

# ZOOXANTELAS DOS HIDROCORAIS *Millepora alcicornis* E *Millepora braziliensis* E DOS CORAIS *Favia gravida* E *Siderastrea stellata* DE PERNAMBUCO.

Fernanda Duarte AMARAL<sup>1</sup>

Cristiane Francisca da COSTA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia/Área de Zoologia  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>2</sup> Bolsista do PIBIC/CNPq (UFRPE)

## RESUMO

Com o objetivo de estudar a morfologia, a densidade e o diâmetro das zooxantelas dos hidrocoraís *Millepora alcicornis* e *Millepora braziliensis* e dos corais *Favia gravida* e *Siderastrea stellata* de Pernambuco, foram coletadas 20 colônias de cada espécie de cnidários acima citada. Os hidrocoraís foram coletados nos recifes de Tamandaré e os corais em Gaibu (PE), com auxílio de martelo e escopro na profundidade de 0-4 m. Os exemplares foram devidamente acondicionados e levados para o Laboratório de Ambientes Recifais (L.A.R./UFRPE) da Área de Zoologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O tecido de cada colônia foi extraído com o auxílio do jato de compressão a ar ("Teledyne Water Pik") e depois homogeneizado. As zooxantelas (*Symbiodinium* sp.) foram estudadas e medidas em microscópio óptico com ocular micrométrica. Utilizou-se a câmara de Fuchs Rosenthal para determinar a densidade das zooxantelas. Todos os estágios do ciclo de vida de *Symbiodinium* sp. foram observados. *F. gravida* apresentou a maior densidade média de zooxantelas ( $17,47 \times 10^5/\text{cm}^2$ ) e *S. stellata* apresentou menor densidade de zooxantelas por  $\text{cm}^2$  ( $2,9 \times 10^5$ ). Em relação ao diâmetro das zooxantelas, o hidrocoral *M. braziliensis* apresentou a maior média (14,71  $\mu\text{m}$ ) e o coral *F. gravida*, a menor (11,18  $\mu\text{m}$ ). As colônias branqueadas de *S. stellata* apresentaram uma densidade média de zooxantelas menor do que a densidade média encontrada nas colônias sadias. É sugerido que o diâmetro e a densidade das zooxantelas de hidrocoraís e corais sadios, coletados na mesma profundidade e localidade, possam ajudar na sistemática destes cnidários.

**Palavras-chave:** Zooxantelas, *Symbiodinium*, *Millepora*, *Favia gravida*, *Siderastrea stellata*.

## ABSTRACT

**Zooxanthellae of the hydrocorals *Millepora Alcicornis* and *Millepora Braziliensis* and of the corals *Favia Gravida* and *Siderastrea Stellata* from Pernambuco.**

With the aim to study the morphology, the density and the diameter of the zooxanthellae of the hydrocorals *Millepora alcicornis* and *M. braziliensis* and of the corals *Favia gravida* and *Siderastrea stellata* from Pernambuco State, there were collected 20 colonies of each species of Cnidaria cited above. The hydrocorals were collected in the Tamandaré reefs (PE) and the corals were collected in the Gaibu reefs (PE) with the help of hammer and chisel at the depth of 0-4 m. The samples were properly aconditioned and were takes to the "Laboratório de Ambientes Recifais" of the "Área de Zoologia" of the "Universidade Federal Rural de Pernambuco". The tissue of each colony was extracted with the help of Teledyne Water Pik and then homogenized.

The zooxanthellae (*Symbiodinium* sp.) were studied and measured in optic microscope with micrometric lens. The Fuchs Rosenthal camera was used to determine the density of the zooxanthellae. All stages of the life cycle of *Symbiodinium* sp. were observed. *F. gravida* presented the highest mean density of the zooxanthellae per cm<sup>2</sup> ( $17,47 \times 10^5$ ) and the coral *S. stellata* presented the smallest mean density ( $2,9 \times 10^5/\text{cm}^2$ ). In relation to the diameter of the zooxanthellae, the hydrocoral *M. brasiliensis* presented the highest mean (14,71 µm) and the coral *F. gravida*, the smallest mean (11,18 µm). The bleached colonies of *S. stellata* presented a mean density of zooxanthellae smaller than the mean density found in the healthy colonies.

