

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

FADIMA GUIMARÃES DE ÁVILA AUGUSTO

**COMUNIDADES BENTÔNICAS COMO BIOINDICADORES DE
ESTRESSE**

**Vitória
2010**

FADIMA GUIMARÃES DE ÁVILA AUGUSTO

**COMUNIDADES BENTÔNICAS COMO BIOINDICADORES DE
ESTRESSE**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Oceanografia do Departamento de Oceanografia e Ecologia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Fraga Bernardino

**Vitória
2010**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

**COMUNIDADES BENTÔNICAS COMO BIOINDICADORES DE
ESTRESSE**

por

FADIMA GUIMARÃES DE ÁVILA AUGUSTO

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Oceanografia do Departamento de Oceanografia e Ecologia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Oceanografia.

**Entregue dia 29 de novembro de 2010.
COMISSÃO EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Ângelo Fraga Bernardino
(Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo – DOC**

**Prof. Dr^a. Karla Gonçalves da Costa
Universidade Federal do Espírito Santo – CEUNES**

Me. Raphael Mariano Macieira

RESUMO

Este trabalho objetivou utilizar a resposta da macrofauna bentônica para testar a validade dos métodos de curva “ABC”, de classes de abundância e índices ecológicos para avaliação de estresse ambiental em estuários. Para isto foi feito um transecto em uma área interna do estuário do Canal da Passagem, Vitória, amostrando três pontos. A estrutura da macrofauna foi estudada através de padrões de abundância, biomassa, equitatividade, riqueza e diversidade de espécies. Análise multivariada MDS (escalonamento multidimensional) contribuiu para análise da estrutura da comunidade estudada. Os índices ecológicos não mostraram diferenças significativas entre os pontos. A estrutura da comunidade macrobentônica em cada ponto apresentou respostas diferentes para a curva “ABC” e parecidas para o método de classes de abundância, porém não foi possível atribuir a um fator as causas de tais mudanças na estrutura da comunidade macrobentônica.

Palavras chave: *macrofauna bentônica, estresse ambiental, análises numéricas.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais esta vitória.

Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e me ajudando a superar todos os momentos difíceis e às minhas irmãs pelos momentos de conversa e muito carinho.

A Pequinho pela compreensão e carinho.

Ao Ângelo Bernardino por ter me dado a oportunidade de trabalhar no laboratório e ter ajudado no meu crescimento acadêmico.

À Karla Costa e Raphael Macieira por terem aceitado ser da banca examinadora deste trabalho.

Ao pessoal do CEDET que sempre me dava um “tempinho” quando eu precisava.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para este trabalho, que foram muitas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo no Canal da Passagem, destacado em vermelho	11
Figura 2 - Transecto amostrado na linha d'água, mostrando os três pontos de coleta, na área de estudo	12
Figura 3 - Curvas "ABC" para (A) ambiente em equilíbrio; (B) poluição moderada e; (C) poluição severa	14
Figura 4 – Curvas riqueza x classes de dominância. (A) Dominância de espécies de baixa riqueza; (B) dominância de espécies de alta riqueza	14
Figura 5 – Frações de matéria orgânica, areia e lama nos pontos de coleta da área de estudo	15
Figura 6 - Média das 3 réplicas (+ erro padrão) da quantidade de detritos em gramas por ponto de coleta da área de estudo	16
Figura 7 – (A) Densidade média total da macrofauna (ind./m ²) por ponto (+erro padrão); (B) Contribuição relativa dos <i>taxas</i> em cada ponto da área de estudo	18
Figura 8 – (A) Biomassa úmida média total (g/m ²) por ponto (+ erro padrão); (B) Contribuição relativa da biomassa úmida total da macrofauna por ponto da área de estudo	20
Figura 9 - Média (\pm erro padrão) da (A) Riqueza (S); (B) Equitatividade (J') e; (C) Diversidade de Shannon-Winner (H') da área de estudo. NS = Diferenças não significativas entre os pontos (ANOVA)	21
Figura 10 - MDS de similaridade das 9 réplicas. Ponto 1 - R1, R2 e R3; Ponto 2 – R4, R5 e R6; Ponto 3 – R7, R8 e R9	22
Figura 11 - Curvas de comparação entre abundância e biomassa nos três pontos da área de estudo (gráficos "ABC") e valores de W. (A) Ponto 1; (B) Ponto 2; (C) Ponto 3. A linha tracejada representa a curva de biomassa, e a linha lisa a curva de abundância	23
Figura 12 - Curvas de comparação entre a riqueza e classes de abundância para a área de estudo. (A) Ponto 1; (B) Ponto 2; (C) Ponto 3. Intervalos de abundância (ind./m ²) entre as classe: Classe I (C1) – 0<1; CII–2-3; CIII–4-7; CIV–8-15; CV–16-31; CVI–32-63; CVII–64-127; CVIII–128-255; CIX-256-511; CX-512-1023; CXI-1024-2047; CXII-2048-4095; CXIII-4096-8191	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de organismos encontrados, densidade média (\pm erro padrão) de organismos por <i>taxa</i> (ind/m ²) e contribuição relativa de cada gênero por ponto da área de estudo	17
Tabela 2 - Biomassa média (\pm erro padrão x 10 ⁻¹) de organismos por <i>taxa</i> (10 ⁻¹ g/m ²) e biomassa relativa em cada ponto da área de estudo	19
Tabela 3 - Táxons presentes nas classes de abundância dos pontos amostrados da área de estudo	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. METODOLOGIA	10
2.1 ÁREA DE ESTUDO	10
2.2 COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS	11
2.3 ANÁLISE DE DADOS	13
3. RESULTADOS	15
3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS	15
3.2 MACROFAUNA	16
4. DISCUSSÃO	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

Os estuários destacam-se como importante ecossistema costeiro pela alta produtividade e pelas inúmeras funções que exercem, incluindo: i) áreas de produção, ciclagem de nutrientes e fornecimento de material orgânico para ecossistemas adjacentes, ii) áreas de reprodução e alimentação de organismos aquáticos com importância ecológica e comercial, iii) balanço sedimentológico costeiro e proteção da linha de costa contra eventos climáticos e ainda, iv) sócio-econômicas, pois dispõem de importante fonte de recursos para comunidades locais (DIEGUES, 2001; MCLUSKY & ELLIOT, 2004).

Os estuários estão sujeitos a diferentes impactos ambientais provenientes de ação antrópica, tais como, degradação, aporte de resíduos domésticos e industriais (JESUS *et al*, 2004). Assim, pode ocorrer modificação na composição e estrutura da comunidade bentônica (PEARSON & ROSENBERG, 1978). Em locais não impactados existe uma maior equitatividade e diversidade de espécies, sendo que as espécies tipicamente apresentam alta biomassa (WARWICK, 1986). Porém, elevada variabilidade no ambiente estuarino pode ocasionar em variações neste padrão (MCLUSKY & ELLIOT, 2004).

O sedimento, nos estuários, é um compartimento de sorção e biodisponibilidade de contaminantes e material de fonte antropogênica. Desta forma, a fauna associada ao sedimento (fauna bentônica) estuarino mostra-se boa bioindicadora de estresse ambiental, pois exercem funções diretamente ligadas ao substrato, como utilizar e transformar a matéria orgânica depositada no sedimento (POWER & CHAPMAN, 1992; MANN, 2000; MCLUSKY & ELLIOT, 2004). Outras características destes organismos, como possuir ciclo de vida suficientemente longo para mostrar os efeitos das condições de estresse que estão sujeitos; refletir com fidelidade condições ambientais que variam ao longo do tempo; proporcionar ligação com os níveis tróficos superiores; reforçam a utilização deles como bioindicadores (LITTLE, 2000; CAEIRO *et al*, 2005). Neste contexto está inserida a macrofauna bentônica, com animais com tamanho entre 0,05cm e 1cm, sendo os poliquetas, crustáceos e bivalves os táxons mais comuns encontrados (DAY JR *et al*, 1989; GRAY & ELLIOT, 2009). Ao contrário de muitos organismos da macrofauna bentônica, sensíveis a

perturbações, que podem ser utilizados como bioindicadores pela ausência, alguns poliquetas, como *Capitella* e Spionideos, são capazes de tolerar a instabilidade ambiental e colonizar áreas impactadas, se destacando como bioindicadores pela presença (JOLY & BICUDO, 1999). Portanto, o monitoramento da macrofauna bentônica permite avaliar efeitos de distúrbios ambientais em estuários (MCLUSKY & ELLIOT, 2004).

