maneira diferente pelos processos hidrodinâmicos atuantes na região (FIGURA 1). Os pontos P1 ( $48^{\circ} 35' W$ ,  $25^{\circ} 57' S$ ), P2 ( $48^{\circ} 36' W$ ,  $25^{\circ} 58' S$ ) e P3 ( $48^{\circ} 35' W$ ,  $25^{\circ} 58' S$ ), fazem parte do Setor 1, onde há maior influência oceânica devido à orientação da linha de costa. Já os pontos P4 ( $48^{\circ} 35' W$ ,  $25^{\circ} 58' S$ ), P5 ( $48^{\circ} 34' W$ ,  $25^{\circ} 57' S$ ) e P6 ( $48^{\circ} 34' W$ ,  $25^{\circ} 57' S$ ), estão localizados na desembocadura, em uma região onde a costa começa a se voltar para o estuário, onde os processos dominantes são tanto o regime de ondas, quanto os ciclos de maré. Esses pontos foram denominados Setor 2.

Os pontos P7 ( $48^{\circ} 35' W$ ,  $25^{\circ} 57' S$ ), P8 ( $48^{\circ} 35' W$ ,  $25^{\circ} 56' S$ ) e P9 ( $48^{\circ} 38' W$ ,  $25^{\circ} 54' S$ ), por sua vez, estão localizados em pontos mais internos, dois deles ainda na região da desembocadura, e o último já completamente voltado para o estuário. Esses três últimos pontos foram atribuídos ao Setor 3, no qual espera-se que a atuação dos ciclos de maré seja mais significativa que a do regime de ondas, devido ao seu caráter abrigado.

FIGURA 1 – MAPA DA ÁREA DE ESTUDO EM PONTAL DO PARANÁ



## 2.2. PROCEDIMENTOS DE CAMPO

A primeira coleta foi realizada em novembro de 2019, durante a primavera, estação que tende a ser um período mais chuvoso, embora em menor intensidade quando comparada ao verão, no litoral do Paraná (MINUZZI & CARAMORI, 2011; SALTON *et al.*, 2016). No fim do outono de 2021, em junho, sucedeu-se a segunda coleta, em um período caracterizado pela menor quantidade de chuvas (SALTON *et al.*, 2016).

As coletas foram realizadas na zona de espraiamento dos nove pontos selecionados (entre 0,1 a -0,1 m), durante a maré baixa de sizígia. A zona de espraiamento é caracterizada pelo ciclo alternado de imersão e emersão associado a quebra das ondas, garantindo que essa área esteja sempre úmida (MASSELINK & PULEO, 2006).

Com um *quadrat* de 0,25 m<sup>2</sup> subdividido em 25 quadrados menores, posicionado sobre o substrato, três foram selecionados aleatoriamente para cada

ponto, utilizando a função *sample()* do *software* R. Todas as amostragens realizadas no substrato ocorreram dentro desses três pontos.

Em cada ponto foram registrados dados de amplitude de maré e altura média da onda, de modo a calcular o RTR, parâmetro criado por Masselink & Short (1993). A equação utilizada para a obtenção do RTR é:

$$RTR = \frac{Tr}{Hb},$$

onde  $Tr$  é amplitude da maré e  $Hb$  é a altura média das ondas. Para valores  $RTR < 3$ , a praia é dominada por ondas, entre 3 e 7, a praia é dominada pela interação entre a maré e as ondas e, se  $RTR > 15$ , essa praia é dominada pela maré (MASSELINK & SHORT, 1993).

Foi mensurado também o tempo de espraiamento, através da razão entre o período cronometrado para o fluxo e refluxo de dez ondas na zona de espraiamento. Para o cálculo do período de onda, o procedimento foi similar, mas cronometrando a quebra das ondas na zona de surfe.

Um tubo de PVC de 2,5 cm de diâmetro penetrando até a profundidade de 5 cm foi utilizado para a coleta de meiofauna. As amostras de meiofauna coletadas foram mantidas em recipientes devidamente identificados e armazenados em uma caixa de isopor com gelo, de modo a conservar a amostra e impedir a entrada de luz.

Em cada ponto, foi coletada uma amostra de sedimento, que em laboratório foi mantida congelada até o momento de realizar as análises para determinação dos parâmetros granulométricos.

Além disso, também foi registrada a presença ou ausência de camada redox, e medida sua profundidade. A chamada camada redox apresenta coloração acinzentada e nela ocorre a transição de um ambiente com condições oxidantes para redutoras, visto que o oxigênio se torna limitante no substrato (FENCHEL & RIEDL, 1970).

A permeabilidade do substrato foi avaliada utilizando um permeâmetro, aparato de campo desenvolvido por Caputo (1980) (FIGURA 2). Para construir três

permeômetros, foram necessários canos de PVC medindo 1,325 m, e os outros dois, 1,342 m, com 10 cm de diâmetro. Na parte superior desses canos, foram feitos dois orifícios distanciados em 15 cm, onde inseriu-se uma mangueira transparente.

Em campo, o sedimento foi escavado até a profundidade do lençol freático e, após o permeômetro ser posicionado, ele foi preenchido com água do mar até atingir um nível acima da parte superior da mangueira. O tempo que água levou para decantar e percorrer a distância conhecida entre as pontas da mangueira foi cronometrado. Utilizando todas as medidas conhecidas e o tempo cronometrado, foi possível calcular o coeficiente de Darcy (K) ou coeficiente de permeabilidade:

$$K = \frac{r}{4h} \frac{\Delta h}{\Delta t} \text{ onde,}$$

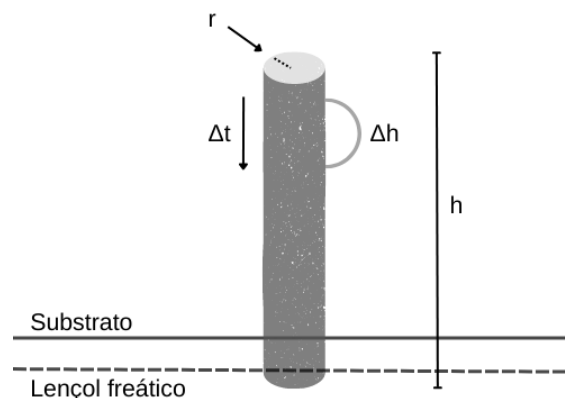
r: raio do cilindro utilizado

h: altura do cilindro, do lençol freático até o início da mangueira

$\Delta h$ : comprimento da mangueira

$\Delta t$ : tempo de decantação da água do mar ao longo de  $\Delta h$ .

FIGURA 2 – DESENHO ESQUEMÁTICO DO PERMEÔMETRO



LEGENDA: Permeômetro descrito por Caputo (1980) e utilizado para a medida da permeabilidade do substrato em campo. Adaptado de: Di Domenico (2007).

### 2.3. PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO

Em laboratório, foram adicionados uma solução isotônica de água do mar e cloreto de magnésio nas amostras para anestésiar os organismos das amostras de meiofauna, para conservar as características originais desses animais. As amostras foram então fixadas com glutaraldeído salino 3%. Fez-se um cálculo para que o glutaraldeído, inicialmente a 25%, ao ser diluído em uma solução de cloreto de magnésio e água do mar com volume pré-determinado e já inserida na amostra, apresentasse uma concentração de 3%.

Posteriormente, foi realizada a extração, onde foi retirado o fixador das amostras, passadas por uma peneira de 45  $\mu\text{m}$ , e então lavadas com água da torneira. Para impedir a contaminação das amostras durante a lavagem, a torneira foi coberta com uma malha de 10 $\mu\text{m}$ .

As amostras foram então colocadas em béqueres e cobertas por 300 ml de Ludox a uma densidade de 1,18 g/cm<sup>3</sup> por cinquenta minutos, o sobrenadante retido na peneira foi recolocado no recipiente original e armazenado com álcool 70%. A porção das amostras que permaneceu nos béqueres foi novamente coberta pelo Ludox e esse processo repetiu-se por mais duas vezes (AUSTEN & WARWICK, 1989)

Após a extração da meiofauna, essas amostras foram levadas ao microscópio estereoscópio, onde foi feita a triagem desses animais utilizando uma câmara de contagem. Para organismos que não puderam ser identificados apenas utilizando esse equipamento, todos foram separados e levados para o microscópio óptico.

As amostras para a análise granulométrica foram descongeladas, homogeneizadas, colocadas em uma placa de Petri e secas em uma estufa a 60°C. O material foi então quarteado e colocado em béqueres, pesados previamente. Cerca de 20 g de sedimento seco foram separados em cada béquer, um para a inserção do peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), responsável por eliminar a matéria orgânica, e outro para o ataque com ácido clorídrico (HCl), que age sobre os carbonatos.

Após os reagentes, eles foram deixados na capela com exaustor até a conclusão das reações. As amostras para medir a matéria orgânica foram então levadas para a estufa novamente e após secarem, seus pesos foram anotados. As

amostras atacadas com HCl, foram passadas por filtro posicionado na boca de um frasco Erlenmeyer. Utilizando água destilada, essas amostras foram lavadas até todo o ácido ser removido e levadas para a estufa e, posteriormente, pesadas. Um cálculo envolvendo a diferença entre os pesos iniciais e finais retornou o teor de matéria orgânica e carbonato contido nas amostras.

Para a granulometria, as amostras livres de matéria orgânica e carbonatos foram passadas pelo granulômetro. Para isso, as amostras foram homogeneizadas com água destilada e alíquotas de 2 g foram levadas ao granulômetro *Microtrac Bluewave S54000*, cuja tecnologia é baseada na refração da luz. Através do *software Microtrac FLEX 10.6.2*, que utiliza o Método de Medida dos Momentos descrito por Tanner (1995), foram calculados os parâmetros granulométricos.

## 2.4. ANÁLISES DE DADOS

A resposta da riqueza de táxons e abundância da meiofauna, dos táxons dominantes Nematoda e Harpacticoida e da razão entre o total desses dois táxons contabilizados, em cada amostra em relação as variáveis ambientais foram acessadas com Modelos Lineares Generalizados (GLM). Treze variáveis preditoras foram utilizadas para verificar a resposta da meiofauna: estação (chuvoso e seco, representando, respectivamente, períodos de maior e menor precipitação), setor (1, 2 e 3), diâmetro médio do grão ( $\mu\text{m}$ ), grau de seleção, assimetria, curtose, teor de carbonato e matéria orgânica, tempo de espriamento (s), período de onda (s), permeabilidade (cm/s), RTR e presença/ausência de camada redox.

Com a criação de um modelo inicial utilizando a função *glm* do pacote *MASS*, testaram-se os modelos de distribuição de Poisson, gaussiana, binomial e binomial negativa, verificando-se que os modelos que melhor representam os dados foram o gaussiano e binomial negativo. Essas modelos de distribuição retornaram menores valores de AIC (critério de informação de Akaike) e seus gráficos residuais indicaram uma distribuição normal dos resíduos. O AIC mensura a qualidade de representação entre diferentes modelos, valores menores indicam maior ajuste aos dados (AKAIKE, 1974).

A função *vif* (*variance inflation factor*) do pacote *car* (FOX *et al.*, 2019) aplicada aos modelos teve como papel testar a multicolinearidade das variáveis ambientais, ou seja, a existência de correlações entre elas (FOX & MONETTE, 1992). Todos os modelos tiveram as variáveis preditoras estação, setor, período de onda e, com apenas uma exceção, diâmetro médio do grão removidas, pois apresentaram  $VIF \geq 5$ , valor comumente usado em outros estudos (CRANEY & SURLES, 2002).

As funções *glm* e *glm.nb*, pertencentes ao pacote *MASS*, foram utilizadas para a obtenção das respostas da meiofauna à cada uma dessas variáveis. Para a riqueza, foi empregada a função *glm* com distribuição gaussiana, enquanto para abundância total, dos Nematoda, Harpacticoida e a razão entre esses táxons, utilizou-se *glm.nb*, que emprega a distribuição binomial negativa, por apresentar menores valores de AIC (VENABLES & RIPLEY, 2002).

