

## MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DE ECOSISTEMAS ESTUARINOS

Iara Maria Santos Ribeiro<sup>1</sup>, Luana Silveira Araújo<sup>1</sup>, Caio Felipe Lima de Oliveira<sup>1</sup>, Joseline Molozzi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduação em Ciências Biológicas – Universidade Estadual da Paraíba; [iaramaria2.im50@gmail.com](mailto:iaramaria2.im50@gmail.com);  
[luanaasilveira2@gmail.com](mailto:luanaasilveira2@gmail.com); [oliveiracaiof1@gmail.com](mailto:oliveiracaiof1@gmail.com)

<sup>2</sup>Departamento de Biologia; Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação; Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia Ambiental - Universidade Estadual da Paraíba; [jmolozzi@gmail.com](mailto:jmolozzi@gmail.com)

### RESUMO

Os estuários são ecossistemas costeiros formados a partir do encontro água doce dos rios com a água salgada do mar e por constituírem zonas de transição são ambientes dinâmicos que apresentam uma alta diversidade. Apesar de sua importância ecológica os estuários sofrem ação das atividades antrópicas locais que afetam negativamente os ecossistemas e essas mudanças alteram o equilíbrio ecológico do ecossistema. Como forma de avaliar a qualidade ambiental dos estuários as comunidades de macroinvertebrados são frequentemente utilizadas em estudos ou programas de biomonitoramento. O objetivo deste estudo foi avaliar a saúde dos estuários tropicais utilizando os macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. O estudo foi realizado em dois estuários (Paraíba e Mamanguape-PB) onde cada um foi dividido em quatro zonas distintas sendo zona I montante, Zonas II e III intermediárias e zona IV jusante. Em cada zona foram definidos três pontos de coleta com três réplicas cada. Para cada ponto foram avaliadas as variáveis ambientais e biológicas. Os resultados do presente estudo mostram que houve diferenças significativas para abundância de organismos entre os dois estuários e as zonas, existindo diferenças significativas em relação as variáveis ambientais. Os parâmetros ambientais para indicação de qualidade ambiental dos estuários apresentaram maiores valores: pH (- 0,027), Clorofila (0,597), Salinidade (- 0,520) e TDS (-0,423). Essas variáveis ambientais influenciaram na abundância das espécies. Em geral, ambos os estuários analisados apresentaram altos valores de nutrientes. Em ambos os estuários e na maioria das zonas foram encontrados uma maior abundância do gênero *Laeonereis* pertencente à família *Nereididae*, que são indicadores de ambientes impactados.

**Palavras-chave:** ecossistemas tropicais, abundância, fauna bentônica, biomonitoramento.

## 1. INTRODUÇÃO

Os estuários são ecossistemas costeiros formados a partir do encontro água doce dos rios com a água salgada do mar (DAY ET AL., 2012). Por constituírem zonas de transição, os estuários são ambientes dinâmicos que apresentam uma alta diversidade sendo considerados como ecossistemas biologicamente produtivos (KENNISH, 2002). Além disso, os ecossistemas estuarinos desempenham um papel importante na ciclagem de nutrientes e na decomposição da matéria orgânica (ELLIOTT; MCLUSKY, 2002, POTTER ET AL., 2015).

Apesar de sua importância ecológica os estuários sofrem ação das atividades antrópicas locais que afetam negativamente os ecossistemas e essas mudanças alteram o equilíbrio ecológico do ecossistema (ROSENBERG ET AL., 2004). As principais atividades antrópicas desenvolvidas em torno dos estuários são as atividades industriais, pesca o despejo de esgotos e resíduos sólidos que provoca a entrada de metais pesados, contaminando o ambiente (ARMENTEROS ET AL., 2016).