Alguns métodos estatísticos são utilizados para identificação de impactos, dentre eles, o de curvas de comparação de abundância-biomassa “ABC” (WARWICK, 1986). Neste método os padrões de abundância e biomassa passam por estágios sucessivos bem distintos em resposta a distúrbios ambientais de diferente intensidade. Outro método que pode avaliar distúrbio ambiental usando a macrofauna bentônica e ainda auxiliar na seleção de espécies sensíveis e indicadoras de poluição é o de classes de abundância criado por GRAY & PEARSON (1982), que leva em consideração a riqueza e abundância da comunidade.

Desta maneira, este trabalho teve como objetivo utilizar os métodos de curva “ABC” (WARWICK, 1986), de classes de abundância (GRAY & PEARSON, 1982), além dos índices ecológicos, riqueza, equitatividade e diversidade, usando as populações bentônicas para detectar possíveis padrões de alteração na comunidade, testando assim a validade dos métodos para utilização em futuros estudos de degradação ambiental neste e em outros estuários. A hipótese a ser testada refere-se à resposta da comunidade bentônica às características locais.

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O Canal da Passagem compõe o sistema estuarino da Ilha de Vitória, e é uma ligação permanente entre a Baía de Vitória e o oceano (figura 1). Este Canal está dividido em sul e norte pela Ponte da Passagem, sendo que a porção norte apresenta um maior comprimento, cerca de 8 km, e maiores concentrações de manguezais. Na porção mais ao sul, com 3 km aproximadamente, são observadas maiores profundidades (11 metros) e ausência de manguezal (D'AGOSTINI, 2005; MACIEL, 2004).

O clima da região é classificado como tropical quente e úmido com maiores índices pluviométricos entre outubro e março (primavera-verão). Menores temperaturas de aproximadamente 15° C são observadas após passagem de frentes frias de origem subpolares, responsáveis também pela estação seca (outono-inverno), entre abril e setembro. A temperatura média anual é de 22° C, enquanto que a média das máximas está entre 28° e 30° (NIMER, 1989). O regime de maré é considerado de micromarés, com amplitudes em torno de 1,7m para maré de sizígia a 0,9m para maré de quadratura (FEMAR, 2000).

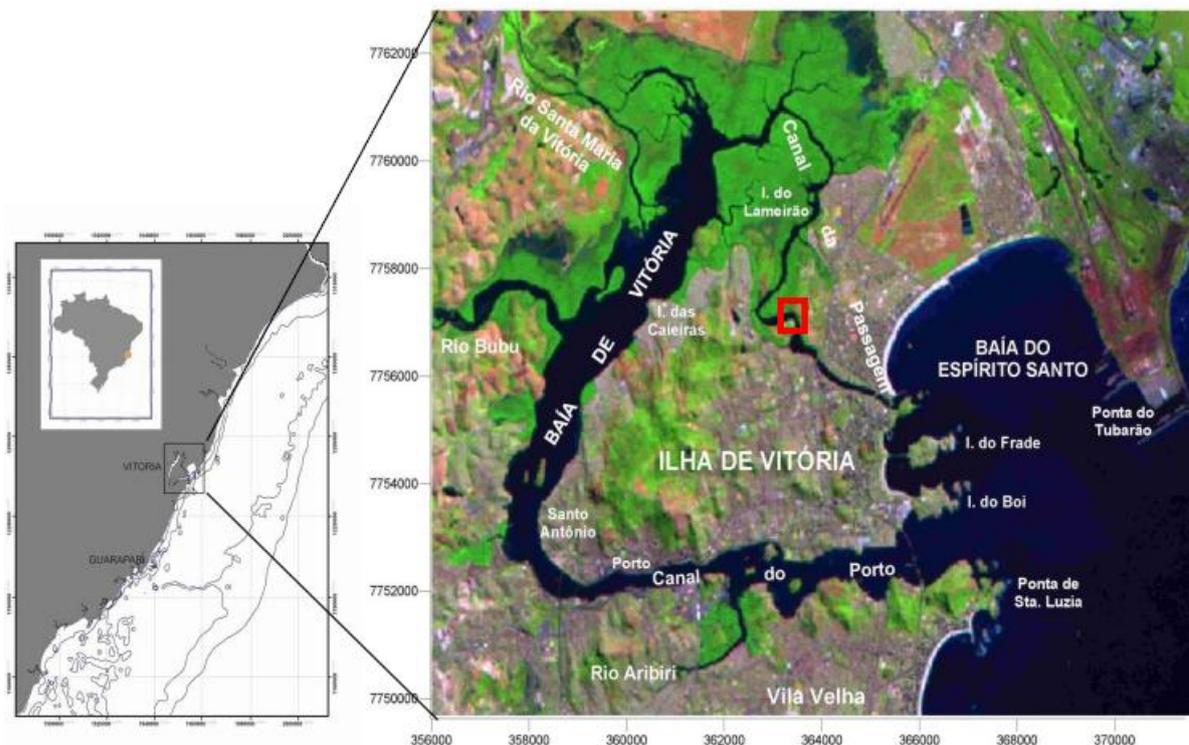


Fig. 1: Localização da área de estudo no Canal da Passagem destacada em vermelho.
 FONTE: GODINHO, 2009

2.2 COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

A amostragem foi realizada no Canal da Passagem próximo à Ponte da Passagem, no dia 30 de julho de 2010, às 11 horas, com maré 0,2 m (maré baixa), seguindo a tábua de marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha (DHN) para o Porto de Tubarão. Foram feitas coletas em 3 pontos aleatórios no entremarés ao longo de um transecto, cada um com três sub-réplicas espaciais na linha d'água afim de homogeneizar efeitos de exposição nas comunidades bentônicas (figura 2). A macrofauna foi amostrada com testemunhos de acrílico de 8 cm de diâmetro, nos 5 cm superficiais do sedimento. As amostras foram armazenadas em potes plásticos identificados e fixadas numa proporção de 1/3 de formol para 2/3 de água. Sedimentos para granulometria e conteúdo orgânico foram coletados nos primeiros 5 cm da camada sedimentar. Foi coletada água para mensuração de salinidade em laboratório com refratômetro.

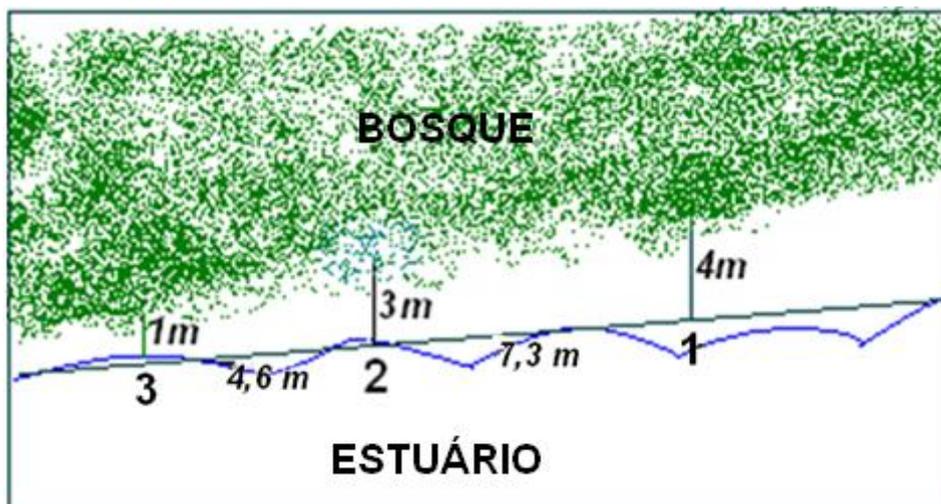


Fig. 2: Transecto amostrado na linha d'água, mostrando os três pontos de coleta, na área de estudo

Depois de fixadas, as amostras da macrofauna foram peneiradas em laboratório em malha de 500 μm . Os organismos que ficaram retidos na peneira foram coletados por meio de triagem em estéreo-microscópio, e conservados em álcool 70%. Na triagem também foram coletados os fragmentos de plantas (detritos) das réplicas, que posteriormente foram secos em estufa à 60°C por 4 horas para amostragem do peso seco. Os animais foram separados por grupos e depois identificados ao menor nível taxonômico possível utilizando a chave de identificação AMARAL & NONATO (1996).

A biomassa úmida da macrofauna foi analisada através do método de fotografia para cálculo do biovolume (GIERE, 2009). Para isto utilizou-se máquina Nikon TV Lenz C-0.45x acoplada em estéreo-microscópio para fotografar os organismos e o software Motic Images Plus 2.0ML para captura das imagens e realização da biometria (comprimento e diâmetro).

A análise granulométrica foi feita com sedimento coletado na superfície, depois da queima de matéria orgânica com peróxido de hidrogênio, foi feito peneiramento via úmida com peneira de 0,062 mm, para separação da parte lamosa e arenosa.