A decomposição e seleção dos modelos preditores foram realizados com a função *dredge* do pacote *MuMin* (BARTOÑ, 2015), que geram modelos com todas as combinações possíveis entre as variáveis, elencando os mais adequados segundo os valores de AICc (critério de informação de Akaike corrigido), delta AIC e pesos Akaike. Os pesos Akaike medem a probabilidade relativa dos modelos serem os mais adequados em função dos dados, sendo estes normalizados para somar 1 e ser interpretado como probabilidade (BURNHAM & ANDERSON, 2002). As variáveis apresentando maior importância relativa segundo a função *model.avg*, também pertencente ao pacote *MuMin* (BARTOÑ, 2015), foram interpretadas e representadas graficamente por meio das funções *effect* (pacote *effects*) (FOX, 2003) e *stripchart* (pacote *vegan*) (OKSANEN *et al.*, 2018).

Para testar a resposta da associação de táxons da meiofauna a uma ou mais variáveis preditoras a PERMANOVA (Análise Permutacional Multivariada de Variância Não-Paramétrica), foi utilizada a função *adonis* do pacote *vegan* (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012; OKSANEN *et al.*, 2018). A significância estatística das variáveis preditoras é obtida através das permutações da matriz de distância realizadas pela PERMANOVA. A matriz de dados bióticos foi padronizada utilizando a distância de *Hellinger* e, posteriormente, calculada sua dissimilaridade através do método *Bray-Curtis*. As PERMANOVAs para as variáveis preditoras numéricas e categóricas foram realizadas separadamente, empregando em ambas um subconjunto de 999 permutações.

De modo a auxiliar na visualização e interpretação dos resultados da PERMANOVA, foi gerado um gráfico de nMDS (Escalonamento Multidimensional Não-Métrico) utilizando as funções *metaMDS* e *envfit* do pacote *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2018). Ao executar a função *metaMDS*, utilizou-se a mesma matriz de dissimilaridade de *Bray-Curtis*.

A função *metaMDS* ainda insere pontos representativos dos táxons à ordenação dos pontos. Para adicionar os vetores das variáveis ambientais ao gráfico de nMDS, foi usada a função *envfit* (OKSANEN *et al.*, 2018).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Nas estações chuvosa e seca, os pontos do setor 1, P1, P2 e P3 foram classificados como praias dominadas por ondas, com valores de RTR abaixo de 3. Já no setor 2, os valores foram superiores à 3, caracterizando-as como ambientes dominados tanto pelo regime de ondas, quanto pelos ciclos de maré. Na estação seca, o RTR do ponto P6 foi igual a 3, o valor mínimo limite entre as classes, podendo ser definida como uma praia dominada, também, pelas ondas e a maré. Nesse período, os pontos P7 e P8 foram classificados da mesma maneira. E por fim, apenas um ponto foi registrado como pertencente à classe dominada pela maré. O ponto P9, com RTR igual a 24, demonstrou ser uma praia altamente influenciada pela ação das marés durante a estação seca. Durante a estação chuvosa, o ponto P9 apresentou RTR igual a 12, caracterizando-se como uma praia dominada por ambos os processos hidrodinâmicos.

A permeabilidade variou pouco entre os pontos na estação chuvosa, com valores entre 0,0003 cm/s, registrado no ponto P9, e 0,0008 cm/s em P6. Apesar de P9 também ter apresentado o menor coeficiente de permeabilidade na estação chuvosa (0,0001 cm/s), O ponto mais permeável foi, por sua vez, P5, registrando um coeficiente igual a 0,0021 cm/s. Observou-se, portanto, uma maior variação do coeficiente na estação seca.

O substrato de todos os pontos amostrados é composto, majoritariamente, por areia fina, correspondendo a até 83% da amostra, Apesar da predominância de areia fina, todos as amostras continham uma porcentagem significativa de areia muito fina, principalmente no P8. Nos outros pontos, a presença de areia muito fina variou entre 12 e 22%. Apesar de ocorrer em porcentagens muito menores, o substrato desses pontos também é composto por areia média, classe granulométrica que compôs mais de 15% da amostra obtida durante a estação seca no P5. A presença de silte grosso e médio foi muito baixa em todas as amostras, compondo menos de 1% das amostras.

As areias ao longo dos setores são bem selecionadas, com exceção da amostra extraída durante a estação seca no ponto P5, que foi classificada como moderadamente selecionada.

Apesar de apresentarem algumas variações quanto a assimetria entre as estações, todas as amostras, em algum momento, foram classificadas como aproximadamente simétricas. Durante a estação chuvosa, o ponto P4 apresentou assimetria negativa, assim como o a amostra da estação seca no P1. Os pontos P7 e P8, por sua vez, apresentaram assimetria positiva durante a estação seca.

Com relação a curtose, este parâmetro apresentou pouca variação entre os pontos e as estações, todas as amostras foram classificadas como mesocúrticas, com exceção das coletadas no P5 e P7 na estação seca, categorizadas, respectivamente, como platicúrtica e leptocúrtica.

O teor de matéria orgânica variou entre 0,004 e 0,799, com os maiores valores encontrados nas amostras dos pontos P7, P8 e P9 da estação chuvosa, repetindo-se para os dois últimos pontos na estação seca. Os menores teores foram encontrados, em ambas as estações, no sedimento dos pontos P1 e P6.

Em grande parte das amostras, o teor de carbonato superou o de matéria orgânica presente no sedimento de cada um dos pontos. Os valores variaram entre 0,77, teor mínimo calculado para o ponto P9 durante a estação seca, e 2,67, referente ao ponto P3, pertencente a essa mesma estação. Outro valor mais expressivo e obtido nesse período foi o teor calculado para P2, 1,89. O ponto P3 também apresentou teor considerável de 1,92 durante a estação chuvosa, assim como as amostras de P8, com teor de matéria orgânica de, aproximadamente, 2,14.

A presença de camada redox foi observada para a maioria dos pontos na estação chuvosa, com exceção de P4 e P5, onde supõe-se que ela se encontre abaixo do lençol freático. Nos pontos P2, P3 e P7, a camada redox foi encontrada na mesma profundidade do lençol freático. Para P1, P6, P8 e P9, as profundidades medidas com o uso de uma régua foram, respectivamente, 18 cm, 12 cm, 8 cm e 2 cm. Em comparação aos demais pontos, P8 e P9 apresentaram a camada redox mais próxima da superfície do substrato.

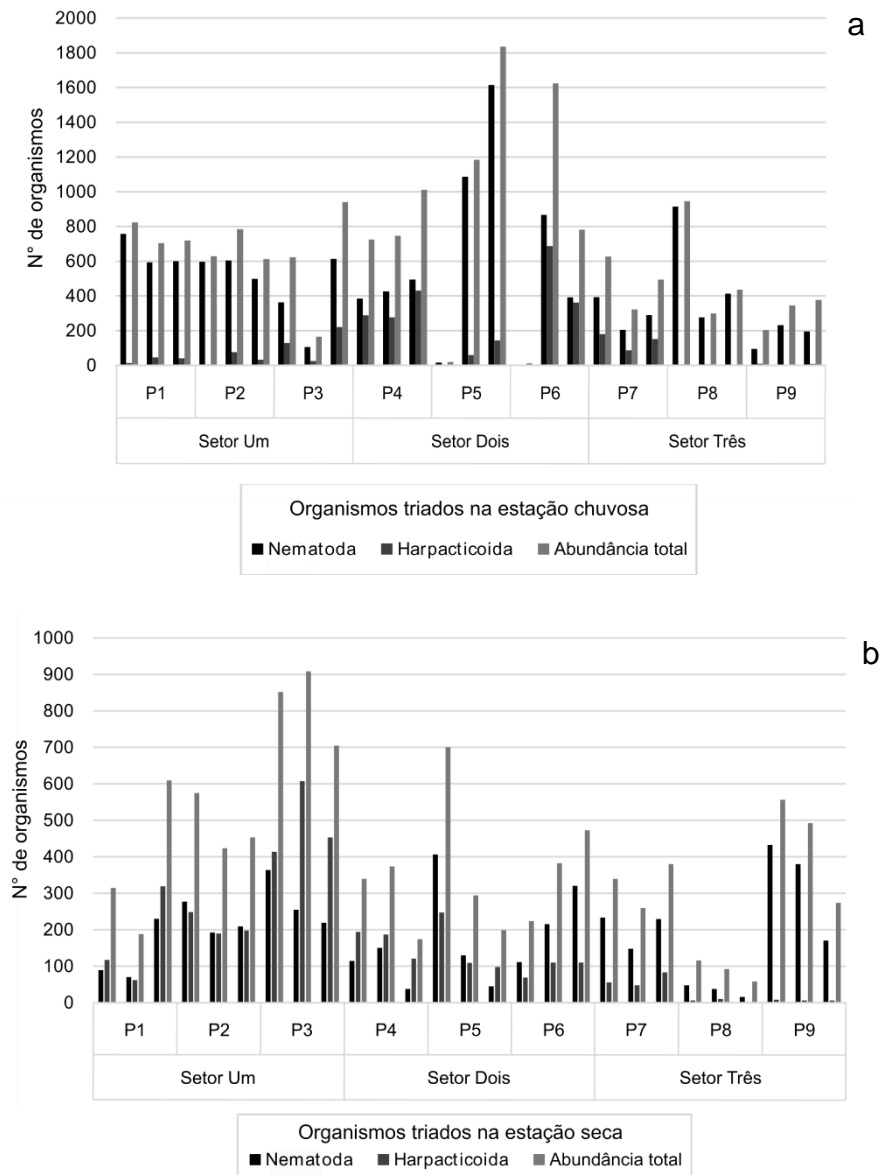
Na estação seca, a camada redox não foi encontrada entre os pontos P1 e P7, sugerindo que ela se encontra abaixo do lençol freático. Para os pontos P8 e P9, as profundidades registradas foram de 0,5 cm e 6 cm. A profundidade da camada redox registrada para o ponto P8 foi a menor dentre os pontos nas duas estações. Para as análises estatísticas, foi considerada a presença ou ausência de camada redox.

Os períodos de onda variaram ao longo dos pontos, com o maior valor sendo registrado para o P1 durante as estações chuvosa e seca, medindo, respectivamente, 13,6 s e 14,2 s. Os menores valores também foram registrados para um mesmo ponto, P9, onde o período de onda foi de 2 s na estação chuvosa, e 2,7 s durante a seca. Os tempos de espraiamento seguiram, parcialmente, essa mesma tendência. Durante a estação chuvosa, os valores máximos e mínimos foram registrados, respectivamente, nos pontos P4 e P9, medindo 27,9 s e 6,3 s. Já para a estação seca, o tempo de espraiamento máximo registrado foi no ponto P2, 33,4 s, e o valor mínimo no ponto P9, medindo 3 s.

### **3.2. COMPOSIÇÃO DA MEIOFAUNA**

No total, foram encontrados organismos pertencentes a dezessete táxons, além de indivíduos representando diferentes estágios de vida de anelídeos e da ordem Harpacticoida. Dezesseis desses táxons foram encontrados durante a estação chuvosa, enquanto na seca registraram-se doze. Os táxons registrados na área de estudo foram: Nematoda, Harpacticoida, Polychaeta, Amphipoda, Platyhelminthes, Ciliophora, Ostracoda, Gastropoda, Bivalvia, Isopoda, Nemertea, Gnathostomulida, Cumacea, Tanaidacea, Tardigrada, Arthropoda, Foraminifera. Sendo Nematoda e Harpacticoida os táxons que representaram a maior quantidade de organismos encontrados (FIGURA 3a, b).