Como forma de avaliar a qualidade ambiental dos estuários as comunidades de macroinvertebrados são frequentemente utilizadas em estudos ou programas de biomonitoramento, com o intuito de avaliar os impactos causados pela ação antrópica e encontrar soluções para reverter esse quadro (SALAS ET AL., 2006). Os macroinvertebrados são considerados excelentes bioindicadores, pois esses organismos estão associados ao sedimento, possui uma locomoção lenta, ciclo de vida curto e modos de alimentação diferenciados (SALAS ET AL., 2006; WARWICK, 1993). Além disso, esses organismos respondem de forma previsível a distúrbios naturais e antropogênicos (VENTURINI ET AL., 2004).

A comunidade de macroinvertebrados é composta principalmente por polychaetas e moluscos (TWEEDLEY ET AL., 2012). A estrutura da comunidade é alterada em resposta aos distúrbios antropogênicos, como por exemplo, o despejo de resíduos que altera as condições do ambiente (PRAT ET AL., 2009). O uso de macroinvertebrados bentônicos para avaliação dos ecossistemas estuarinos passou a ser relevante nas últimas décadas, pois estes organismos podem refletir os impactos causados no ambiente, por serem tolerantes ou sensíveis, apresentando características específicas que facilita o estudo sobre o estado dos ecossistemas. Neste contexto, o presente estudo objetivou a avaliação ambiental de estuários tropicais utilizando a fauna bentônica.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em dois estuários localizados no estado da Paraíba/Brasil. O estuário do rio Paraíba ( $6^{\circ}54'14''S$ ;  $34^{\circ}58'16''O$ ), possui 22 km de comprimento e acaba por sofrer bastante impacto devido as plantações de cana-de-açúcar, atividades de canicultura, além de apresentar intensa ocupação humana nas suas margens (VAN DER LINDEN ET AL., 2017). O estuário do rio Mamanguape ( $6^{\circ}43'02''S$ ;  $34^{\circ}54'04''O$ ) possui aproximadamente 25 km de comprimento e está localizado em uma Área de Proteção Ambiental- APA da Barra de Mamanguape. A região possui a maior área de mangue do estado da Paraíba, embora tenha sido observada a retirada da vegetação para extração da madeira por ribeirinhos, além de plantações de cana de açúcar e atividades de carnicultura (ROCHA ET AL., 2008). O clima da região é do tipo As de acordo com a classificação de Köppen-Geiger com temperaturas variando entre 25 e 30°C (ALVARES ET AL., 2013).

### 2.2 Coleta de material e desenho amostral

A coleta de material é feita no decorrer das quatro zonas de todo o gradiente. Sendo elas: sendo zona I montante, Zonas II e III intermediárias e zona IV jusante. Em cada zona foram definidos três pontos de coleta com três réplicas cada. A amostragem foi realizada em Julho de 2014.

### 2.3 Parâmetros físico e químicos

Em cada um dos pontos de coleta foram mesurados *in situ* os seguintes parâmetros pH, oxigênio dissolvido (mg/L), e sólidos totais dissolvidos (STD g/L), temperatura (°C) todos utilizando sonda multi-analisadora (Horiba/ U-50). E a salinidade foi utilizando o salinometro modelo SR1. Para análises químicas, um litro de água foi coletada na sub superfície, em laboratório foram determinadas as concentrações de íon amônio (N-NH<sub>3</sub>- µg/L), nitrato (N-NO<sub>3</sub>- µg/L) e nitrito (N-NO<sub>2</sub>- µg/L) de acordo com “Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater” (APHA, 2005) e fósforo total (PT µg/L) (Strickland; Parsons, 1972). A concentração da clorofila-*a* (Chlo-*a* µg/L) foi estimada pela extração em acetona 90%, de acordo com Lorenzen (1967).

#### 2.4 Comunidade de macroinvertebrados

Para coleta da comunidade de macroinvertebrados foi usada a draga de Van Veen (área 477 cm<sup>2</sup>), posteriormente utilizaram-se duas malhas, uma de 1,0 mm e outra de 500 mm para que o material fosse lavado, e preservados em álcool a 70%. A identificação dos organismos foi feita até nível de gênero, utilizando estereomicroscópio, microscópio e a chave de identificação morfológica especializada de poliquetas foram (AMARAL; NONATO, 1996; AMARAL et al., 2006) e para os moluscos (MIKKELSEN; BIELER, 2008; RIOS, 1985; TUNNELL et al., 2010).