2.3 ANÁLISE DE DADOS

A estrutura da comunidade foi descrita através da abundância, riqueza, diversidade e equitatividade de espécies. A riqueza (S) da comunidade foi expressa através do número de *taxa* encontrados (SOARES-GOMES, 2004). O índice utilizado para cálculo de diversidade foi o de Shannon-Winner (\log_2). A abundância e a biomassa foram extrapoladas para m². O teste de Shapiro Wilk, indicou que os dados de abundância, biomassa, detritos, riqueza, diversidade de Shannon-Wiener e equitatividade de forma geral são normais. Análises estatísticas univariadas (ANOVA) foram aplicadas para identificação de diferenças entre parâmetros populacionais dentre as amostras e para comparações com valores de matéria orgânica sedimentar, considerando o nível de decisão de $\alpha = 0,05$ (ZAR, 1999).

A análise multivariada de grupamento (MDS - escalonamento multidimensional) foi realizada a partir do coeficiente de distância de Bray-Curtis em uma matriz de abundância transformada (raiz quarta para diminuir a variabilidade de taxons muito abundantes). A análise MDS foi realizada com intuito de verificar a similaridade entre comunidaes dos diferentes pontos.

Após medida do comprimento e diâmetro de todos os indivíduos encontrados foi calculado o biovolume destes organismos através da equação 1. Os valores de biovolume encontrados foram multiplicados pela densidade usada para poliquetas, 1,13g/cm³, e assim encontrou-se a biomassa úmida em gramas (GIERE, 2009).

$$\text{Biovolume} = L \times W^2 \times C \quad (1)$$

onde: *L* é o comprimento do organismo; *W*, o diâmetro do organismo e *C* o fator de conversão, no caso de poliquetas, para cilindro perfeito, 0,53 (GIERE, 2009).

Para avaliação de estresse ambiental nos pontos foram utilizados os métodos da curva de comparação da abundância e biomassa (curvas "ABC"), criado por WARWICK (1986) e de gráficos de classes de abundância proposto por GRAY & PEARSON (1982). O primeiro método avalia o nível de degradação do ambiente (figura 3) através da posição de curvas de abundância e biomassa em gráficos de dominância cumulativa (eixo y) x rank de espécies (eixo x). O grau em que a curva de biomassa está acima da curva de abundância é medido por *W* (valores positivos para condições em equilíbrio e valores negativos para ambientes perturbados)

(CLARKE & WARWICK, 1994). O outro método leva diretamente em consideração a dominância das espécies para dizer o nível de degradação do ambiente (figura 4) em gráficos de riqueza (eixo y) x classes de abundância (eixo x). Nesta técnica, o número de indivíduos por m² aumenta em progressão geométrica com acréscimo das classes.

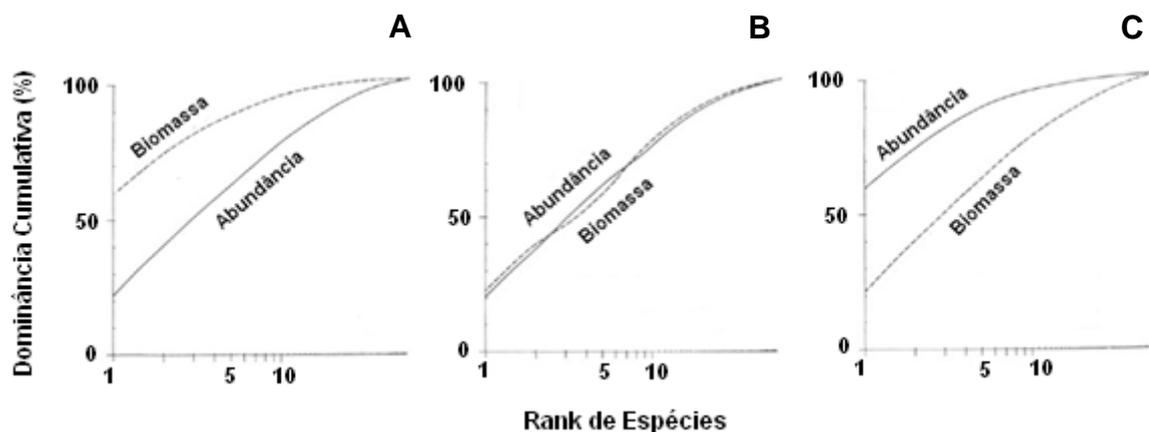


Fig. 3: Curvas "ABC" para (A) ambiente em equilíbrio; (B) poluição moderada e; (C) poluição severa. FONTE: Modificado de Warwick (1986).

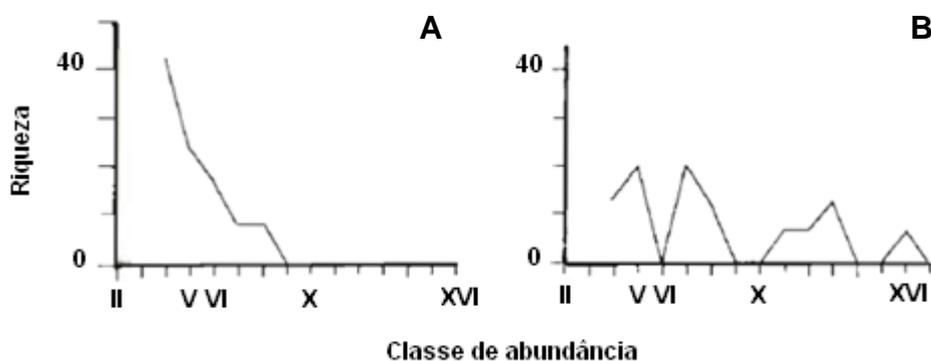


Fig. 4: Curvas riqueza x classes de dominância. (A) Dominância de espécies de baixa riqueza; (B) dominância de espécies de alta riqueza. FONTE: Modificado de PEARSON *et al* (1983).

3. RESULTADOS

3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Durante a coleta, às 11:00 com dia ensolarado, a altura a maré se encontrava baixa, 0,2 metros, de sizígia. A salinidade registrada no local durante a coleta foi de 18.

No ponto 2 foi encontrada a maior percentagem de areia (51,4%) e a menor percentagem de lama (20,7%), enquanto que o ponto 1 mostrou menores percentagens de areia (18,5%) e maiores de lama (52,8%) (figura 5). Não houve grande diferença entre os pontos no conteúdo de matéria orgânica sedimentar, que representou aproximadamente 30% de cada amostra (maior quantidade no ponto 3 – 31,3% e menor no ponto 2 – 27,9%) (figura 5).

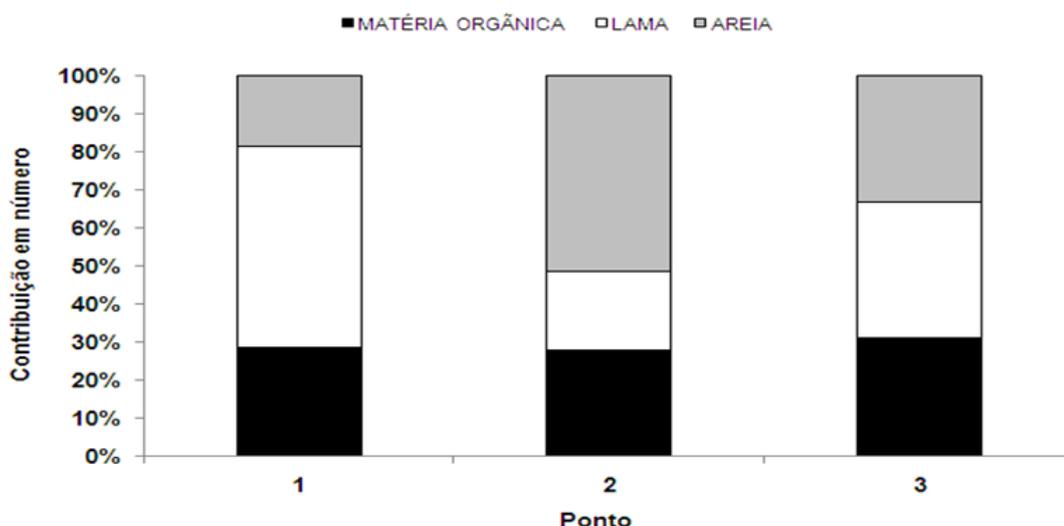


Fig. 5: Frações de matéria orgânica, areia e lama nos pontos de coleta da área de estudo.