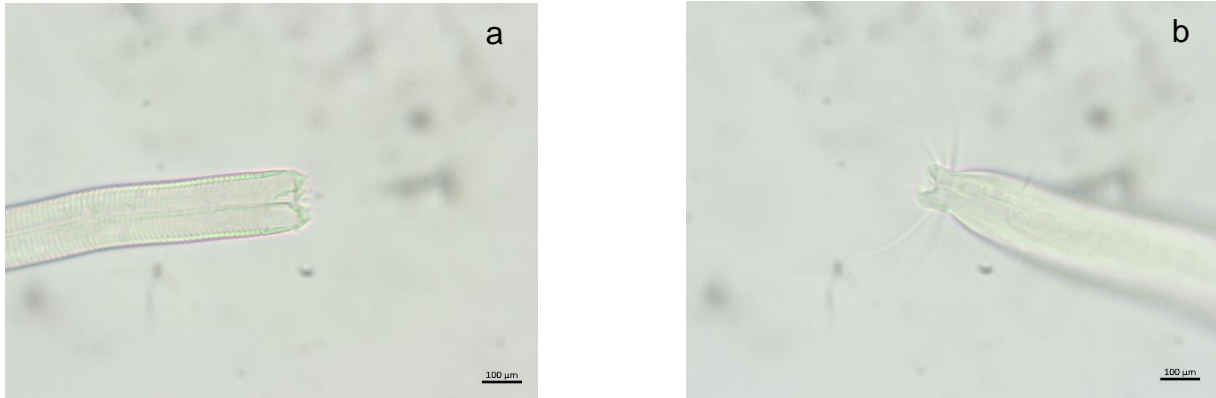
FIGURA 3 – COMPARAÇÃO ENTRE A ABUNDÂNCIA TOTAL DA MEIOFAUNA E OS TÁXONS DOMINANTES NEMATODA E HARPACTICOIDA DURANTE A ESTAÇÃO CHUVOSA E SECA



LEGENDA: Representações gráficas da dominância dos táxons Nematoda e Harpacticoida nas amostras de meiofauna coletadas durante a estação chuvosa (a) e seca (b).

Os Nematoda (FIGURA 4a, b) chegaram a representar certa de 97% do total de organismos meiofaunais durante a estação chuvosa e 79% na estação mais seca. Os Harpacticoida, por sua vez, representaram, no máximo, 46,5% do total da meiofauna encontrada para a estação chuvosa e, aproximadamente, 71,6% durante a estação seca.

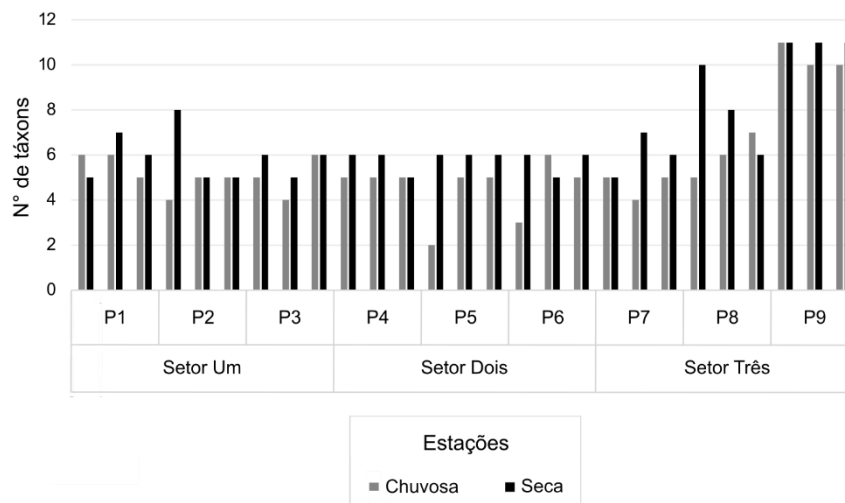
FIGURA 4 – NEMATOIDES ENCONTRADOS NO P2 DURANTE A COLETA NA ESTAÇÃO CHUVOSA



LEGENDA: Região anterior de nematoides encontrados nas amostras do ponto P2, *Karkinochromadora* sp. (a) e *Paralongicyatholaimus* sp. (b).

Os setores 1 e 2 apresentaram um número reduzido de táxons em comparação ao setor 3 (FIGURA 5), a meiofauna desses locais geralmente foi composta por Nematoda, Harpacticoida, Polychaeta, Ciliophora e Platyhelminthes. Apesar de também apresentar esses táxons em sua composição, a meiofauna do setor 3 mostrou ser mais diversa.

FIGURA 5 – RIQUEZA DE TÁXONS DA MEIOFAUNA ENCONTRADA NAS PRAIAS DOS TRÊS SETORES DURANTE A ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA



A densidade máxima observada durante a estação chuvosa foi de 373,2 ind./10 cm<sup>2</sup>, e para a estação mais seca, 184,3 ind./10 cm<sup>2</sup>.

### 3.3. RESPOSTA DA MEIOFAUNA ÀS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Os modelos para a riqueza da meiofauna, com os menores valor de AICc, foram compostos principalmente pelo teor de carbonato (CO<sub>3</sub>), permeabilidade (K), teor de matéria orgânica (MO) e RTR. O índice de importância relativa dessas variáveis foi superior a 0,80 (TABELA 1). Para os modelos de abundância da meiofauna (TABELA 2), os modelos selecionados foram compostos principalmente por permeabilidade, assimetria (Skl) e grau de seleção (Sel).

TABELA 1 - SELEÇÃO DOS MODELOS DE GLM PARA A RIQUEZA DA MEIOFAUNA

Modelo de riqueza	gl	logLik	AICc	delta	peso AIC
Riqueza ~ <b>CO3 + K + MO + RTR</b>	6	-80,297	174,4	0	0,117
Riqueza ~ <b>CO3 + K + MO + RTR + Skl</b>	7	-79,026	174,5	0,1	0,111
Riqueza ~ <b>CO3 + K + Kg + MO + RTR</b>	7	-79,359	175,2	0,77	0,08
Riqueza ~ <b>CO3 + K + MO + RTR + Sel</b>	7	-79,56	175,6	1,17	0,065
Riqueza ~ <b>CO3 + K + MO + redox + RTR</b>	7	-79,931	176,3	1,91	0,045
Riqueza ~ <b>CO3 + K + MO + RTR + Sel + Skl</b>	8	-78,559	176,3	1,94	0,045
Riqueza ~ <b>CO3 + K + MO + redox + RTR + Skl</b>	8	-78,571	176,3	1,96	0,044
Riqueza ~ <b>K + MO + RTR</b>	5	-82,778	176,8	2,42	0,035
Riqueza ~ <b>CO3 + K + MO + RTR + Skl + TS</b>	8	-78,867	176,9	2,55	0,033
Riqueza ~ <b>CO3 + K + MO + RTR + TS</b>	7	-80,254	176,9	2,56	0,033
Riqueza ~ <b>CO3 + K + Kg + MO + RTR + Skl</b>	8	-78,905	177	2,63	0,032
Riqueza ~ <b>CO3 + K + Kg + MO + redox + RTR</b>	8	-78,982	177,2	2,78	0,029
Riqueza ~ <b>CO3 + K + Kg + MO + RTR + Sel</b>	8	-79,085	177,4	2,99	0,026

IR: RTR = 1; K = 1; MO = 1; CO3 = 0,83

LEGENDA: Modelos de GLM gerados para a riqueza utilizando a distribuição gaussiana, onde gl indica os graus de liberdade, logLik é a função de verossimilhança, AICc é o critério de informação de Akaike corrigido, delta é o delta-AIC, que compara o melhor modelo com o sugerido. As variáveis incluídas nos modelos são CO<sub>3</sub> (teor de carbonato), K (permeabilidade), MO (teor de matéria orgânica), Kg (curtose), redox (camada redox), Skl (assimetria), Sel (grau de seleção), TS (tempo de espreadimento). A última linha da tabela é destinada à IR (importância relativa) das variáveis preditoras.

NOTA: Modelos com delta-AIC maior que três não foram considerados. Variáveis preditoras com IR > 0,40 em negrito.

TABELA 2 - SELEÇÃO DOS MODELOS DE GLM PARA A ABUNDÂNCIA DA MEIOFAUNA

Modelo de abundância	gl	logLik	AICc	delta	peso AIC
Abundancia ~ <b>K + Skl</b>	4	-381,987	772,8	0	0,039
Abundancia ~ <b>K + Sel + Skl</b>	5	-380,935	773,1	0,33	0,033
Abundancia ~ CO3 + <b>K + Skl</b>	5	-380,96	773,2	0,38	0,032
Abundancia ~ <b>K + redox + Sel + Skl</b>	6	-379,829	773,4	0,65	0,028
Abundancia ~ <b>K + Skl + TS</b>	5	-381,258	773,8	0,98	0,024
Abundancia ~ CO3 + <b>K + Sel + Skl</b>	6	-380,055	773,9	1,11	0,022
Abundancia ~ <b>K + RTR + Skl</b>	5	-381,723	774,7	1,91	0,015
Abundancia ~ <b>K + RTR + Sel + Skl</b>	6	-380,482	774,8	1,96	0,014
Abundancia ~ <b>K + Sel + Skl + TS</b>	6	-380,491	774,8	1,98	0,014
Abundancia ~ <b>K</b>	3	-384,169	774,8	2,03	0,014
Abundancia ~ <b>K + TS</b>	4	-383,08	775	2,19	0,013
Abundancia ~ <b>K + MO + Skl</b>	5	-381,952	775,2	2,36	0,012
Abundancia ~ <b>K + Kg + Skl</b>	5	-381,966	775,2	2,39	0,012
Abundancia ~ <b>K + redox + Skl</b>	5	-381,982	775,2	2,42	0,011
Abundancia ~ CO3 + <b>K + Sel + Skl + TS</b>	6	-380,748	775,3	2,49	0,011
Abundancia ~ CO3 + <b>K + MO + Skl</b>	6	-380,751	775,3	2,5	0,011
Abundancia ~ <b>Skl + TS</b>	4	-383,315	775,4	2,66	0,01
Abundancia ~ CO3 + <b>K + redox + Sel + Skl</b>	7	-379,525	775,5	2,69	0,01
Abundancia ~ <b>K + Kg + Sel + Skl</b>	6	-380,862	775,5	2,72	0,01
Abundancia ~ CO3 + <b>K</b>	4	-383,37	775,6	2,77	0,01
Abundancia ~ CO3 + <b>K + Kg + Skl</b>	6	-380,904	775,6	2,8	0,009
Abundancia ~ CO3 + <b>K + redox + Skl</b>	6	-380,917	775,6	2,83	0,009
Abundancia ~ <b>K + MO + Sel + Skl</b>	6	-380,928	775,6	2,85	0,009
Abundancia ~ CO3 + <b>K + RTR + Skl</b>	6	-380,933	775,7	2,86	0,009
Abundancia ~ <b>K + Kg + Redox + Sel + Skl</b>	7	-379,621	775,7	2,89	0,009
Abundancia ~ <b>K + Kg + Sel</b>	5	-382,218	775,7	2,89	0,009
Abundancia ~ <b>K + Kg</b>	4	-383,442	775,7	2,91	0,009