#### 2.5 Análises de dados

Para analisar as diferenças significativas na composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e os fatores ambientais entre as zonas dos estuários ao longo do gradiente salinos, foi realizada uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA). As análises foram desenvolvidas com nível de significância em  $\alpha \leq 0,05$  e testes com 9999 permutações. Nos dados ambientais ocorreu a transformação em  $\log x+1$  e distância euclidiana e para os dados biológicos utilizou-se raiz quadrada e similaridade de Bray-Curtis. Para verificar quais organismos tiveram uma maior representatividade, foi feita uma SIMPER (SIMILARITY PERCENTAGE), A SIMPER utiliza uma matriz de similaridade Bray-Curtis para calcular a dissimilaridade média entre todos os pares de amostras intergrupos (CLARKE; WARWICK, 2001). A “Distance-based redundancy analysis” (dbRDA) foi utilizada para avaliar a distribuição dos dados biológico e sua correlação com as variáveis ambientais. Todas as análises foram feitas utilizando o software PRIMER + PERMANOVA 6.0 (2006).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estuário do rio Paraíba apresentou concentrações mais elevadas de nutrientes quando comparado com o estuário do rio Mamanguape, (Paraíba: Amônia, 392,16 µg/L e Clorofila 44,19 µg/L – Mamanguape: Amônia, 247,16 µg/L e Clorofila, 5,24 µg/L) (Tabela 1). Os valores obtidos para a PERMANOVA aplicada aos dados ambientais apresentaram diferenças significativas tanto para as zonas (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,26} = 12,418$ ;  $p =$

0,0001) como entre os estuários (PERMANOVA : Pseudo –  $F_{1,26} = 31,128$ ;  $p = 0,0001$ ). As atividades desenvolvidas no entorno dos estuários atrelado com o despejo de resíduos provenientes de fins urbanos, descarregam quantidades elevadas de componentes orgânicos, interferindo nas condições ambientais do corpo hídrico. Neste contexto, observou-se que o estuário Paraíba apresentou maiores concentrações de parâmetros indicadores de impacto quando comparado ao estuário do rio Mamanguape. Estudos desenvolvidos no mesmo ambiente por Nóbrega et.al (2016) , mostraram resultados semelhantes, indicando a perda da qualidade da água nos estuários.

	Paraíba				Mamanguape			
	ZI	ZII	ZIII	ZIV	ZI	ZII	ZIII	ZIV
Turbidez (NTU)	74,7 ± 9,02	68,86 ± 12,42	24,23 ± 5,54	45,3 ± 8,48	42,86 ± 23,26	61,65 ± 22,44	101,73 ± 23,74	93,0 ± 22,41
TDS (g/L)	06,27 ± 02,21	9,26 ± 4,63	20,5 ± 0,62	31,48 ± 0,71	15,23 ± 1,00	20,2 ± 1,31	27,76 ± 0,58	33,03 ± 0,11
Nitrito (µg/L)	70,74 ± 53,56	158,14 ± 107,24	354,07 ± 0,64	36,11 ± 16,94	1,11 ± 0	2,96 ± 1,69	6,66 ± 1,92	12,96 ± 15,72
Nitrato (µg/L)	26,64 ± 10,53	43,04 ± 34,40	239,97 ± 380,44	29,36 ± 24,93	6,74 ± 1,09	6,74 ± 5,07	8,49 ± 6,59	39,17 ± 27,53
Amônia (µg/L)	392,16 ± 106,92	17447,16 ± 1402,15	3545,5 ± 67,63	368,83 ± 150,96	247,16 ± 71,47	253,83 ± 25,16	10,71 ± 313,83	27,14 ± 408,83
Fósforo total (µg/L)	434,44 ± 270,17	668,88 ± 25,23	710 ± 18,55	153,89 ± 21,43	284,44 ± 284,84	113,33 ± 11,54	131,11 ± 10,71	115,55 ± 27,14
Clorofila (µg/L)	44,19 ± 18,71	18,27 ± 15,28	4,49 ± 1,18	1,27 ± 1,04	5,24 ± 4,02	2,99 ± 0,26	2,54 ± 0,68	2,69 ± 0,01
Salinidade	5,73 ± 2,20	8,73 ± 4,69	21,06 ± 0,68	34,56 ± 0,90	14,93 ± 1,10	20,66 ± 1,46	24,46 ± 0,68	36,53 ± 0,11
Temperatura (°C)	0,08 ± 29,15	0,24 ± 29,37	0,23 ± 29,17	0,17 ± 28,17	0,05 ± 28,10	0,01 ± 27,98	0,15 ± 29,05	0,09 ± 28,54
pH	8,45 ± 0,03	0,11 ± 8,45	8,41 ± 0,04	8,95 ± 0,07	8,49 ± 0,07	0,53 ± 0,07	8,83 ± 0,05	9,39 ± 0,11