A quantidade de fragmentos de plantas coletados nas amostras de sedimento triadas (0-5 cm), aqui chamado de detritos, foi menor no ponto 1 (1,9 g), onde a linha d'água se encontrava mais distante da vegetação do manguezal e maior no ponto mais próximo à franja do mangue (ponto 3 - 4,3 g). O ponto 2 mostrou valores intermediários de 3,2 g, mas análise estatística (ANOVA) não mostra diferenças

significativas na quantidade média total de detritos entre os locais analisados ($p>0,05$) (figura 6).

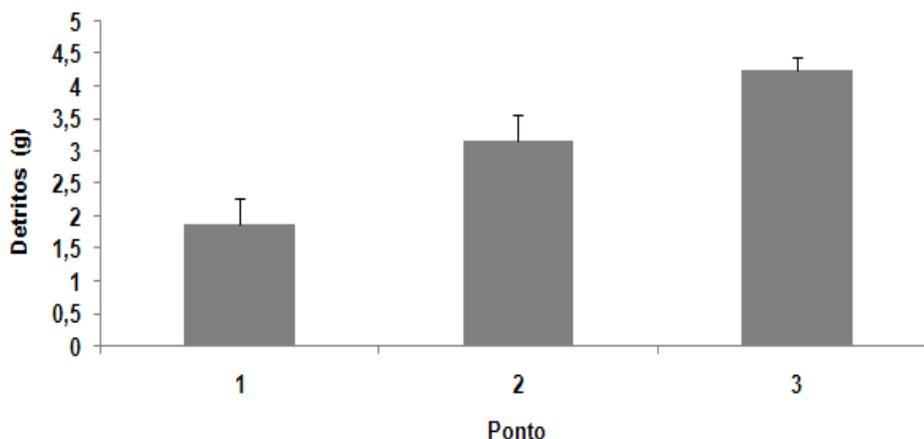


Fig. 6: Média das 3 réplicas (+ erro padrão) da quantidade de detritos em gramas por ponto de coleta da área de estudo.

3.2 MACROFAUNA

Um total de 182 organismos, divididos em 6 famílias, todos pertencentes ao Filo Annelida e Classe Polychaeta foram coletados. A família Hesionidae (112 indivíduos) foi a dominante, seguida da família Spionidae (52 indivíduos).

A tabela 1 e a figura 7 mostra que a densidade total de organismos no ponto 3 é aproximadamente 3,7 vezes a do ponto 1 e 1,8 vezes a do ponto 2. *Ophiodromus* (Hesionidae) é o gênero mais abundante nos pontos 1 (1194,3 ind./m²) e 3 (4578,0 ind./m²). No ponto 2, *Ophiodromus* (1658,7 ind./m²) possui abundância igual a do gênero *Spiophanes* (Spionidae). Nos três pontos *Capitella* (Capitellidae) contribui com a terceira maior abundância. Análise estatística (ANOVA) não mostra diferenças significativas na abundância média entre os pontos ($p>0,05$).

Apesar de no ponto 3 serem observadas maiores quantidades de organismos dos três gêneros mais dominantes, e destas quantidades diminuírem gradualmente para o ponto 1, a contribuição relativa (C.R.) destes gêneros para cada ponto é menor no ponto 3 e maior no ponto 2, com exceção do gênero *Ophiodromus*, que

apresenta maior valor no ponto 3, bem parecido com o do ponto 1 e menor no ponto 2.

Tab. 1: Número de organismos encontrados, densidade média (\pm erro padrão) de organismos por taxa (ind/m²) e contribuição relativa de cada gênero por ponto da área de estudo.

Rank	Taxa	PONTO 1			PONTO 2			PONTO 3		
		nº	Dens. média	C. R. (%)	nº	Dens. média	C. R. (%)	nº	Dens. média	C. R. (%)
1	<i>Ophiodromus</i>	18	1194,3 (1001,8)	66,7	25	1658,7 (1560,2)	44,6	69	4578,0 (2488,7)	69,7
2	<i>Spiophanes</i>	7	464,4 (289,2)	25,9	25	1658,7 (892,6)	44,6	19	1260,6 (632,9)	19,2
3	<i>Capitella</i>	2	132,7 (132,7)	7,4	5	331,7 (175,5)	8,9	7	464,4 (265,4)	7,1
4	Poliqueta 1	-	-	-	-	-	-	3	199,0 (199,0)	3,0
5	Spionidae1	-	-	-	1	66,3 (66,3)	1,8	-	-	-
6	Poliqueta 2	-	-	-	-	-	-	1	66,3 (66,3)	1,0
TOTAL		27	1791,4	100	56	3715,4	100	99	6568,3	100

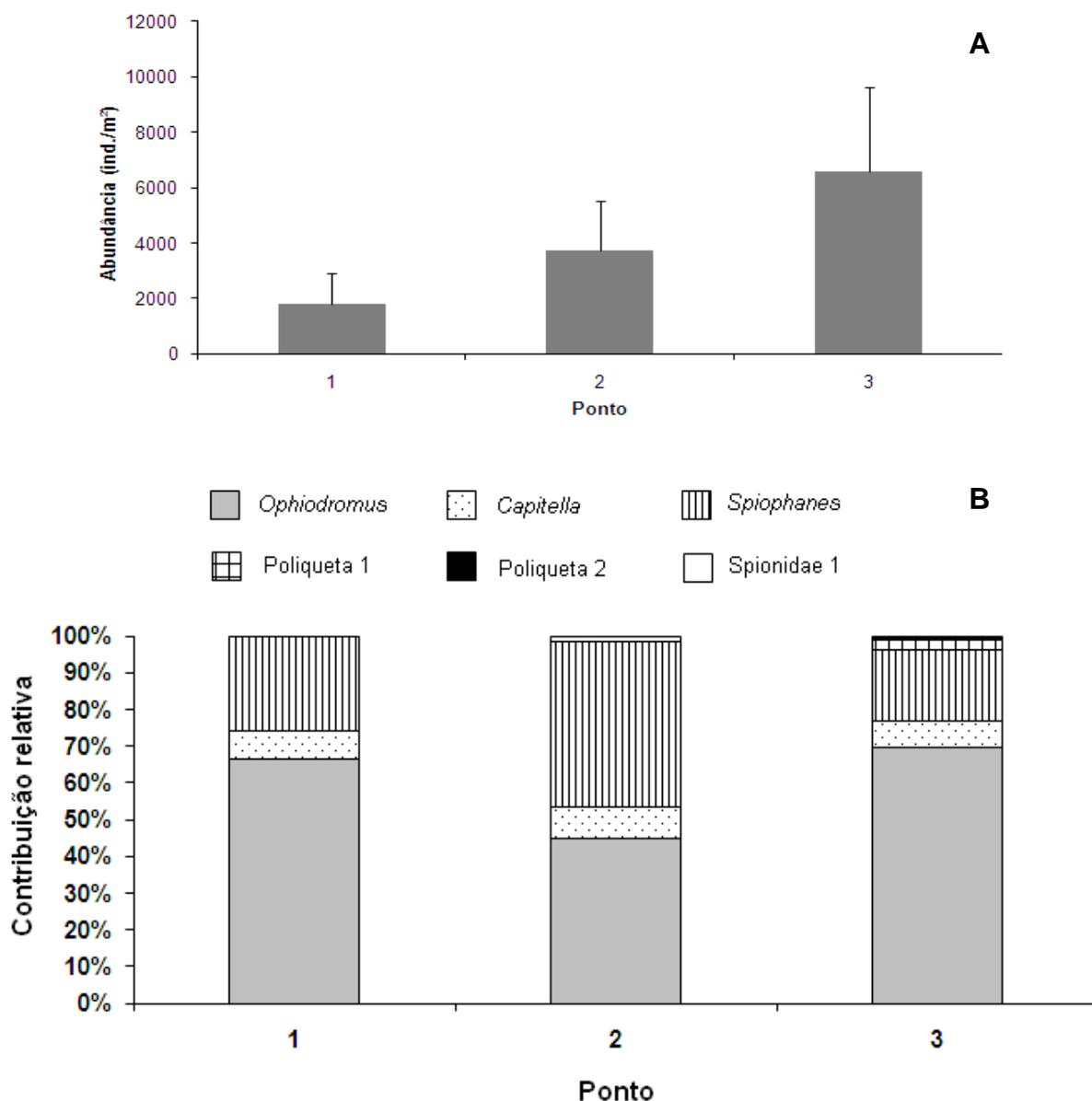


Fig.7: (A) Densidade média total da macrofauna (ind./m²) por ponto (+erro padrão); (B) Contribuição relativa dos *taxas* em cada ponto da área de estudo.