It is suggested that the diameter and the density of the zooxanthellae of healthy hydrocorals and corals, collected at the same depth and locality, may help the systematics of these cnidarians.

**Key words:** Zooxanthellae, *Symbiodinium*, *Millepora*, *Favia gravida*, *Siderastrea stellata*.

## INTRODUÇÃO

Devido à enorme importância das zooxantelas para os Cnidaria, especialmente para os corais, existe uma série de trabalhos sobre este assunto (Freudenthal, 1962; Schoenberg & Trench, 1976; Dustan, 1979; Muscatine *et al.* 1985; Davies, 1992; Carricart-Ganivet & Beltrán-Torres, 1993; Fitt *et al.* 1993; Fitt & Warner, 1995; Trench, 1997, etc.). Sabe-se que a taxa de crescimento dos Scleractinia depende da luz disponível e das zooxantelas (Dustan, 1979). Milleporidae, por possuirem zooxantelas em seus tecidos (Weerdt, 1981; Chamixaes & Amaral, 1995; Amaral & Chamixaes, 1996; Amaral, 1997; Amaral *et al.* 1997), devem também ter seu crescimento auxiliado pela fixação do carbonato de cálcio pelas mesmas.

Não se pretende identificar as espécies de zooxantelas, porque segundo Blank & Trench (1986) e Davies (1992), todas as zooxantelas hospedadas pelos corais devem ser referidas como *Symbiodinium* sp. e apenas as zooxantelas hospedadas pelas medusas *Cassiopeia frondosa* e *C. xamachana* devem ser referidas como *Symbiodinium microadriaticum*.

Os corais abrigam grande número de zooxantelas (algas simbiontes) dentro das suas células gastrodérmiticas; estas microalgas participam ativamente de reações que levam à formação e fixação do carbonato de cálcio nos esqueletos dos corais e hidrocorais, assim como participam do suplemento nutricional dos mesmos (Carricart-Ganivet & Beltrán-Torres, 1993; Dubinsky, 1996). Devido à presença das zooxantelas, os corais habitam preferencialmente águas rasas, bem iluminadas, com pouca turbidez e salinidade de 35‰, onde estas algas simbólicas possam realizar a fotossíntese, através da máxima absorção de luz solar (Vaughan & Wells, 1943). Ocupando praticamente todos os níveis da cadeia trófica, os corais são considerados consumidores primários, secundários e consumidores terciários, além de funcionarem como produtores primários, devido à presença das zooxantelas em seus tecidos (Porter, 1976). A perda das zooxantelas provoca sérios problemas para os corais tais como: redução da biomassa, redução da taxa de crescimento, redução da obtenção de carboidratos, lipídios, etc. (Fitt *et al.* 1993; Szmant & Gassman, 1990), causando assim um grande prejuízo ao ecossistema marinho. O conhecimento da relação funcional dos corais e hidrocorais com

suas zooxantelas é de grande importância para o entendimento da dependência destes com suas algas simbólicas (Fitt & Warner, 1995; Fitt *et al.* 1993).

Durante décadas, ecologistas tem observado que pequenas mudanças nos parâmetros físico-químicos do ambiente marinho podem, dramaticamente influenciar a estabilidade da relação simbótica coral-zooxantelas (Gates *et al.* 1992). Desde 1870, tem-se registrado a redução populacional das zooxantelas nos tecidos dos corais, a qual está intimamente relacionada ao fenômeno do branqueamento. Porém, a partir de 1979, os dados começaram a ser alarmantes, onde foram registrados 60 casos de branqueamento e a severidade destes casos atingiram índices maiores que 95% em algumas regiões (Glynn, 1993). A partir do aumento dos dados do branqueamento iniciaram-se as pesquisas das possíveis causas deste fenômeno, tais como: aquecimento global, aumento da temperatura superficial da água do mar, aumento do fluxo de irradiação UV, aumento da salinidade, poluição, entre outros (Brown, 1996; Glynn, *op cit.*; Goreau & Macfarlane, 1990; Jokiel & Coles, 1990). Muitos casos do branqueamento do coral têm sido atribuídos ao aumento da temperatura da água, porém, vários pesquisadores também têm relatado que este fenômeno pode ser causado pela redução brusca da temperatura (Gates *et al.* 1992).