IR: K = 0,81; Skl = 0,70; Sel = 0,43

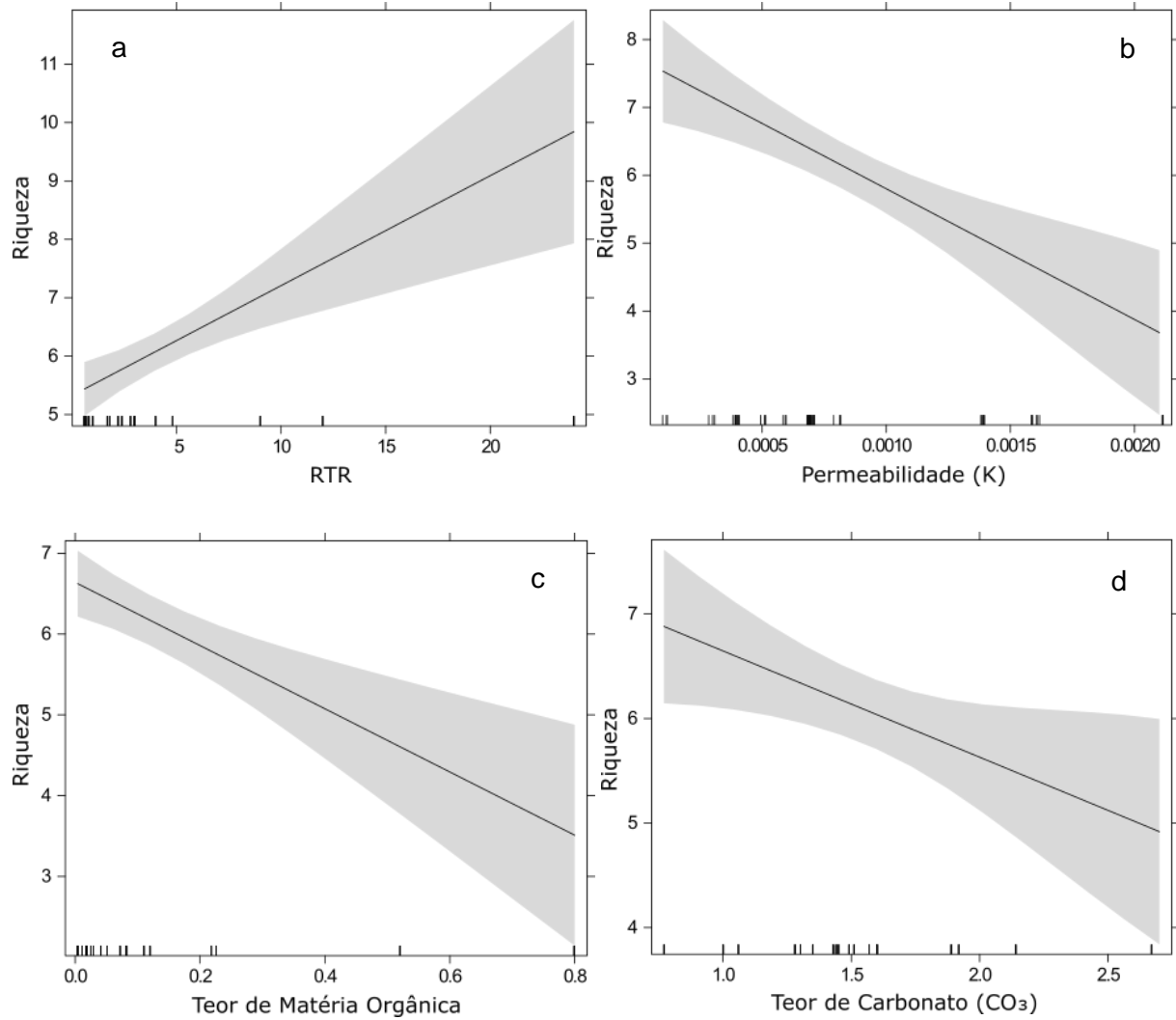
LEGENDA: Modelos de GLM gerados para a riqueza utilizando a distribuição binomial negativa, onde gl indica os graus de liberdade, logLik é a função de verossimilhança, AICc é o critério de informação de Akaike corrigido, delta é o Delta-AIC, que compara o melhor modelo com o sugerido. As variáveis inclusas nos modelos são CO3 (teor de carbonato), K (permeabilidade), MO (teor de matéria orgânica), Kg (curtose), redox (camada redox), Skl (assimetria), Sel (grau de seleção), TS (tempo de espraiamento). A última linha da tabela é destinada ao IR (importância relativa) das variáveis preditoras.

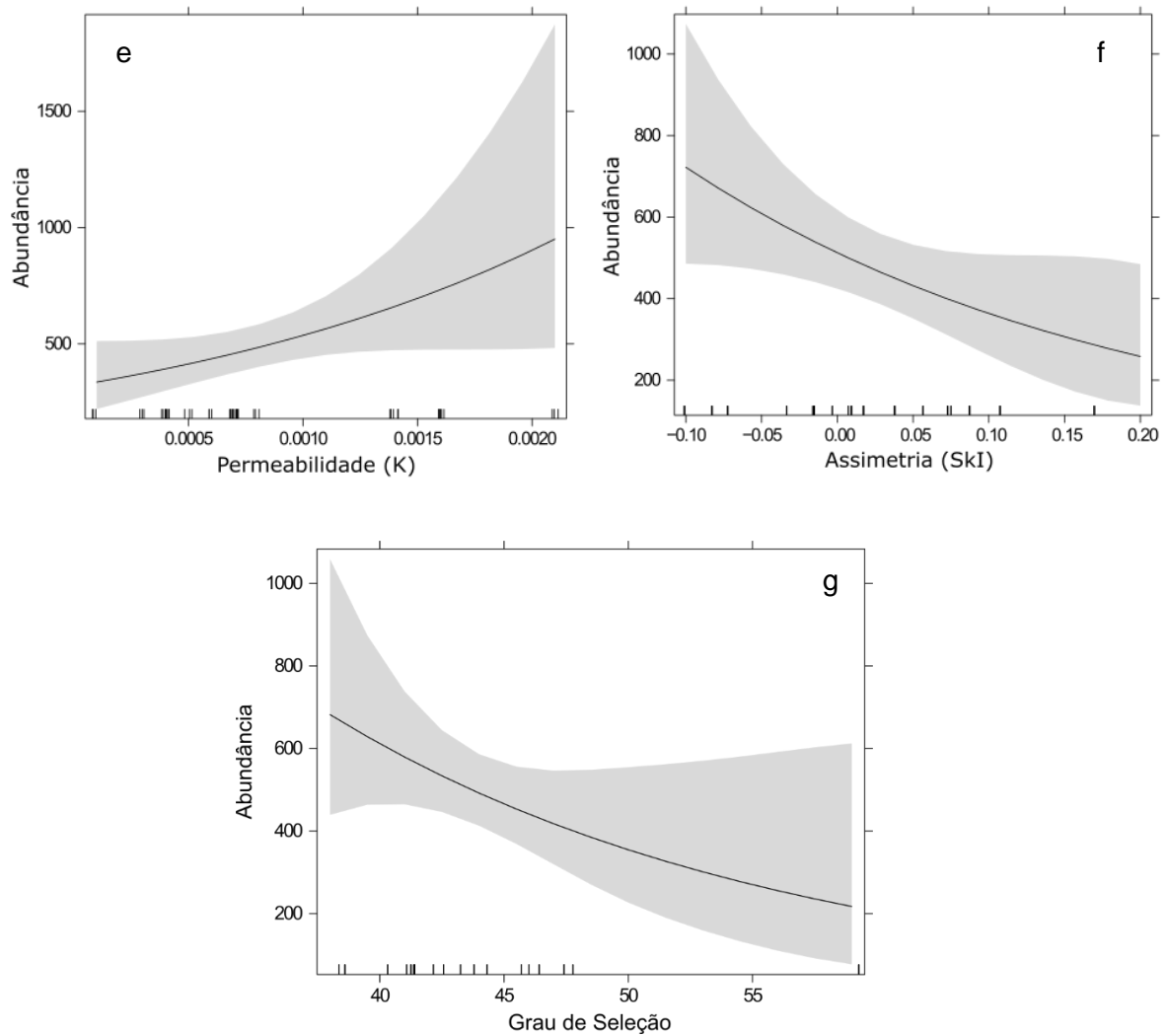
NOTA: Modelos com delta AIC maior que três não foram considerados. Variáveis preditoras com IR > 0,40 em negrito.

A riqueza apresentou aumento diretamente proporcional aos valores de RTR (FIGURA 6a). Uma relação inversa foi observada para o teor de carbonato, matéria orgânica e permeabilidade (FIGURA 6b, c, d). A abundância, no entanto, mostrou-se maior à medida que os valores de permeabilidade do substrato aumentavam (FIGURA

6e). Graus de assimetria positivos e sedimentos mais pobremente selecionados apresentaram um efeito negativo sobre a abundância da meiofauna (FIGURA 6f, g).

FIGURA 6 – VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA OS MODELOS DE RIQUEZA E ABUNDÂNCIA (IR > 0,40)





LEGENDA: relação entre a riqueza da meiofauna com o RTR (a), permeabilidade (b), teor de matéria orgânica e carbonato (c, d), e entre a abundância com permeabilidade (e), assimetria (f) e o grau de seleção (g). A linha sólida reflete a relação entre a variável resposta e a preditora, enquanto a área sombreada representa o desvio padrão (a, b, c, d, e, f, g).

A abundância de Nematoda, respondeu principalmente as variáveis permeabilidade, grau de seleção e assimetria (TABELA 3). A abundância de copépodes da ordem Harpacticoida (TABELA 4) respondeu ao RTR, à assimetria, presença ou ausência da camada redox, teor de matéria orgânica e carbonato, e permeabilidade.

TABELA 3 - SELEÇÃO DOS MODELOS DE GLM PARA A ABUNDÂNCIA DE NEMATODA

Modelo de abundância de Nematoda	gl	logLik	AICc	delta	peso AIC
Nematoda ~ <b>K + Sel + Skl</b>	5	-359,171	729,6	0	0,056
Nematoda ~ <b>K + Kg + Sel</b>	5	-359,404	730,1	0,47	0,44
Nematoda ~ <b>K + redox</b>	4	-361,132	731,1	1,49	0,026
Nematoda ~ <b>K + Sel</b>	4	-361,216	731,2	1,66	0,024
Nematoda ~ <b>K + TS</b>	6	-358,891	731,6	1,98	0,021
Nematoda ~ <b>K + Kg + Sel + Skl</b>	5	-360,268	731,8	2,19	0,019
Nematoda ~ <b>K + redox + TS</b>	6	-359,08	731,9	2,36	0,017
Nematoda ~ <b>K + Sel + Skl + TS</b>	6	-359,09	732	2,38	0,017
Nematoda ~ <b>CO3 + K + Sel + Skl</b>	5	-360,375	732	2,41	0,017
Nematoda ~ <b>K + redox + Skl</b>	6	-359,118	732	2,43	0,016
Nematoda ~ <b>K + MO + Sel + Skl</b>	6	-359,14	732,1	2,48	0,016
Nematoda ~ <b>K + RTR + Sel + Skl</b>	6	-359,159	732,1	2,51	0,016
Nematoda ~ <b>K + redox + Sel + Skl</b>	3	-362,914	732,3	2,72	0,014
Nematoda ~ <b>K + Kg + Sel + TS</b>	6	-359,31	732,4	2,82	0,014
Nematoda ~ <b>CO3 + K + redox</b>	5	-360,59	732,4	2,84	0,013
Nematoda ~ <b>K + Kg + RTR + Sel</b>	6	-359,351	732,5	2,9	0,013
Nematoda ~ <b>K + Skl</b>	4	-361,857	732,5	2,94	0,013
Nematoda ~ <b>K + Kg + redox + Sel</b>	6	-359,38	732,5	2,96	0,013
Nematoda ~ <b>CO3 + K + Kg + Sel</b>	6	-359,39	732,6	2,98	0,013
Nematoda ~ <b>K + Kg + MO + Sel</b>	6	-359,398	732,6	2,99	0,012

IR: K = 0,91; Sel = 0,58; Skl: 0,43

LEGENDA: Modelos de GLM gerados para a riqueza utilizando a distribuição binomial negativa, onde gl indica os graus de liberdade, logLik é a função de verossimilhança, AICc é o critério de informação de Akaike corrigido, delta é o Delta-AIC, que compara o melhor modelo com o sugerido. As variáveis inclusas nos modelos são CO3 (teor de carbonato), K (permeabilidade), MO (teor de matéria orgânica), Kg (curtose), redox (camada redox), Skl (assimetria), Sel (grau de seleção), TS (tempo de espraiamento). A última linha da tabela é destinada ao IR (importância relativa) das variáveis preditoras.