A biomassa total dos pontos acompanha o padrão espacial do aumento da abundância de organismos, ou seja, aumenta gradualmente em direção ao ponto 3 (tabela 2 e figura 8). Os gêneros que apresentam maiores biomassas médias nos três pontos são respectivamente *Ophiodromus* e *Spiophanes*. Apenas no ponto 2 *Capitella* não foi o gênero que apresentou a terceira maior biomassa média. Assim como para abundância, análise estatística (ANOVA) não apresentou diferenças significativas na biomassa média entre os pontos analisados ($p > 0,05$).

Duas questões interessantes puderam ser observadas na biomassa dos pontos, a primeira é que apesar da biomassa média no ponto 3 para os dois táxons mais dominantes serem em geral maior que nos outros pontos, a C.R. de biomassa destes táxons se apresentou maior em outros pontos, *Ophiodromus* no ponto 1 e *Spiophanes* no ponto 2. A segunda questão foi a grande contribuição relativa do táxon *Spionidae* 1 no ponto 2 de baixa densidade em tal ponto.

Tab. 2: Biomassa média (\pm erro padrão $\times 10^{-1}$) de organismos por taxa (10^{-1} g/m²) e biomassa relativa em cada ponto da área de estudo.

Rank	Taxa	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3	
		Biom. média	C. R. (%)	Biom. Média	C. R. (%)	Biom. média	C. R. (%)
1	<i>Ophiodromus</i>	4,1 (3,7)	79,4	5,3 (5,3)	43,8	10,9 (7,5)	59,1
2	<i>Spiophanes</i>	0,8 (0,5)	15,4	4,1 (2,7)	34,3	4,1 (2,1)	22,3
3	<i>Capitella</i>	0,3 (0,3)	6,5	0,8 (0,4)	6,5	2,7 (1,1)	14,8
4	Poliqueta1	-	-	-	-	0,6 (0,6)	3,4
5	<i>Spionidae</i> 1	-	-	1,8 (1,8)	15,3	-	-
6	Poliqueta2	-	-	-	-	0,6 $\times 10^{-1}$ (0,6 $\times 10^{-1}$)	0,3
TOTAL		5,2	100	12,0	100	18,4	100

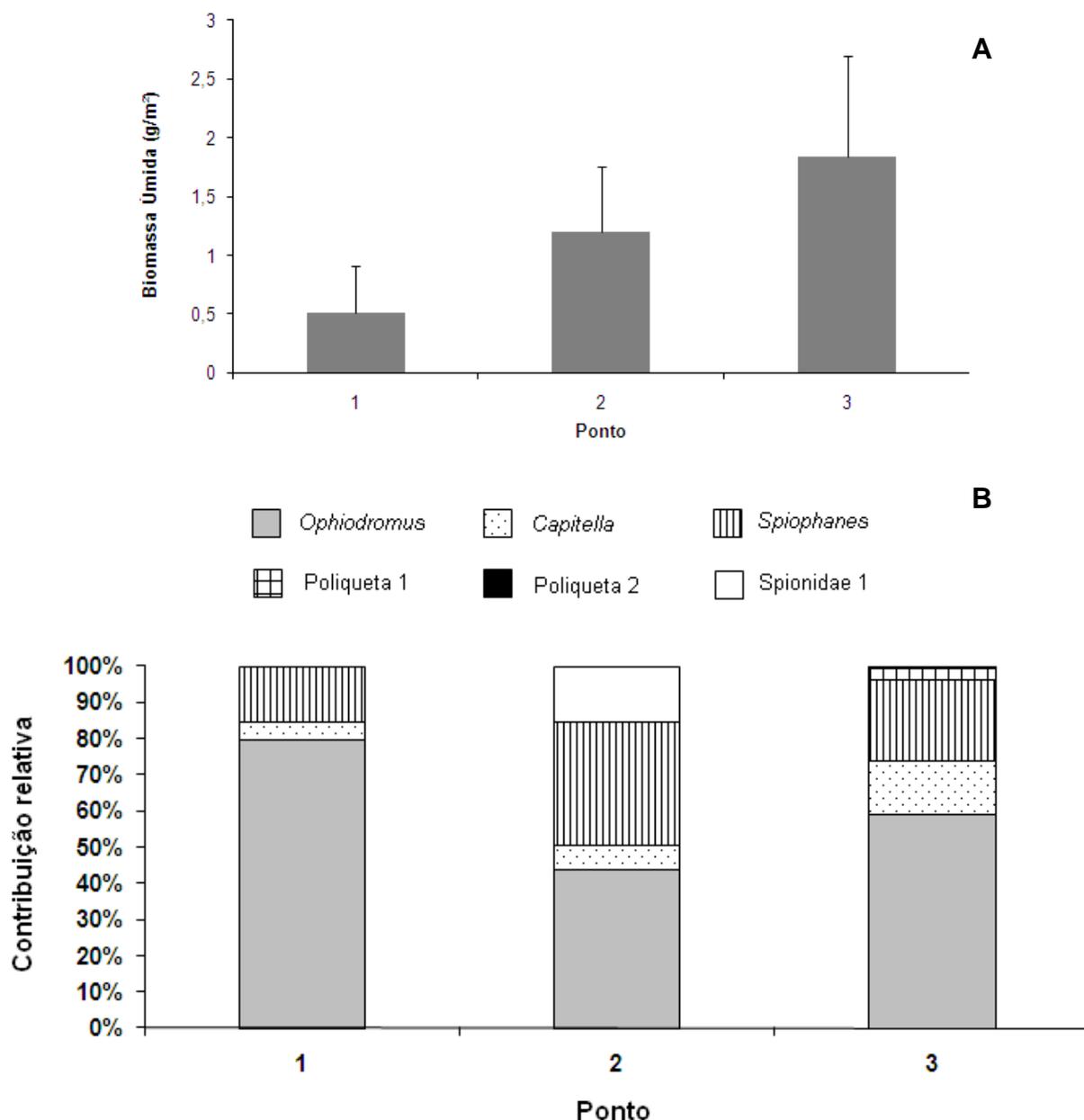


Fig.8: (A) Biomassa úmida média total (g/m²) por ponto (+ erro padrão); (B) Contribuição relativa da biomassa úmida total da macrofauna por ponto da área de estudo.

Em relação aos índices ecológicos calculados (riqueza, equitatividade e diversidade de Shannon-Winner), houve um aumento gradual da riqueza média do primeiro ponto ($S=1,7$) para terceiro ponto ($S=3,3$); para ANOVA $p>0,05$. No ponto 3 os indivíduos estão melhor distribuídos entre os gêneros, comprovado pela equitatividade maior neste ponto ($J'=0,6$). Outrora, menor equitatividade no ponto 1 ($J'=0,3$) indica dominância maior de um gênero; análise estatística (ANOVA) para J' mostrou $p>0,05$. O ponto 3 obteve o maior valor ($H'=1,0$) para o índice de

diversidade de Shannon-Winner e o ponto 1 menor valor ($H'=0,2$); $p>0,05$ (ANOVA), revelando o mesmo padrão espacial da riqueza e equitatividade.

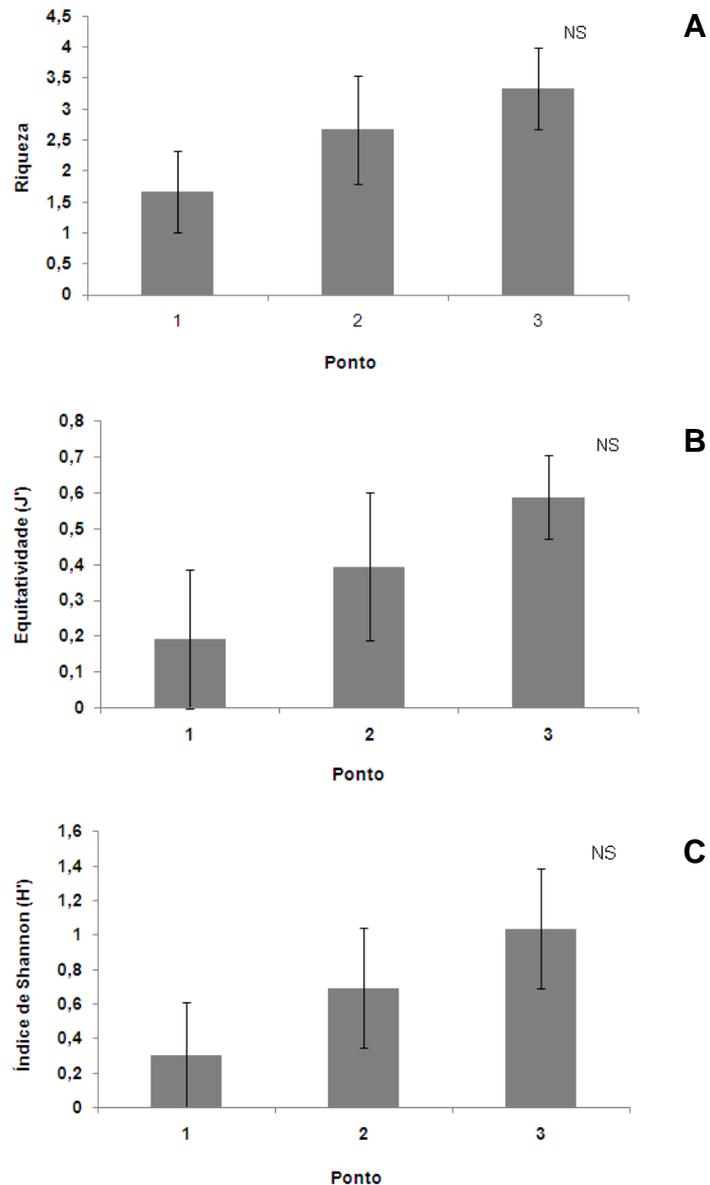


Fig.9: Média (\pm erro padrão) da (A) Riqueza (S); (B) Equitatividade (J') e; (C) Diversidade de Shannon-Winner (H') da área de estudo. NS = Diferenças não significativas entre os pontos (ANOVA).