Tabela. Variáveis físicas e químicas dos estuários Mamanguape e Paraíba amostrados no período de junho de 2014

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi representada por 4.942 indivíduos, sendo 2.332 polychaeta e 190 moluscos no estuário Paraíba e 2.340 polychaeta e 80 moluscos no estuário Mamanguape. Foram identificados 52 gêneros. A SIMPER indicou que os gêneros de maior contribuição entre as zonas foram: Zona I *Laenoreis* (91,22%) o mesmo gênero apresentou maior contribuição na Zona II (70,75%); Zona III *Anomalocardia* (40,63%), *Scoloplos* (14,93%), *Laeonereis* (7,95%); Zona IV *Glycinde* (18,02%), *Lumbrineris*(13,82). A análise mostrou a existência de diferenças significativas para a abundância de organismos entre os estuários (PERMANOVA : Pseudo –  $F_{1,26} = 1,253$ ,  $p = 0,0001$ ) e as zonas (PERMANOVA : Pseudo –  $F_{1,26} = 5,099$ ,  $p = 0,0001$ ) mostrando diferenciação significativa da distribuição dos organismos das zonas dos estuários.

Em ambos os estuários e na maioria das zonas foram encontrados uma maior representação do gênero *Laeonereis*, como observado pela SIMPER. Este, pertencendo á família *Nereididae* apresentam um alto índice de reprodução anual com estratégias de vida diferentes, pois estes organismos estão sujeitos a mudanças sazonais na temperatura e na

disponibilidade de alimento o que pode influenciar no seu crescimento e desenvolvimento ao longo de sua vida útil (MARTIN et al 2006). Além disso, essa família possui características que torna possível sua persistência em certas zonas, com enriquecimento orgânico considerável e os baixos graus de salinidade (PEARSON; ROSENBERG, 1978), como observado em nosso estudo.

A maior representatividade do gênero *Anomalocardia* na zona III como observado na SIMPER, pode estar relacionado à variedade de habitats em que eles se encontram e a facilidade que esses organismos têm de se adaptar ao ambiente em que vive, além disso, a abundância desses organismos pode ser influenciada por fatores abióticos como temperatura e salinidade (BARREIRA; ARAÚJO 2005). Além disso, esse gênero possui uma resistência a fatores físicos e químicos, como exemplo, a deficiência do oxigênio dissolvido e a presença do sulfeto de hidrogênio (THEEDE, 1973).

O primeiro e o segundo eixos da dbRDA apresentou explicação de 68,5% da relação dos os dados biológicos e os parâmetros ambientais, sendo as variáveis que apresentaram maior correlação: Clorofila (0,597), Salinidade (- 0,520) e TDS (-0,423) (Figura 1).

As variáveis ambientais influenciam na distribuição dos organismos, abundâncias mais elevadas da fauna bentônica podem estar relacionadas á características dos estuários, por exemplo a vegetação do seu entorno e a influência das ondas diferentes nas áreas superiores e inferiores, influenciando no estabelecimento e desenvolvimento das espécies (COSTA;MOLOZZI et al.,2015).