NOTA: Modelos com delta AIC maior que três não foram considerados. Variáveis preditoras com IR > 0,40 em negrito.

TABELA 4 - SELEÇÃO DOS MODELOS DE GLM COM DISTRIBUIÇÃO BINOMIAL NEGATIVA PARA A ABUNDÂNCIA DE HARPACTICOIDA

Modelo de abundância de Harpacticoida	gl	logLik	AICc	delta	peso AIC
Harpacticoida ~ <b>CO3 + K + MO + redox + RTR + Skl</b>	8	-294,386	608	0	0,054
Harpacticoida ~ <b>redox + RTR + Skl</b>	5	-298,659	608,6	0,6	0,04
Harpacticoida ~ <b>redox + RTR + Sel + Skl</b>	6	-297,61	609	1,03	0,032
Harpacticoida ~ <b>RTR + Skl</b>	4	-300,212	609,2	1,27	0,029
Harpacticoida ~ <b>CO3 + K + MO + redox + RTR + Skl + TS</b>	9	-293,593	609,3	1,3	0,028
Harpacticoida ~ <b>MO + redox + RTR + Skl</b>	6	-297,765	609,3	1,35	0,028
Harpacticoida ~ <b>CO3 + K + MO + redox + Skl</b>	7	-296,476	609,4	1,42	0,027
Harpacticoida ~ <b>K + MO + redox + RTR + Skl</b>	7	-296,507	609,4	1,48	0,026
Harpacticoida ~ <b>redox + RTR + Sel + Skl + TS</b>	7	-296,733	609,9	1,93	0,021
Harpacticoida ~ <b>CO3 + RTR + Skl</b>	5	-299,439	610,1	2,16	0,018
Harpacticoida ~ <b>CO3 + K + Kg + MO + redox + RTR + Skl</b>	9	-294,081	610,3	2,28	0,017
Harpacticoida ~ <b>MO + redox + RTR + Sel + Skl</b>	7	-296,918	610,3	2,3	0,017
Harpacticoida ~ <b>redox + RTR + Skl + TS</b>	6	-298,245	610,3	2,31	0,017
Harpacticoida ~ <b>K + MO + redox + RTR + Sel + Skl</b>	8	-295,55	610,3	2,33	0,017
Harpacticoida ~ <b>CO3 + redox + RTR + Skl</b>	6	-298,292	610,4	2,4	0,016
Harpacticoida ~ <b>CO3 + K + MO + redox + RTR + Sel + Skl</b>	9	-294,217	610,5	2,55	0,015
Harpacticoida ~ <b>CO3 + MO + redox + RTR + Skl</b>	7	-297,058	610,6	2,58	0,015
Harpacticoida ~ <b>CO3 + MO + RTR + Skl</b>	6	-298,491	610,8	2,8	0,013
Harpacticoida ~ <b>MO + RTR + Skl</b>	5	-299,778	610,8	2,83	0,013
Harpacticoida ~ <b>Kg + redox + RTR + Skl</b>	6	-298,578	610,9	2,97	0,012
Harpacticoida ~ <b>K + redox + RTR + Skl</b>	6	-298,59	611	2,99	0,012

IR: RTR = 0,91; Skl = 0,89; redox = 0,74; MO = 0,56; K = 0,48; CO3 = 0,45

LEGENDA: Modelos de GLM gerados para a riqueza utilizando a distribuição binomial negativa, onde gl indica os graus de liberdade, logLik é a função de verossimilhança, AICc é o critério de informação de Akaike corrigido, delta é o Delta-AIC, que compara o melhor modelo com o sugerido. As variáveis incluídas nos modelos são CO3 (teor de carbonato), K (permeabilidade), MO (teor de matéria orgânica), Kg (curtose), redox (camada redox), Skl (assimetria), Sel (grau de seleção), TS (tempo de espraiamento). A última linha da tabela é destinada ao IR (importância relativa) das variáveis preditoras.

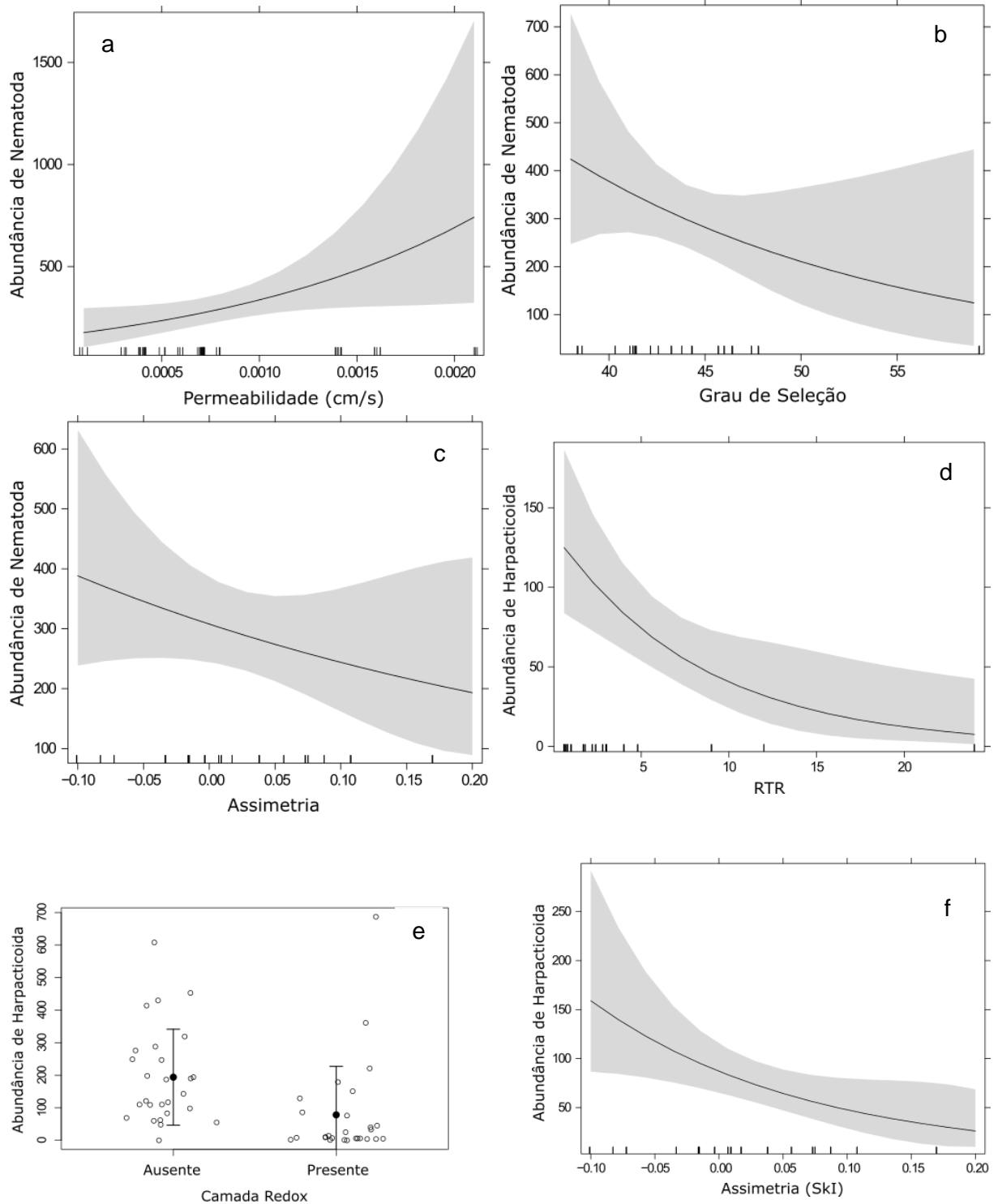
NOTA: Modelos com delta AIC maior que três não foram considerados. Variáveis preditoras com IR > 0,40 em negrito.

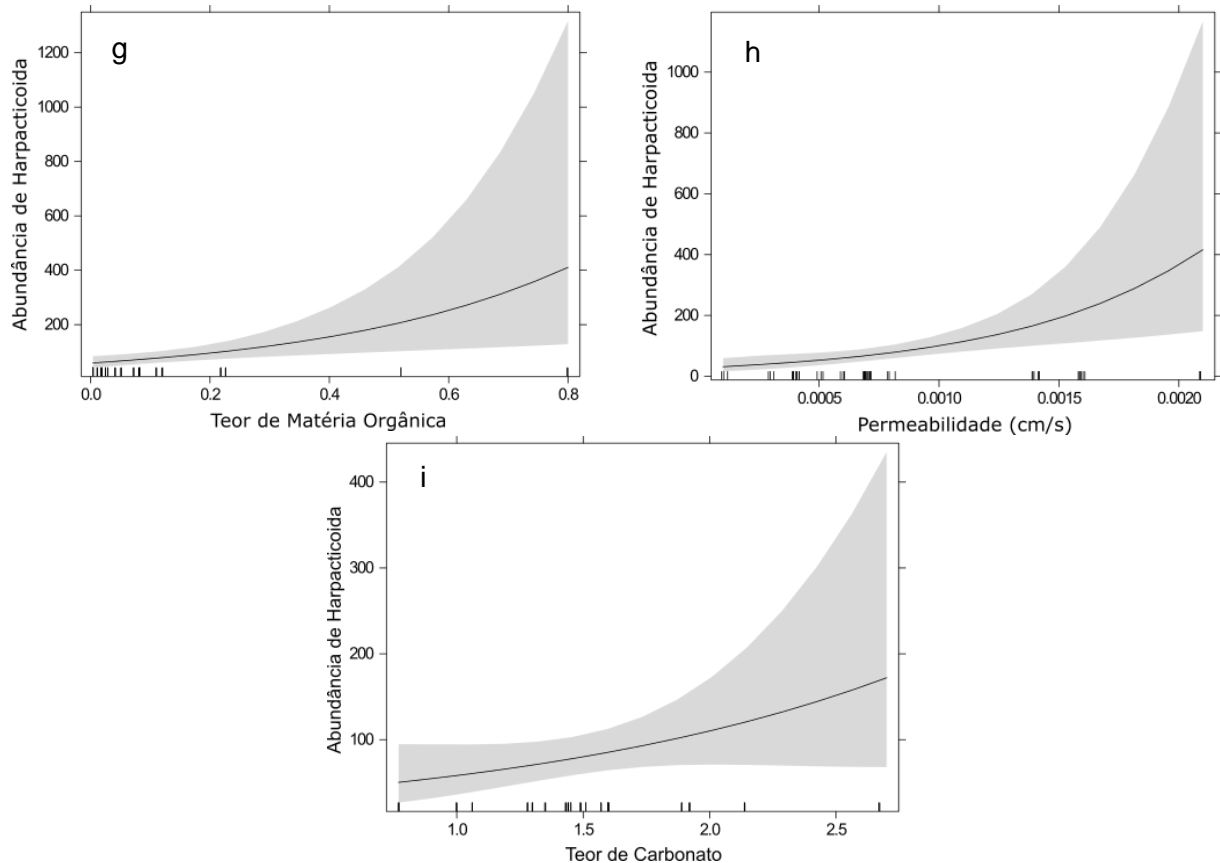
Os Nematoda apresentaram relação positiva com a permeabilidade, e inversa para o grau de seleção e assimetria, com menores abundâncias sendo encontradas à medida que o sedimento se tornava mais pobremente selecionado e a dispersão tendendo a grãos mais finos (assimetria positiva) (FIGURA 7a, b, c).