O MDS (figura 10) foi feito para as réplicas dos pontos, sendo estas divididas em três grupos de similaridade (A, B, C). Esta análise sugere que R3 não possui semelhança com as outras réplicas (grupo A). R3 é a única réplica que possui apenas indivíduos do gênero *Ophiodromus*. R5 e R2 (grupo C) representaram outro grupo, pois estas duas réplicas apresentaram organismos apenas do gênero

Spiophanes. As demais réplicas (grupo B) representam um terceiro grupo devido a uma maior quantidade de táxons.

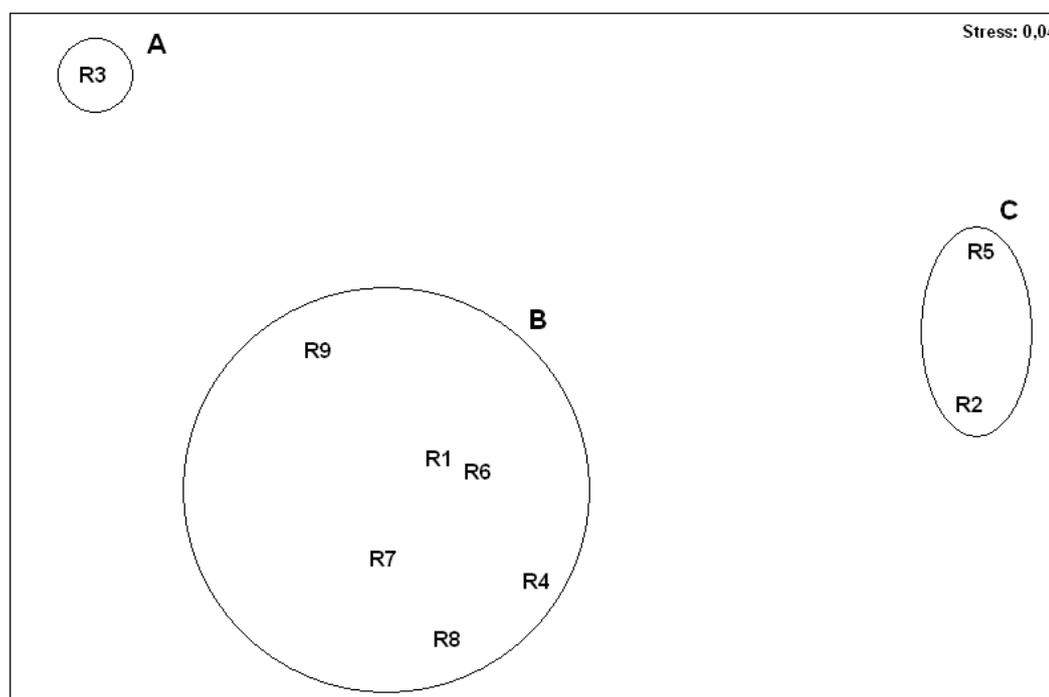


Fig.10: MDS de similaridade das 9 réplicas. Ponto 1 - R1, R2 e R3; Ponto 2 – R4, R5 e R6; Ponto 3 – R7, R8 e R9.

No ponto 1 (figura 11A), a curva “ABC” sugere uma dominância de organismos com alta biomassa, enquanto que no ponto 2 (figura 11B) observa-se o contrário. No primeiro ponto o gênero *Ophiodromus*, mais abundante, tem 66,7% de abundância cumulativa, enquanto representa 79,9% da biomassa total. A distância entre as duas curvas mostra um valor positivo.

No segundo ponto (figura 11B), o gráfico mostra que não há apenas um gênero dominante, e sim dois (*Ophiodromus* e *Spiophanes*), sendo que estes ainda mostram uma baixa biomassa. Neste ponto estes dois gêneros compõem a mesma abundância e juntos perfazem 89,2% da abundância total cumulativa, porém a biomassa total cumulativa dos dois é considerada baixa quando comparada à abundância, 78,1%. Ainda neste ponto um gênero de baixa abundância (menos de 2%), contribui com uma alta biomassa (15,3%). Valores negativos de W confirmam uma curva de biomassa abaixo da linha de abundância.

No ponto 3 (figura 11C), uma grande quantidade de organismos, pertencentes a dois morfotipos, *Ophiodromus* e *Spiophanes*, (88,9% da abundância total

cumulativa) mostra baixa biomassa (perfazem 81% da biomassa total cumulativa), mostrando a dominância de organismos pequenos. Outros gêneros podem ser considerados raros devido à baixa abundância e alta biomassa (juntos, três gêneros somam 11,1% da abundância total cumulativa e contribuem com 18,5% da biomassa total cumulativa). Neste ponto, antes das curvas se tocarem, a curva de biomassa se apresenta abaixo da curva de abundância, explicando assim valores de W negativos e bem perto do zero.