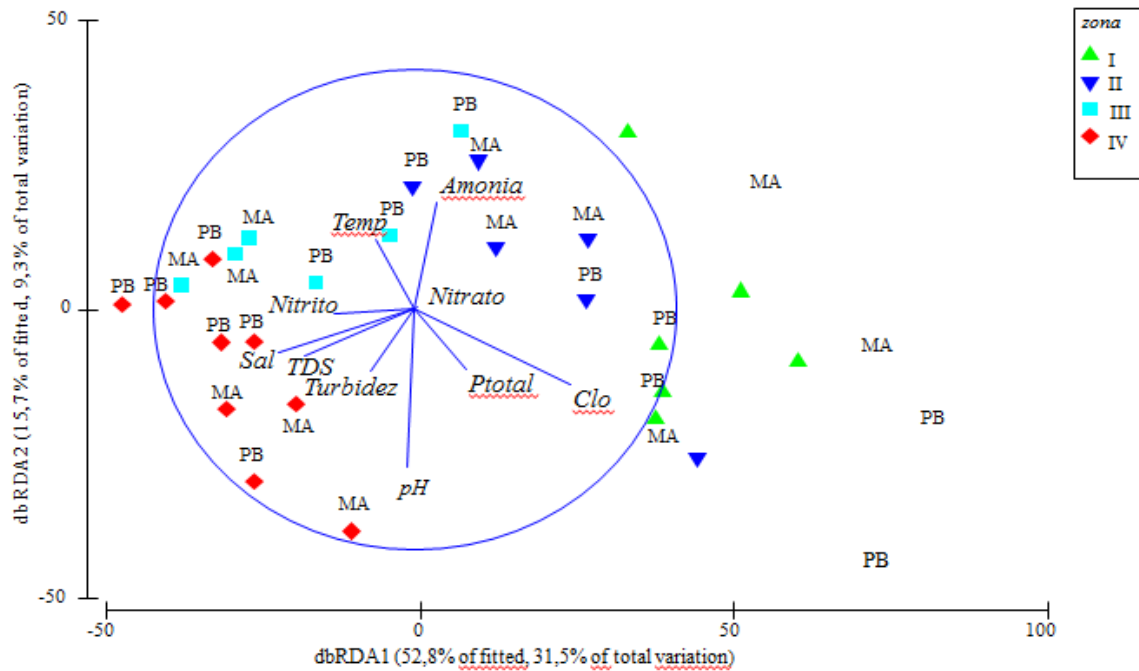


Figura 1. Representatividade das variáveis em função das zonas dos estuários Paraíba (PB) e Mamanguape (MA) a partir da dRDA.

#### 4. CONCLUSÃO

Os macroinvertebrados são importantes ferramentas de indicância para condições ambientais de um corpo hídrico, apresentando informações que podem ser utilizadas em métodos de avaliação e preservação de ambientes aquáticos, que atrelados a fatores físicos e químicos, fornecem uma resposta segura sobre os ecossistemas.