Para maiores valores de RTR e assimetrias com tendência positiva, a abundância de copépodes apresentou diminuição significativa (FIGURA 7d, f). Em sedimentos mais permeáveis, onde a camada redox não se fazia presente até a

profundidade do lençol freático, e os teores de matéria orgânica e carbonato eram maiores, os Harpacticoida apresentaram maiores abundâncias (FIGURA 7e, g, h, i).

FIGURA 7 – VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA OS MODELOS DE ABUNDÂNCIA DE NEMATODA E HARPACTICOIDA (IR > 0,40)





LEGENDA: relação entre a abundância de Nematoda com a permeabilidade (a), grau de seleção (b) e assimetria (c), e entre a abundância de Harpacticoida com o RTR (d), camada redox (e), assimetria (f), teor de matéria orgânica e carbonato (g, i) e permeabilidade (h). Os círculos sem preenchimento correspondem aos pontos amostrais; enquanto os círculos preenchidos representam a média, e os intervalos acima e abaixo correspondem ao desvio padrão (e). A linha sólida reflete a relação entre a variável resposta e a preditora, enquanto a área sombreada representa o desvio padrão (a, b, c, d, f, g, h, i).

A razão das abundâncias de Nematoda e Harpacticoida respondeu principalmente as variáveis preditoras camada redox, diâmetro médio do grão, RTR, assimetria, tempo de espreadimento, grau de seleção, permeabilidade e teor de matéria orgânica (TABELA 5).

TABELA 5 - SELEÇÃO DOS MODELOS DE GLM PARA A ABUNDÂNCIA DE NEMATODA/HARPACTICOIDA

Modelo de abundância de Nematoda/Harpacticoida	gl	logLik	AICc	delta	peso AIC
NemaHarp ~ K + MO + Mz + redox + RTR + Sel + SkI + TS	10	-161,118	347,4	0	0,538
NemHarp ~ K + Kg + MO + Mz + redox + RTR + Sel + SkI + TS	11	-160,827	349,9	2,59	0,148

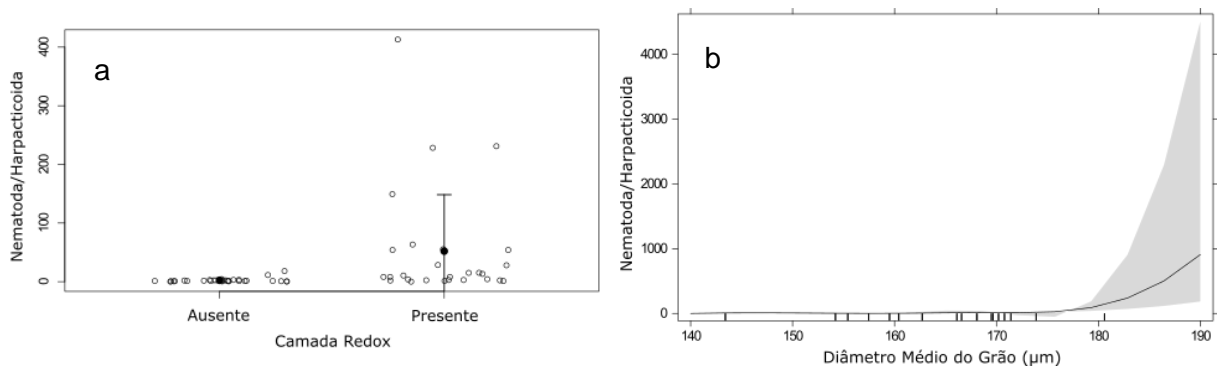
IR: redox = 1; Mz = 1; RTR = 1; SkI = 1; TS = 0,98; Sel = 0,95; K = 0,94; MO = 0,89

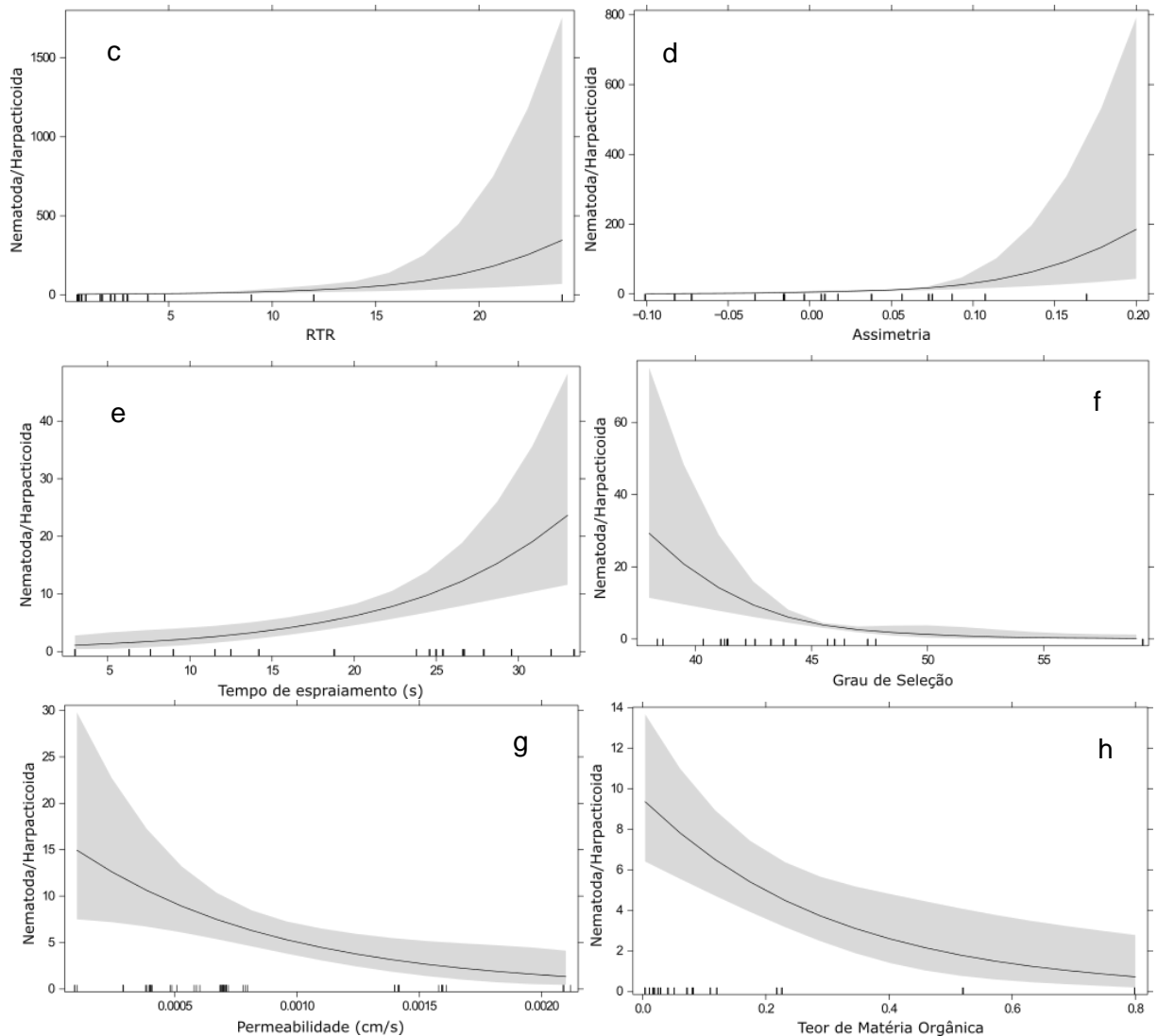
LEGENDA: Modelos de GLM gerados para a riqueza utilizando a distribuição gaussiana, onde gl indica os graus de liberdade, logLik é a função de verossimilhança, AICc é o critério de informação de Akaike corrigido, delta é o Delta-AIC, que compara o melhor modelo com o sugerido. As variáveis incluídas nos modelos são K (permeabilidade), MO (teor de matéria orgânica), Mz (diâmetro médio do grão), Kg (curtose), redox (camada redox), Skl (assimetria), Sel (grau de seleção), TS (tempo de espreadimento). A última linha da tabela é destinada ao IR (importância relativa) das variáveis preditoras.

NOTA: Modelos com delta AIC maior que três não foram considerados. Variáveis preditoras com IR > 0,40 em negrito.

Maiores razões Nematoda/Harpacticoida estiveram associadas à presença de camada redox, maiores valores para o diâmetro médio do grão, RTR, tempo de espreadimento, e assimetria positiva (FIGURA 8a, b, c, d, e). Sedimentos mais pobremente selecionados e permeáveis, com maior teor de matéria orgânica, retornaram valores menores para essa razão (FIGURA 8f, g, h).

FIGURA 8 – VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA OS MODELOS DE ABUNDÂNCIA DA RAZÃO NEMATODA/HARPACTICOIDA (IR > 0,40)





LEGENDA: relação entre a razão das abundâncias de Nematoda e Harpacticoida com a camada redox (a), diâmetro médio do grão (b), RTR (c), assimetria (d), tempo de espraio (e), grau de seleção (f), permeabilidade (g) e teor de matéria orgânica (h). Os círculos sem preenchimento correspondem aos pontos amostrais; enquanto os círculos preenchidos representam a média, e os intervalos acima e abaixo correspondem ao desvio padrão (a). A linha sólida reflete a relação entre a variável resposta e a preditora, enquanto a área sombreada representa o desvio padrão (b, c, d, e, f, g, h).

A PERMANOVA aplicada sobre a matriz de dissimilaridade de *Bray-curtis* das variáveis numéricas (TABELA 6) indicou o RTR, grau de seleção, diâmetro médio do grão, assimetria, teor de matéria orgânica e camada redox como as mais significativas para os padrões de associação de táxons da meiofauna. O RTR foi a variáveis preditora que explicou uma maior porção dos dados, cerca de 27,3%, seguida do diâmetro médio do grão (8,5%) e camada redox (8,1%).

Uma segunda PERMANOVA, aplicada apenas para as variáveis categóricas estação e setor (TABELA 7), retornou valores significativos para ambas, onde elas foram responsáveis por explicar, respectivamente, 12% e 19,2% dos dados.

TABELA 6 - RESULTADOS DA ANÁLISE PERMANOVA PARA AS VARIÁVEIS NÚMERICAS.

	<b>gl</b>	<b>MeanSqs</b>	<b>F.Model</b>	<b>R2</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>RTR</b>	1	0,764	31,089	0,273	0,001***
<b>Sel</b>	1	0,194	7,922	0,069	0,001***
<b>Mz</b>	1	0,235	9,592	0,084	0,001***
<b>Skl</b>	1	0,102	4,155	0,036	0,004**
<b>MO</b>	1	0,118	4,814	0,042	0,007**
<b>redox</b>	1	0,227	9,257	0,081	0,001***
<b>Residuals</b>	47	0,024		0,412	

LEGENDA: A primeira linha da tabela é composta pelos símbolos Gl (graus de liberdade), MeanSqs (média da soma dos quadrados), F.Model (estatística F), R2 (porcentagem da variância explicada) e Pr(>F) (p-valor). As variáveis preditoras numéricas utilizadas foram MO (teor de matéria orgânica), redox (camada redox), Skl (assimetria), Sel (grau de seleção), Mz (diâmetro médio do grão).

TABELA 7 - RESULTADOS DA ANÁLISE PERMANOVA PARA AS VARIÁVEIS CATEGÓRICAS.