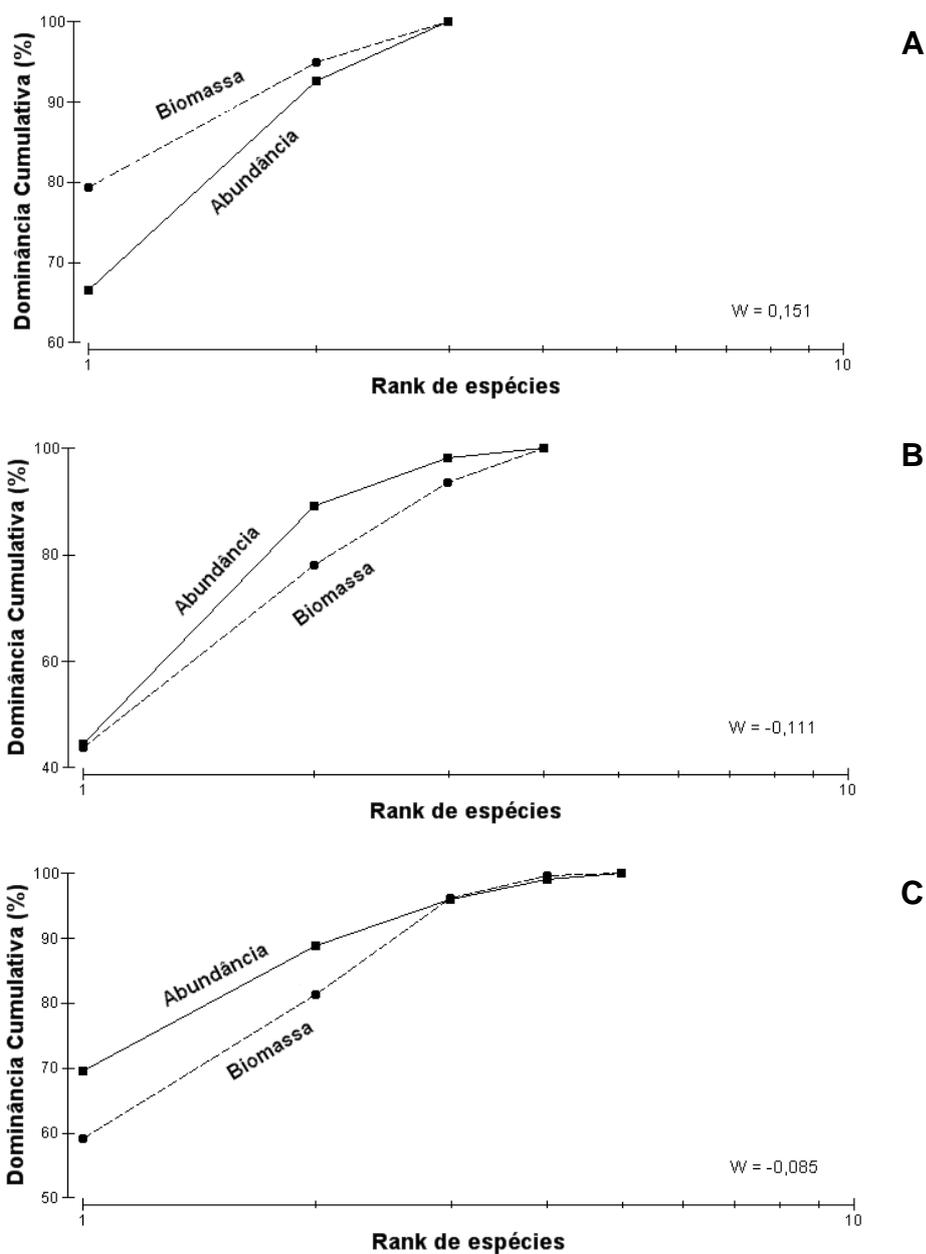


Fig.11: Curvas de comparação entre abundância e biomassa nos três pontos da área de estudo (gráficos “ABC”) e valores de W . (A) Ponto 1; (B) Ponto 2; (C) Ponto 3. A linha tracejada representa a curva de biomassa, e a linha lisa a curva de abundância.

A figura 12 apresenta os gráficos de riqueza x classes de abundância. A menor classe de abundância foi observada nos ponto 2 e 3 (classe VII – Spionidae 1 e Poliqueta 2, respectivamente) e a maior no ponto 3 (classe XIII - *Ophiodromus*). Levando-se em consideração que gêneros raros são aqueles com poucos organismos (baixa abundância) e gêneros dominantes aqueles que possuem uma grande quantidade de organismos (alta abundância), pode-se dizer que todos os pontos apresentaram táxons dominantes e não houve a presença de táxons raros. As três curvas mostraram tendência mais plana, evidenciando a presença dos diferentes gêneros em classes de abundância distintas, ou seja, existem gêneros mais dominantes que outros. O ponto 2 apresenta dois gêneros mais dominantes, *Ophiodromus* e *Spiophanes*.

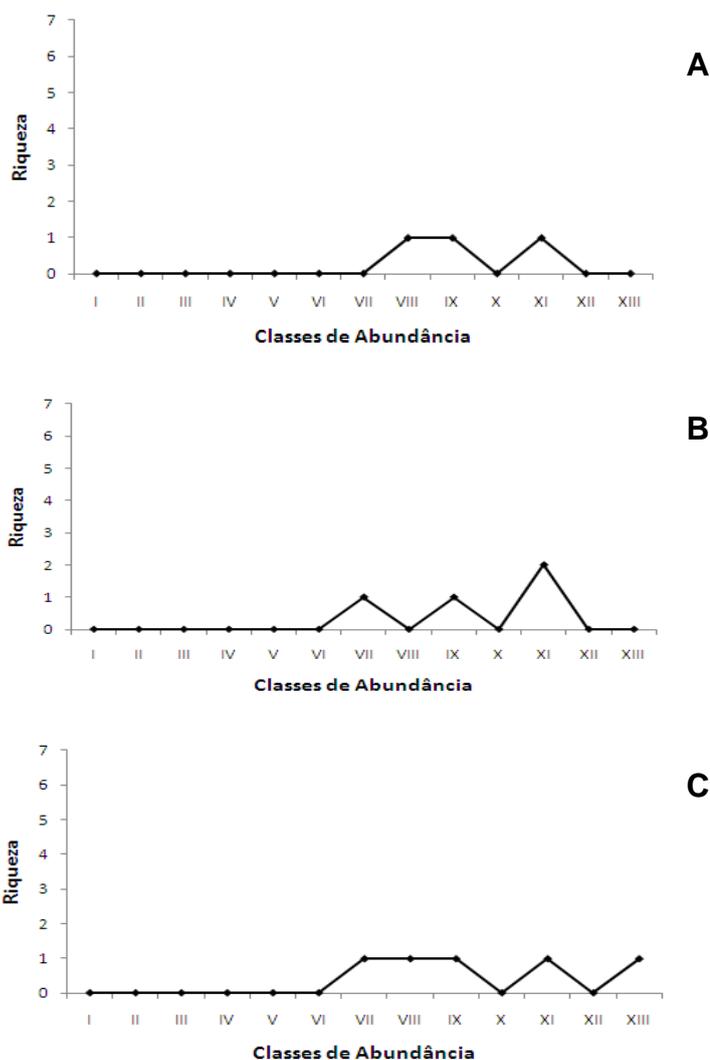


Fig.12: Curvas de comparação entre a riqueza e classes de abundância para a área de estudo. (A) Ponto 1; (B) Ponto 2; (C) Ponto 3. Intervalos de abundância (ind./m²) entre as classe: Classe I (C1) – 0<1; CII–2-3; CIII–4-7; CIV–8-15; CV–16-31; CVI–32-63; CVII–64-127; CVIII–128-255; CIX–256-511; CX–512-1023; CXI–1024-2047; CXII–2048-4095; CXIII–4096-8191.

Tab. 3: Táxons presentes nas classes de abundância dos pontos amostrados da área de estudo.

CLASSE DE ABUNDÂNCIA	TÁXON
PONTO 1	
VIII	<i>Capitella</i>
IX	<i>Spiophanes</i>
XI	<i>Ophiodromus</i>
PONTO 2	
VII	Spionidae 1
IX	<i>Capitella</i>
	<i>Ophiodromus</i>
XI	<i>Spiophanes</i>
PONTO 3	
VII	Poliqueta 2
VIII	Poliqueta 1
IX	<i>Capitella</i>
XI	<i>Spiophanes</i>
XIII	<i>Ophiodromus</i>

4. DISCUSSÃO

A distribuição espacial dos organismos macrobentônicos no estuário está altamente relacionada a fatores físico-químicos, biológicos e ambientais, além de interações que são geradas interespecificamente (MCLUSKY & ELLIOT, 2004). Sendo assim, fatores como salinidade, matéria orgânica e granulometria contribuem para variações nestas comunidades (PEARSON & ROSENBERG, 1978). O local estudado, no Canal da Passagem, Vitória, não apresentou diferenças significativas na distribuição de detritos entre os pontos, e a M.O. mostrou percentagens bem parecidas nos três pontos.

O aumento de estresse ambiental está geralmente relacionado à diminuição de três índices ecológicos principais; diversidade, equitatividade e riqueza, devido ao aumento da dominância de alguns poucos organismos (CLARKE & WARWICK, 1994). Porém, neste trabalho a avaliação de tais índices biológicos não foi um método eficiente para avaliação de estresse no local, pois tais índices não apresentaram diferenças significativas entre os pontos da área de estudo. No entanto, alguns trabalhos mostram que estes índices podem influenciar na estrutura da macrofauna bentônica e conseqüentemente inferir nível de estresse. NALESSO *et al* (2005) em um estudo no mesmo estuário, com amostragens espaço/temporal maiores mostrou que em áreas internas do estuário, mais impactadas, ocorre uma dominância numérica de organismos, como observada neste trabalho. MUNIZ & PIRES (2000) e Nalesso *et al* (2005), evidenciam que podem ocorrer grandes variações destes índices sazonalmente. A abundância de organismos, que interfere nestes índices, pode variar devido à periodicidade reprodutiva, de recrutamento, crescimento (TRUSH *et al*, 1996).

Os gráficos da curva “ABC” apresentaram respostas da macrofauna bentônica diferentes em cada ponto. Nos pontos 2 e 3 o W se apresentou negativo, ou seja, a curva de abundância acima da de biomassa evidenciou uma comunidade típica de ambientes perturbado, sendo que a junção das duas curvas no ponto 3 demonstra níveis menores de distúrbio. Já no ponto 1, organismos de maior biomassa e menos abundantes que nos outros pontos contribuíram para que a curva de biomassa ficasse acima da de abundância, apresentando W positivo e portanto, comunidade

típica de ambiente não impactado. Segundo WARWICK (1988) o ponto positivo deste método é a possível utilização de níveis taxonômicos maiores, porém assim como a utilização de índices ecológicos para avaliação de estresse, este método deve ser usado com cautela, pois também pode dar uma análise errônea, devido ao recrutamento de larvas ou até mesmo pela presença de alguns organismos móveis (BEUKEMA, 1988; CLARKE 1990). LARDICCI & ROSSI (1998) concluíram que o método de curva “ABC” não é totalmente confiável para detectar distúrbios nas comunidades bentônicas. A confiabilidade deste método para ambientes naturalmente ricos em matéria orgânica, como os manguezais, pode ser ainda menor, pois estes ambientes apresentam normalmente organismos com alta dominância e baixa biomassa (MCLUSKY & ELLIOT, 2004).