O branqueamento pode resultar na perda do pigmento das zooxantelas ou no declínio da densidade populacional das mesmas (Szmant & Gassman, 1990; Buddemeier & Fautin, 1993).

No Brasil, o estudo da microflora (zooxantelas), associados aos hidrocorais foi iniciado por Chamixaes & Amaral (1995) e, posteriormente, por Amaral & Chamixaes (1996) e Amaral (1997) e, em relação aos corais Scleractinia, o estudo da densidade das zooxantelas começou com Costa & Amaral (1996, 1998) e Costa *et al.* (1997).

A possível especificidade entre cnidários e seus simbiontes tem sido estudada por diversos pesquisadores, contudo acredita-se que todas as zooxantelas dos corais pertençam ao gênero *Symbiodinium*, porém a identificação a nível de espécie ainda é motivo para elucidações (Trench, 1971; Shoenberg & Trench, 1976).

Alguns autores referem que um aumento na temperatura da água, antes de provocar a expulsão ou morte das zooxantelas, leva ao aumento do seu índice mitótico, ou seja, estas entram em divisão mitótica simultaneamente com o aumento da temperatura. Pesquisadores também referem que o índice mitótico e o diâmetro das zooxantelas variam significativamente entre diferentes espécies de hospedeiro e principalmente entre colônias branqueadas e não branqueadas (Billinghurst *et al.* 1996; Wilkerson *et al.* 1988).

A análise do diâmetro e da quantificação das zooxantelas poderá contribuir para explorar a profundidade do tecido do coral (Billinghurst *et al.* 1996), bem como para tentar caracterizar melhor as espécies de corais. Segundo Billinghurst (*op. cit.*), o diâmetro das zooxantelas varia significativamente entre diferentes espécies de hospedeiros; pois, corais de colônias e pólipos pequenos, alta proporção de cenossarco e tecido fino, hospedam zooxantelas de diâmetro pequeno, enquanto que corais de colônias e pólipos grandes, hospedam zooxantelas de diâmetro grande.

## MATERIAL E MÉTODO

### A) CAMPO:

Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE, Recife, 26(1): 123-133, 1998

Através de mergulho em apnéia, foram coletados, no período de janeiro de 1996 a julho de 1997, 20 exemplares de *Millepora alcicornis* e de *M. brasiliensis*, nos recifes da Praia de Tamandaré (PE) e coletaram-se ainda, durante o mesmo período, 20 exemplares de *Favia gravida* e dez de *Siderastrea stellata*, nos recifes da Praia de Gaibu (PE), nas profundidades entre 0-4 m. Dos dez exemplares coletados de *S. stellata*, três foram atingidos pelo fenômeno do branqueamento. Os exemplares foram coletados com o auxílio de martelo e ponteira, acondicionados em baldes com água do mar e levados para o Laboratório de Ambientes Recifais da Área de Zoologia da UFRPE, onde foi realizado o estudo com microscopia óptica e ocular micrométrica.

## B) LABORATÓRIO:

No Laboratório, os exemplares coletados foram mantidos em água do mar com aeração constante até que se finalizassem os estudos quali-quantitativos das zooxantelas. Através de raspagens de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> do tecido superficial dos hidrocórais e dos corais ou com o auxílio de um jato de compressão a ar "Water Pik", conseguiu-se extraír o tecido dos mesmos. Este tecido extraído foi homogeneizado através de maceração e diluído em 20 ml de água do mar. Com o homogeneizado, foram confeccionadas lâminas com o uso da câmara de Fuchs Rosenthal e observadas em microscópio óptico com ocular micrométrica. Foram realizadas medições do diâmetro das zooxantelas e a contagem das mesmas nos exemplares coletados. Foram medidos cerca de 150 zooxantelas dos corais *Favia gravida* e *Siderastrea stellata* e dos hidrocórais *Millepora alcicornis* e *M. brasiliensis*. Parte deste material foi fotografado em fotomicroscópio no Departamento de Genética da UFPE e no Departamento de Pesca da UFRPE.

Os testes de análise de variância univariada (ANOVA) foram realizados utilizando o Programa SAS, versão 6.12, com 5% de probabilidade.

## RESULTADOS

### A) DIÂMETRO DAS ZOOXANTELAS:

Foram observadas todas as etapas do ciclo de vida de *Symbiodinium sp.*, entre as quais, a célula vegetativa e o zoósporo (Freudenthal, 1962).