	<b>gl</b>	<b>MeanSqs</b>	<b>F.Model</b>	<b>R2</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Est</b>	1	0,336	8,744	0,120	0,001***
<b>Se</b>	2	0,268	6,965	0,191	0,001***
<b>Residuals</b>	50	0,038		0,687	

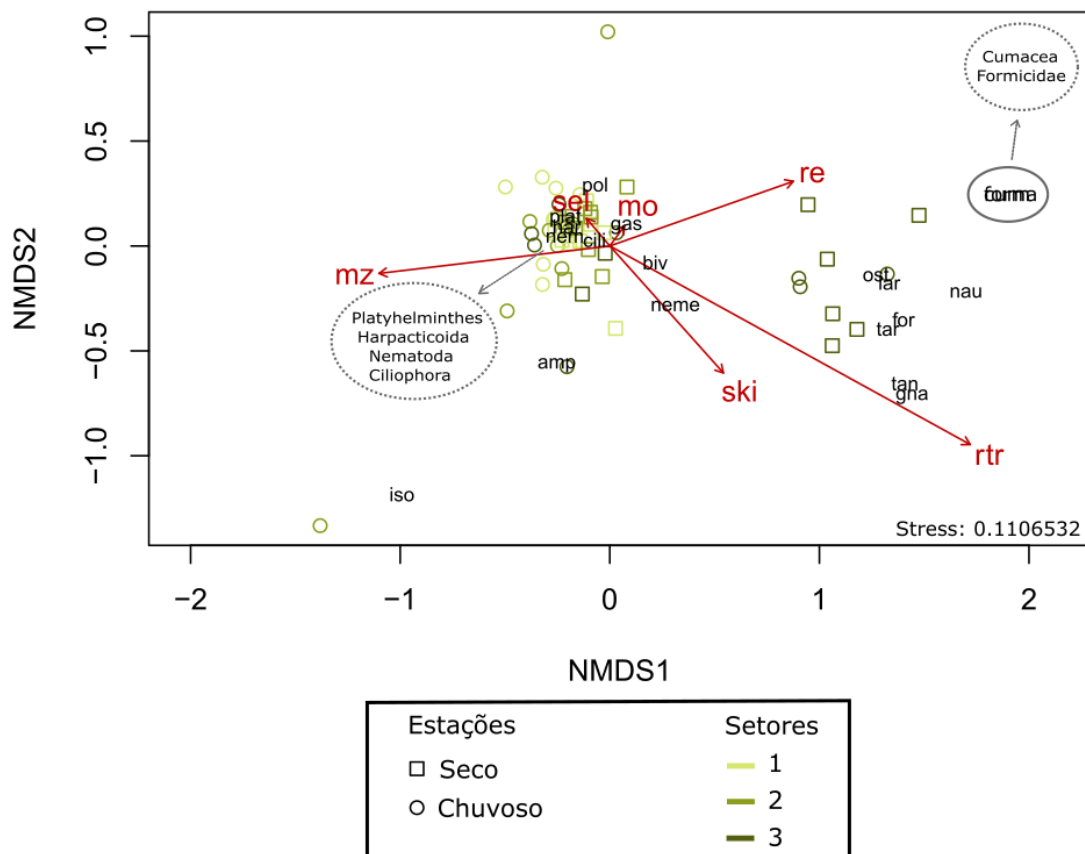
LEGENDA: A primeira linha da tabela é composta pelos símbolos Gl (graus de liberdade), MeanSqs (média da soma dos quadrados), F.Model (estatística F), R2 (porcentagem da variância explicada) e Pr(>F) (p-valor). As variáveis preditoras categóricas utilizadas foram Est (Estação), Se (Setor).

O nMDS (FIGURA 9) mostrou maior similaridade entre os setores 1 e 2, observada através da proximidade entre os pontos pertencentes a esses dois setores. Apesar de alguns pontos pertencentes ao setor 3 estarem dentro desse agrupamento, houve uma maior distinção desse setor em comparação aos demais. Agrupamentos formados conforme as estações também foram observados, pontos associados à estação seca se mantiveram, em sua grande maioria, à direita, enquanto os representantes da estação chuvosa, à esquerda. A variável numérica RTR, em conjunto com as estações e setores, também melhor ilustraram a distinção entre os padrões de associações de táxons da meiofauna, onde pontos associados a maiores valores de RTR permaneceram em um extremo, e menores, no outro.

Os agrupamentos também foram formados por táxons distintos. Para o agrupamento formado somente por pontos do setor 3, majoritariamente amostrados durante a estação seca, e com maiores valores de RTR, se concentraram táxons como Ostracoda, Tanaidacea, Tardigrada, que foram encontrados, principal ou exclusivamente, nesses locais. Já o agrupamento composto pelos pontos dos setores 1 e 2, mas também do setor 3, onde o RTR é menor, teve a concentração de táxons que, apesar de observados em maiores abundâncias nesses locais, foram observados em praticamente todas as amostras coletadas, sendo eles Nematoda, Harpacticoida, Annelida, Platyhelminthes e Ciliophora.

Outros táxons como Amphipoda, Isopoda, Bivalvia e Gastropoda não formaram agrupamentos, sendo encontrados em baixas quantidades, e em pontos e estações diversas.

FIGURA 9 – GRÁFICO DA ANÁLISE DE ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO-MÉTRICO (NMDS)



LEGENDA: Os vetores representam as variáveis preditoras numéricas, sendo mz (diâmetro médio do grão), ski (assimetria), rtr (RTR), sel (grau de seleção), mo (teor de matéria orgânica e re (camada redox). Os escores dos pontos amostrais estão classificados por formas e cores, representando, respectivamente, a estação e setor. Os escores dos táxons e organismos em estágio larval são representados por abreviações, sendo elas: iso (Isopoda), amp (Amphipoda), neme (Nemertea), tan (Tanaidacea), gna (Gnathostomulida), tar (Tardigrada), for (Foraminifera), lar (larva de Polychaeta), nau (Nauplius), ost (Ostracoda), form (Formicidae), Cuma (Cumacea), biv (Bivalvia), gas (Gastropoda), cili (Ciliophora), pol (Polychaeta), plat (Platyhelminthes), har (Harpacticoida) e nem (Nematoda).

#### 4. DISCUSSÃO

A abundância e riqueza da meiofauna apresentaram padrões diferentes em relação ao RTR. Nos pontos com menor RTR, caracterizados como praias dominadas por ondas e, portanto, mais expostas, as abundâncias da meiofauna foram maiores e a riqueza foi menor. A relação positiva entre o RTR e a riqueza já foi observada em estudo realizado por Rodil & Lastra (2004).

Os resultados indicaram que as praias do setor 1 e 2, localizadas em uma região mais exposta da linha de costa se assemelham em granulometria e dimensão dos processos hidrodinâmicos. Diferenças significativas começam a surgir na transição entre os setores 2 e 3, onde a influência das ondas já não é dominante. Essas diferenças estão relacionadas, principalmente, ao RTR, que demonstrou ser um importante parâmetro a ser considerado nos estudos de meiofauna. Segundo os modelos de GLM, o RTR e os parâmetros granulométricos foram os fatores de maior importância associado às diferenças observadas na distribuição da meiofauna.

Durante ambas as estações, o RTR do setor três retornou valores superiores a 3, sendo ora dominado por ondas e marés, ora apenas pela maré. O grupo formado pelas amostras desses pontos com altos valores de RTR diferiram significativamente quanto à meiofauna, sendo mais diversos em táxons, mas menos abundantes.

Maiores abundâncias de meiofauna estão associadas a sedimentos mais grossos e ambientes mais expostos, havendo maior disponibilidade de espaços intersticiais e um substrato, conseqüentemente, mais permeável (JANSSON, 1967; RODRÍGUEZ *et al.*, 2003). Apesar dos parâmetros granulométricos terem variado pouco ao longo dos pontos, houve uma tendência por parte da meiofauna em ser mais abundante nas praias contendo substratos mais permeáveis e com dispersão negativa tendendo a grãos mais grossos. A disponibilidade de espaços intersticiais favorece o estabelecimento dos organismos no local (GRAY & ELLIOT, 2009).

Apesar da meiofauna apresentar uma densidade inferior ao que é comumente encontrado na literatura, essa diferença é esperada. A densidade pode variar muito dependendo do ambiente (COULL & BELL, 1979; COULL, 1988, ALBUQUERQUE *et al.*, 2007, BAIA & VENEKEY, 2019). A composição da meiofauna das praias de Pontal

do Paraná também foi composta por táxons já observados em outros estudos, como por exemplo, Ostracoda, Polychaeta, Tardigrada, Platyhelminthes e Isopoda (COULL, 1988; MARIA *et al.*, 2013).

A riqueza da meiofauna esteve inversamente associada à permeabilidade e ao regime de ondas. Esses ambientes mais energéticos estão em constante mudança, a energia verificada nessas regiões promove a instabilidade, e as características do substrato facilitam a ressuspensão de sedimentos por meio dos processos hidrodinâmicos. Isso pode influenciar tanto na disponibilidade de abrigos para a meiofauna, quanto nos tipos de animais que habitam esses ambientes, que poderão ser organismos sem demandas específicas e com alta taxa de reprodução, fatores que possibilitariam uma menor diversidade (MARGALEF, 1963; BARRETO, 1999).

Verificou-se que os padrões de abundância e riqueza da meiofauna são contrastantes. Enquanto parâmetros granulométricos como maior diâmetro médio de grãos e assimetria negativa favorecem o estabelecimento de uma maior quantidade de organismos no substrato, eles possuem o efeito contrário na diversidade de táxons. Isso pode estar associado ao fato de que praias formadas por substratos mais heterogêneos e complexos são capazes de abrigar uma diversidade maior de organismos, pois esse ambiente fornecerá condições capazes de acomodar diversos nichos, ou seja, a estrutura e recursos presentes no sedimento permitem que vários organismos se beneficiem e a competição entre eles diminua (WHITTAKER, 1975; BARRETO, 1999; GRAY, 2002; CORGOSINHO *et al.*, 2003; GRAY & ELLIOT, 2009; GINGOLD *et al.*, 2010; GRAHAM & NASH, 2013). As praias abrigadas e sob maior influência da maré amostradas nesse estudo forneceram algumas dessas condições, sendo a estabilidade do sedimento uma delas (BARRETO, 1999), e permitiram a maior diversidade da meiofauna.

Como observado em diversos estudos (COULL, 1988; CALLES *et al.*, 2005; XUAN QUANG *et al.*, 2013; TILBERT *et al.*, 2019), os Nematoda foram os organismos dominantes em todas as praias amostradas, seguidos pelos copépodes harpacticóides. Embora tenham apresentado maiores abundâncias conforme eram observadas condições de maior dispersão de grãos mais grossos, os Nematoda tendem a ser dominantes em substratos com maior porcentagem de grãos mais finos, por estarem adaptados a esses ambientes, embora estejam presentes em todo tipo de sedimento (MOELLMANN *et al.*, 2001; MCLACHLAN & BROWN, 2006; MARIA *et*

*al.*, 2013). Essa tendência pode estar associada à baixa variação dos parâmetros granulométricos dentre todas as praias amostradas, demonstrando que o comportamento observado para os Nematoda nesse trabalho ainda condiz com o descrito na literatura.

Sabe-se que substratos formados por grãos mais grossos (350  $\mu\text{m}$ ) costumam ser dominados por copépodes harpacticóides, visto a sensibilidade observada por parte desses animais à menor disponibilidade de oxigênio, que pode ser observada em sedimentos mais finos (GIERE, 1993; COULL, 1999; MCLACHLAN & BROWN, 2006). Nesse trabalho, apesar de ter sido o segundo táxon mais frequente nas amostras, os Harpacticoida não foram dominantes em nenhuma das estações e setores. Os Harpacticoida se fizeram mais presentes em pontos caracterizados por serem ambientes de maior energia, contendo substratos com tendência de dispersão de sedimentos mais grossos e maior espaço intersticial, e disponibilidade de oxigênio.