Os gráficos de riqueza x classes de abundância mostraram respostas da macrofauna bentônica bem parecida. Nos três pontos não houve a presença de classes baixas, de táxons raros, mas sim apresentaram classes grandes, evidenciando táxons dominantes, conseqüentemente, baixa competição. Isto então infere distúrbio para os três pontos. A tabela mostrando os táxons encontrados em cada ponto e os mais dominantes mostra organismos típicos de ambientes enriquecidos organicamente transitórios, devido à dominância de *Ophiodromus*, com leve tendência a poluídos, por causa da observação de *Capitella* (PEARSON & ROSENBERG, 1978). PEARSON *et al* (1983) afirma que este método é mais sensível à mudanças nos padrões de abundância da macrofauna bentônica que índices de diversidade.

Outros métodos também utilizam a fauna bentônica para avaliação ambiental como é o caso do AMBI (Borja *et al*, 2000) que tem como base a sensibilidade dos *taxas* identificados, porém dá uma avaliação de distúrbio apenas em relação ao teor de matéria orgânica. Análise canônica, por sua vez, pode mostrar a que parâmetro analisado os organismos estão respondendo.

Além da distribuição de detritos, a análise de variância também não verificou diferenças significativas entre os pontos para os índices ecológicos e biomassa, sugerindo uma comunidade heterogênea. A observação do MDS (análise multivariada) ajuda nesta compreensão, pois mostra que os pontos são tão diferentes entre as réplicas quanto entre os pontos, mostrando tendências espaciais mistas. Logo, leves tendências de pontos impactados apresentadas anteriormente

por meio dos métodos de avaliação de estresse podem estar mostrando apenas o que está acontecendo naquele determinado ponto e, portanto, não pode inferir um padrão da modificação da estrutura da comunidade bentônica da região. Isto pode indicar que como no Canal de São Sebastião estudado por MUNIZ & PIRES (2000) o tipo de sedimento pode ser a principal variável que determina a distribuição de espécies de poliquetas no local. Isto pode ser evidenciado, por exemplo, pela ocorrência de um spionideo de alta biomassa no ponto 2, ponto com maior percentagem de areia.

Respostas da comunidade bentônica aos métodos de avaliação de distúrbios, principalmente ao de curvas “ABC”, que mostrou grandes diferenças entre os pontos, podem estar associadas a fatores naturais como hidrodinamismo do estuário, granulometria dos pontos amostrados e não a alterações antrópicas. Para melhor observação de respostas da macrofauna bentônica quanto aos índices ecológicos, riqueza, diversidade e equitatividade, são necessárias amostragens espaço temporais maiores, pois mudanças nestes índices podem estar ligadas não somente a impactos, mas também por características dos próprios organismos. Além disto. Além disto, CONNELL (1978) discute que aumento no índice de diversidade pode estar associado ao aumento de estresse e não à diminuição.

Por fim, os resultados mostram os métodos de curva “ABC” e de classes de abundância são válidos, pois mostraram respostas da comunidade macrobentônica. Porém para uma melhor classificação do local, quanto a distúrbios, o esforço amostral deve ser maior espaço-temporalmente, com utilização de ponto controle, se possível, e utilização, conjuntamente, de um maior número de métodos possível. Além disto, para inferir a qual fator está influenciando a estrutura da comunidade bentônica se faz necessário a averiguação de um maior número de parâmetros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A.C.Z.& NONATO, E.F.. **Annelida Polychaeta: características, glossário e chave para famílias e gêneros da costa brasileira**. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1996.
- BEUKEMA, J. J., 1988. **An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea**. *Marine Biology*, 99: 425-433.
- BORJA, A.; FRANCO, J.; PÉREZ, V., 2000. **A Marine Biotic Index to establish the the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments**. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 1100-1114.
- CAEIRO, S.; COSTA M.H.; GOOVAERTS, P.; MARTINS, F., 2005. **Benthic biotope index for classifying habitats in the Sado estuary: Portugal**. *Marine Environ. Research*, 60: 570-593.
- CLARKE, K. R., 1990. **Comparisons of dominance curves**. *Marine Bioggy and Ecology*, 138: 143–157.
- CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M.. **Changes in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. Bournemouth: Plymouth Marine Laboratory, 1994.
- CONNEL, J. H., 1978. **Diversity in tropical rain forest and coral reefs**. *Science*, 199: 1302-1310.
- D'AGOSTINI, D.P. **Fácies Sedimentares Associadas ao Sistema Estuarino de Vitória (ES)**. 2005. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- DAY JR., J.W.; HALL, C.A.S.; KEMP, W.M.; YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. **Estuarine Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1989.
- DHN. **Tábua das marés**. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Marinha do Brasil. Disponível em: < <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>>.
- DIEGUES, A.C.S.. **Ecologia humana e planejamento costeiro**. 2 ed. São Paulo: NUPAUB-USP, 2001.

FEMAR. **Catálogo de estações maregráficas brasileiras**. Fundação de Estudos do Mar. Rio de Janeiro. 2000.

GIERE O.. **Meiobenthology: The Microscopic Motile Fauna in Aquatic Sediments**. 2 ed. Berlim : Springer-Verlag, 2009.

GODINHO, E. **Variação Morfológica Superficial de um Trecho de Manguezal na Baía de Vitória**. 2009. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

GRAY, J.S.; ELLIOT, M.. **Ecology of Marine Sediments: From Science to Management**. 2 ed. New York: Oxford University Press, 2009.

GRAY, J.S.; PEARSON, T.H., 1982. **Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 1. Comparative methodology**. Marine Ecology – Progress Serie. 9: 111-119.

JESUS, H.C.; COSTA, E.A.; MENDONÇA, A.S.F.; ZANDONADE, E., 2004. **Distribuição de Metais Pesados em Sedimentos do Sistema Estuarino da Ilha de Vitória-ES**. Química Nova, 27: 378-386.

JOLY, C.A.; BICUDO, C.E.M.. **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX, 3: invertebrados marinhos**. São Paulo: FAPESP, 1999. 310p.

LARDICCI, C.; ROSSI, F., 1998. **Detection of stress on macrozoobenthos: Evaluation of some methods in a coastal mediterranean lagoon**. Marine Environ. Research, 45: 367–386.

LITTLE, C.. **The biology of soft shores and estuaries**. New York: Oxford University Press, 2000.

MACIEL, M.A. **Modelagem do padrão de escoamento no Canal da Passagem (Vitória, ES)**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

MANN, K.H.. **Ecology of Coastal Waters: With Implications for Management**. 2 ed. Massachusetts: BlackwellScience, 2000.

McLUSKY, D.S.; ELLIOT, M. **The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management**. 3 ed. New York: Oxford University Press, 2004.

- MUNIZ, P.; PIRES, A.M.S., 2000. **Polychaeta Associations in a Subtropical Environment (São Sebastião Channel, Brazil): A Structural Analysis**. *Marine Ecology*, 21 (2): 145-160.
- NALESSO, R.C.; JOYEUX, J.C.; QUINTANA, C.O.; TOREZANI, E.; OTEGUI, A.C.P., 2005. **Soft-bottom macrobenthic communities of the Vitoria Bay Estuarine System, South-Eastern Brazil**. *Brazilian Journal of Oceanography*, 53 (1/2): 23-38.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 1989.
- PEARSON, T.H.; ROSENBERG, R., 1978. **Macrobenthic Sucession in Relation to Organic Enrichment and Pollution of the Marine Environment**. *Oceanography and Marine Biology: Annual Review*, 16: 229-311.
- POWER, E. A.; CHAPMAN, P.M. Assessing sediment quality. In: BURTON JR., G.A. **Sediment Toxicity Assessment**. Boca Raton: CRC Press, 1992. p.1-18.
- SOARES-GOMES, A.; PITOMBO, F.; PAIVA, P.C. Bentos de Sedimentos não Consolidados. In: PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. 2 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 319-337.
- THRUSH, S. F., HEWITT, J. F., PRIDMORE, R. D. AND CUMMINGS, V. J., 1996. **Adult-juvenile interactions of infaunal bivalves: contrasting outcomes in different habitats**. *Marine Ecology Progress Serie*, 132: 83–92.
- WARWICK, R. M., 1988. **The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities**. *Marine Pollution Bulletin*, 19: 259-268.
- WARWICK, R.M., 1986. **A New Method for Detecting Pollution Effects on Marine Macrobenthic Communities**. *Marine Biology*, 92: 557-562.
- ZAR, J. H.. **Biostatistical analysis**. 4 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.