O diâmetro médio de *Symbiodinium sp.* (Fig. 1) em *M. alcicornis*, apresentou variação de 7,0 a 25,0 µm, com a média de  $12,5 \pm 3,46$  µm; em *M. brasiliensis*, a variação foi de 7,0 a 18,0 µm, com a média de  $14,7 \pm 2,98$  µm; em *F. gravida*, a variação foi de 5,2 a 18,3 µm, com média de  $11,2 \pm 1,61$  µm e em *S. stellata*, 5,24 a 15,72 µm, com média de  $12,27 \pm 1,6$  µm (Fig. 2).

Aplicando a análise de variância, observou-se diferença significativa (Tabela 1) entre os diâmetros médios das zooxantelas nas espécies de hidrocórais e corais que foram estudadas ( $p < 0,05$ ).

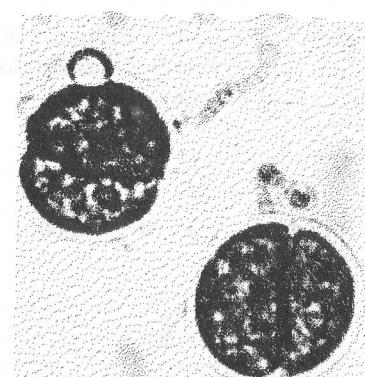


Figura 1. Fotografia da zooxantela *Symbiodinium sp.* de *Millepora alcicornis*.

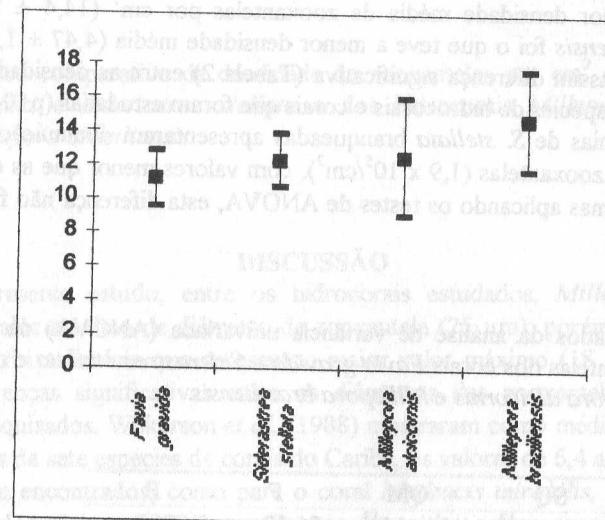


Figura 2. Gráfico comparativo do diâmetro médio de zooxantelas (µm) dos corais *Favia gravida* e *Siderastrea stellata* e dos hidrocórais *Millepora alcicornis* e *Millepora brasiliensis*.

Na presente estudo, entre os hidrocórais estudados, *Millepora alcicornis* apresentou maior diâmetro médio de zooxantela que os outros hidrocórais pesquisados.

O diâmetro das zooxantelas de *Millepora* do Trancoso, hidrocóral grande (Dr. Willian K. Pitt, comunicação pessoal), é maior que o diâmetro de *Millepora alcicornis* e de *M. brasiliensis* observado na presente pesquisa. No entanto, menor que o diâmetro das zooxantelas de *Favia gravida* e *Siderastrea stellata* (Freudenthal, 1962). Considerando que Blighmore et al. (1996) que realizaram a medida do diâmetro, basearam-se no diâmetro das polipos, inferem-se que as dimensões das zooxantelas, foram

Tabela 1. Resultados da análise de variância univariada (ANOVA) do diâmetro das zooxantelas dos corais *Favia gravida* e *Siderastrea stellata* e dos hidrocórais *Millepora alcicornis* e *Millepora brasiliensis*.

#### ANOVA

Fonte	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	3	413,35	137,78	45,69	0,0001
Erro	768	2316,05	3,02		
Total	771	2729,39			

#### B) DENSIDADE DAS ZOOXANTELAS:

Das quatro espécies estudadas, *F. gravida* apresentou a maior densidade média de zooxantelas ( $17,47 \pm 11,0 \times 10^5/\text{cm}^2$ ) e *S. stellata* apresentou menor densidade de zooxantelas por  $\text{cm}^2$  ( $2,9 \pm 1,13 \times 10^5$ ) e em relação aos hidrocórais, *M. alcicornis* apresentou a maior densidade média de zooxantelas por  $\text{cm}^2$  ( $14,4 \pm 8,41 \times 10^5$ ) e *Millepora brasiliensis* foi o que teve a menor densidade média ( $4,47 \pm 1,01 \times 10^5/\text{cm}^2$ ) (Fig. 3). Existiu assim diferença significativa (Tabela 2) entre as densidades médias das zooxantelas nas espécies de hidrocórais e corais que foram estudadas ( $p < 0,05$ ).