Na maioria dos casos, houve uma relação negativa entre a meiofauna e o teor de matéria orgânica, mas o oposto foi observado para os copépodes harpacticóides. Isso pode ser interpretado de duas formas, a primeira considera que essa relação negativa está possivelmente associada ao fato de que maiores concentrações de matéria orgânica demandam uma grande quantidade de oxigênio para ser degradada (GRAY & ELLIOT, 2009), tornando esse recurso menos disponível para os organismos que também o necessitam. A segunda está associada à possibilidade de haver alta disponibilidade de oxigênio nesses locais ricos em matéria orgânica, possibilitando o estabelecimento de copépodes harpacticóides nesses ambientes (GIERE, 1993).

Apesar da razão entre nematoides e copépodes ser comumente utilizada em pesquisas avaliando o efeito do enriquecimento orgânico (RAFFAELLI & MASON, 1981; GEE *et al.*, 1985; ROHAL *et al.*, 2020), neste trabalho ela serviu para demonstrar a variação dos táxons dominantes ao longo do arco praiado estudado. Valores maiores foram comumente encontrados no setor 3, onde as características do ambiente não eram tão desfavoráveis para a ocorrência dos nematoides, mesmo que em menor escala. Algumas dessas características são a presença de camada redox, menor permeabilidade, maior influência dos ciclos de maré, e a tendência de dispersão de grãos mais finos.

## 5. CONCLUSÃO

A hipótese inicial desse trabalho foi de que se a meiofauna é dependente das características hidrodinâmicas do ambiente intersticial, então a variação relativa entre maré e onda em ambientes intersticiais acarretaria alterações na meiofauna, e a partir dos resultados obtidos durante o estudo, essa hipótese não foi rejeitada.

Apesar das semelhanças entre os parâmetros granulométricos de todos os pontos, eles estiveram presentes em todos os melhores modelos de GLM gerados para as variáveis resposta, evidenciando a importância de considerá-los nesse estudo. A abundância da meiofauna em geral, e dos táxons dominantes, responderam positivamente à tendência de dispersão de sedimentos mais grossos e mais pobremente selecionados. No entanto, esse comportamento esteve associado à baixa variação dos parâmetros granulométricos dentre os pontos amostrados.

A permeabilidade do substrato, também presente na maioria dos modelos, foi um fator importante na distribuição da meiofauna, pois esteve associada aos fluxos no espaço intersticial, à disponibilidade desses espaços para os organismos, e de oxigênio. Abundâncias significativamente maiores foram encontrados em sedimentos mais permeáveis, enquanto uma meiofauna mais rica esteve associada a sedimentos pouco permeáveis.

Os nematoides são os organismos que compõem, em alguns casos, mais de 90% da meiofauna, e um trabalho associado a identificação desses organismos seria importante para compreender melhor o efeito das variações dos parâmetros associados aos espaços intersticiais e dos processos hidrodinâmicos sobre esse táxon.

## 6. REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.
- ALBUQUERQUE, E. F. *et al.* Spatial and temporal changes in interstitial meiofauna on a sandy ocean beach of South America. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 55, n. 2, p. 121-131, 2007.
- AMARAL, A. *et al.* Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated sandy beaches. **Journal of Coastal Research**, p. 446-455, 2003.
- ANGULO, R. J.; ARAÚJO, A. D. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 44, p. 7-17, 1996.
- AUSTEN, M. C.; WARWICK, R. M. Comparison of univariate and multivariate aspects of estuarine meiobenthic community structure. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 29, n. 1, p. 23-42, 1989.
- BAIA, Erivaldo; VENEKEY, Virag. Distribution patterns of meiofauna on a tropical macrotidal sandy beach, with special focus on nematodes (Caixa d'Água, Amazon Coast, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 67, 2019.
- BARRETO, C. C. Heterogeneidade espacial do habitat e diversidade específica: implicações ecológicas e métodos de mensuração. **Oecologia Brasiliensis**, v. 7, n. 1, p. 6, 1999.
- BARTOÓN, K. Package 'mumin'. **Version**, v. 1, n. 18, p. 439, 2015.
- BURNHAM, K.; ANDERSON, D. Information and likelihood theory: a basis for model selection and inference. **Model Selection and Multimodel Inference: a Practical Information-Theoretic Approach**, v. 2, p. 49–97. 2002.
- CALLES, Alba *et al.* Patterns of meiofauna (especially nematodes) in physical disturbed Ecuadorian sandy beaches. **Meiofauna Marina**, v. 14, p. 121-129, 2005.
- CAPUTO, H. P. **Mecânica de solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro. Editora Livro Técnicos e Científicos, 1980.

- CORGOSINHO, P. H. C. *et al.* Abundance and diversity of the sublittoral meiofauna on two sand beaches under different hydrodynamic conditions at Ilha do Mel (PR, Brazil). **Lundiana: International Journal of Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 89-94, 2003.
- COULL, B. C. Ecology of the marine meiofauna. In: HIGGINS, R.P., THIEL, H. (eds). **Introduction to the study of meiofauna**. Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press, 1988. p. 18-38.
- COULL, B. C. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. **Australian Journal of Ecology**, v. 24, n. 4, p. 327-343, 1999.
- COULL, B. C.; BELL, S. S. Perspectives of marine meiofaunal ecology. In: **Ecological processes in coastal and marine systems**. Springer, Boston, MA, 1979.
- CRANEY, T. A., & SURLLES, J. G. (2002). Model-Dependent Variance Inflation Factor Cutoff Values. **Quality Engineering**, 14(3), 391–403. doi:10.1081/qen-120001878
- DI DOMENICO, M. Poliquetas intersticiais da costa sul e sudeste do Brasil. **Doutorado—Brasil: Universidade Federal do Paraná**, 2012.
- FENCHEL, T. M.; RIEDL, R. J. The sulfide system: a new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms. **Marine biology**, v. 7, n. 3, p. 255-268, 1970.
- FOX, J. Effect displays in R for generalised linear models. **Journal of statistical software**, v. 8, p. 1-27, 2003.
- FOX, J. *et al.* CRAN—Package ‘car’. **An R Companion to Applied Regression**. 2019.
- FOX, J.; MONETTE, G. Generalized collinearity diagnostics. **Journal of the American Statistical Association**, v. 87, n. 417, p. 178-183, 1992.
- FREIRE, Paula; TABORDA, Rui; ANDRADE, César. Caracterização das praias estuarinas do Tejo. In: **APRH, Congresso da Água**. 2006.
- GEE, J. M. *et al.* Effects of organic enrichment on meiofaunal abundance and community structure in sublittoral soft sediments. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 91, n. 3, p. 247-262, 1985.
- GIERE, O. **Meiobenthology: The Microscopic Fauna in Aquatic Sediments**. Springer Berlin Heidelberg, 1993.

- GINGOLD, R. *et al.* The role of habitat heterogeneity in structuring the community of intertidal free-living marine nematodes. **Marine Biology**, v. 157, n. 8, p. 1741-1753, 2010.
- GRAHAM, N. A. J.; NASH, K. L. The importance of structural complexity in coral reef ecosystems. **Coral reefs**, v. 32, n. 2, p. 315-326, 2013.
- GRAY, J. S. Species richness of marine soft sediments. **Marine Ecology Progress Series**, v. 244, p. 285-297, 2002.
- GRAY, J. S.; ELLIOTT, M. **Ecology of marine sediments: from science to management**. Oxford University Press, 2009.
- JACKSON, D. W. T.; COOPER, J. A. G.; DEL RIO, L. Geological control of beach morphodynamic state. **Marine Geology**, v. 216, n. 4, p. 297-314, 2005.
- JACOBI, C. M. **Efeitos da heterogeneidade estrutural na colonização de substratos artificiais por anfípodos do entre-marés**. 1992. Tese de Doutorado. Ph.D. thesis. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- JANSSON, Bengt-Owe. The significance of grain size and pore water content for the interstitial fauna of sandy beaches. **Oikos**, p. 311-322, 1967.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Elsevier, 2012.
- MACARTHUR, R. H. **Geographical Ecology: Patterns in the Distributions of Species**. New York: Harper, v. 8, p. 603-9, 1972.
- MACARTHUR, R. H.; MACARTHUR, J. W. On bird species diversity. **Ecology**, v. 42, n. 3, p. 594-598, 1961.
- MARGALEF, R. On certain unifying principles in ecology. **The American Naturalist**, v. 97, n. 897, p. 357-374, 1963.
- MARIA, T. F. *et al.* The relationship between sandy beach nematodes and environmental characteristics in two Brazilian sandy beaches (Guanabara Bay, Rio de Janeiro). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 1, p. 257-270, 2013.
- MARONE, E.; JAMIYANAA, D. Tidal characteristics and a numerical model for the M2 tide at the Estuarine Complex of the Bay of Paranaguá, Paraná, Brazil. **Revista Nerítica**, v. 11, n. 1-2, p. 95-107, 1997.

- MASSELINK, G.; PULEO, J. A. Swash-zone morphodynamics. **Continental Shelf Research**, v. 26, n. 5, p. 661-680, 2006.
- MASSELINK, G.; SHORT, A. D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research**, p. 785-800, 1993.
- MCLACHLAN, A.; BROWN, A. C. **The Ecology of Sandy Shores**. 2a Edição. 2006.
- MCLACHLAN, A.; TURNER, I. The interstitial environment of sandy beaches. **Marine Ecology**, v. 15, n. 3-4, p. 177-212, 1994.
- MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 593-602, 2011.
- MOELLMANN, A. M.; CORBISIER, T. N.; CURVELO, R. R. Variação espacial entre verão e inverno da meiofauna do Canal de São Sebastião - SP. **Revista Brasileira de Oceanografia** [online]. 2001, v. 49, n. 1-2 [Acessado 25 Abril 2022], pp. 75-85. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-77392001000100007>>.
- OKSANEN, J. *et al.* Community Ecology Package. **Pacote vegan - ambiente R**. 2018.
- RAFFAELLI, D. G.; MASON, C. F. Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. **Marine Pollution Bulletin**, v. 12, n. 5, p. 158-163, 1981.
- RODIL, I. F.; LASTRA, M. Environmental factors affecting benthic macrofauna along a gradient of intermediate sandy beaches in northern Spain. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 61, n. 1, p. 37-44, 2004.
- RODRÍGUEZ, J. G.; LASTRA, M.; LÓPEZ, J. Meiofauna distribution along a gradient of sandy beaches in northern Spain. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 58, p. 63-69, 2003.
- ROHAL, M. *et al.* The effects of experimental oil-contaminated marine snow on meiofauna in a microcosm. **Marine Pollution Bulletin**, v. 150, p. 110656, 2020.
- SALTON, F. G. *et al.* Climatologia dos episódios de precipitação em três localidades no estado do Paraná. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 31, p. 626-638, 2016.

SHORT, A. D. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 69, n. 4, p. 589-604, 1996.

SIVADAS, S. K. *et al.* Role of environmental heterogeneity in structuring the macrobenthic community in a tropical sandy beach, west coast of India. **Journal of Oceanography**, v. 68, n. 2, p. 295-305, 2012.

STEYAERT, M.; VINCX, M. The vertical distribution of meiobenthos in coastal sediments (Belgium). **Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège**, v. 65, p. 155-158, 1996.

TANNER, W. F. Environmental Clastic Granulometry. **Florida Geological Survey**, Special Publication, n. 40. 1995.

TILBERT, S. *et al.* Spatial variation of meiofaunal tardigrades in a small tropical estuary (~ 6 S; Brazil). **Marine and Freshwater Research**, v. 70, n. 8, p. 1094-1104, 2019.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics with S**. Pacote MASS – ambiente R. Fourth Edition. Springer, New York. 2002.

WHITTAKER, R. H. *et al.* **Communities and ecosystems**. McMillan Publishing Co., 1970.

XUAN QUANG, N. G. O.; SMOL, Nic; VANREUSEL, Ann. The meiofauna distribution in correlation with environmental characteristics in 5 Mekong estuaries, Vietnam. **Cah. Biol. Mar**, v. 54, p. 71-83, 2013.