#### AGRADECIMENTOS

O estudo foi financiado pelo Projeto No. 173 / 2012 "Que lições retirar do funcionamento ecológico em sistemas estuarinos da Paraíba? " [O que podemos aprender sobre o funcionamento dos sistemas estuarinos no estado da Paraíba? Uma análise do efeito de distúrbios naturais e antropogênicos] no âmbito do programa brasileiro Science Without Borders (Special Visiting Researcher). Agradecemos ao projeto CNPq pelo financiamento do presente estudo através do projeto do pesquisador visitante especial (PVE). E também agradecemos em especial ao laboratório de Ecologia de Bentos pelo auxílio no trabalho de campo e laboratório.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G., LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728, 2013.
- APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2005.
- APHA, A.; WEF, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. American Public Health Association. Washington, DC. Part, 21.
- BARREIRA, C. A., & ARAÚJO, M. L. (2005). Reproductive cycle of *anomalocardia brasiliana* (gmelin, 1791), (mollusca, bivalvia, veneridae) at canto da barra beach, fortim, ceará, brazil. *B. Inst. Pesca, São Paulo*, 31(1), 9-20.
- CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*. v. 216, p.265–278, 2001.
- CLARKE, K. R.; Warwick, M. R. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation* (2nd ed.). Plymouth: Primer-e Ltd, Plymouth Marine Laboratory 144, 2001.
- COSTA, R. S.; MOLOZZI, J.; HEPP, L. U.; COSTA, D. F. S.; SILVA, P. R. N.; ROCHA, R, M.; BARBOSA, J. E. L. Influence of ecological filters on phytoplankton communities in semi-arid solar saltern environments. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 27(1), 39-50, 2015.
- Elliott, M., McLusky, D.S., 2002. The need for definitions in understanding estuaries. *Estuar. Coast. Shelf S* 55, 815 e 827.
- KENNISH, M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, v. 29, p. 78-107, 2002.
- MARTIN, J. P., & BASTIDA, R. (2006). Population structure, growth and production of *Laeonereis culveri* (Nereididae: Polychaeta) in tidal flats of Río de la Plata estuary, Argentina. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 235-244.



MIKKELSEN, P. M.; BIELER, R. Seashells of southern Florida: living marine mollusks of the Florida Keys and adjacent regions, Bivalves. Princeton (Princeton): University Press, 2008.

NÓBREGA, C. S.; PATRÍCIO, J.; MARQUES, J. C.; OLÍMPIO, M. S.; FARIAS, J. N. B.; MOLOZZI, J. IS Polychaeta family- level sufficient to assess impact on tropical estuarine gradients?. Elsevier, v 77, p 50-58, 2016.

PEARSON, T.H., ROSENBERG, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution in the marine environment. *Oceanogr Mar Biol. Annu. Rev.* 16, 229e311.

POTTER, I.C., TWEEDLEY, J.R., ELLIOTT, M., WHITFIELD, A.K., 2015. The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish Fish.* 16, 230e239.

PRAT, N.; RÍOS, B.; ACOSTA, R.; RIERADEVALL, M. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos : Sistemática y biología.* Argentina: Fundación Miguel Lillo, 2009. p.631-654.

RIOS, E. C. Seashells of Brazil. In *seashells of Brazil.* Museu Oceanográfico da Fundação Universidade do Rio Grande, 1985.

ROCHA, M. S. P.; MOURÃO, J. S.; SOUTO, W. M. S.; BARBOZA, R. R. D.; ALVES, R. R. N. Use of fishing resources in the Mamanguape river estuary, Paraíba state, Brazil. *Interciencia,* v.33, p. 903-909, 2008.

ROSENBERG, R., BLOMQUIST, M., NILSSON, H.C., CEDERWALL, H., DIMMING, A., 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* 49, 728e739.

SALAS, F., MARCOS, C., NETO, J.M., PATRÍCIO, J., PEREZ-RUZAFÁ, A., MARQUES, J.C., 2006. Userfriendly guide for using benthic ecological indicators in coastal and marine quality assessment. *Ocean. Coast. Manage* 49, 308e331.

THEEDE, H. (1973). Comparative studies on the influence of oxygen deficiency and hydrogen sulphide on marine bottom invertebrates. *Netherlands Journal of Sea Research,* 244-

252.

TUNNELL JR, J.W. et al. Encyclopedia of Texas Seashells: Identification, Ecology, Distribution, and History. Texas: A&M University Press, 2010.

VAN DER LINDEN, P.; MARCHINI, A.; SMITH, C. J.; DOLBETH, M.; SIMONE, L. R. L.; MARQUES, J. C.; PATRÍCIO, J. Functional changes in polychaete and mollusc communities in two tropical estuaries. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v.17, p. 23- 51, 2016.

WARWICK, R. M., & K. R. CLARKE, K. R. (1993). Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. Marine Biology 118, 739-744.