As colônias de *S. stellata* branqueadas apresentaram diminuição da densidade populacional das zooxantelas ( $1,9 \times 10^5/\text{cm}^2$ ), com valores menor que as colônias sadias ( $2,9 \times 10^5/\text{cm}^2$ ), mas aplicando os testes de ANOVA, esta diferença não foi significativa ( $p > 0,05$ ).

Tabela 2. Resultados da análise de variância univariada (ANOVA) da densidade das zooxantelas dos corais *Favia gravida* e *Siderastrea stellata* e dos hidrocórais *Millepora alcicornis* e *Millepora brasiliensis*.

#### ANOVA

Fonte	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	3	$4,63 \times 10^{13}$	$1,54 \times 10^{13}$	26,19	0,0001
Erro	84	$4,95 \times 10^{13}$	$5,89 \times 10^{11}$		
Total	87	$9,57 \times 10^{13}$			

Aplicando a análise de variância, observa-se diferença significativa (Tabela 2) entre as diferenças médias das zooxantelas nas espécies de hidrocórais e corais que foram estudadas ( $p < 0,05$ ).

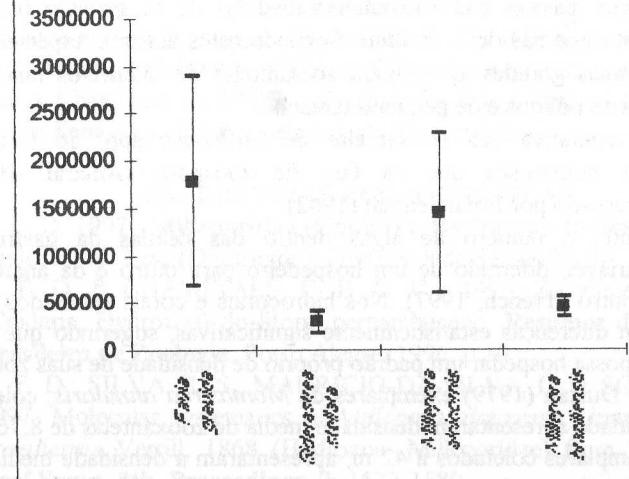


Figura 3. Gráfico comparativo da densidade de zooxantelas por  $\text{cm}^2$  dos corais *Favia gravida* e *Siderastrea stellata* e dos hidrocórais *Millepora alcicornis* e *Millepora brasiliensis*.

#### DISCUSSÃO

No presente estudo, entre os hidrocórais estudados, *Millepora alcicornis* apresentou o valor máximo de diâmetro de zooxantela (25  $\mu\text{m}$ ); porém entre os corais, *Favia gravida* foi a espécie que apresentou maior valor máximo (18  $\mu\text{m}$ ). Houveram, inclusive, diferenças significativas entre os diâmetros das zooxantelas dos corais e hidrocórais pesquisados. Wilkerson *et al.* (1988) mostraram como médias dos diâmetros das zooxantelas de sete espécies de corais do Caribe, os valores de 6,4 a 12,6  $\mu\text{m}$  (alguns extremos foram encontrados, como para o coral *Madracis mirabilis*, com as menores zooxantelas- valor mínimo de 4,6  $\mu\text{m}$  e *Porites astreoides*, com zooxantelas de diâmetro de 19  $\mu\text{m}$ ). Os referidos autores encontraram como diâmetro médio das zooxantelas dos corais o valor de 9,3  $\mu\text{m}$ . Comparando os dados do presente estudo com estes relatados por Wilkerson *et al.* (op. cit.), o diâmetro médio das zooxantelas dos hidrocórais de Pernambuco foi de aproximadamente 13,62  $\mu\text{m}$  e dos corais, 11,72  $\mu\text{m}$ , mostrando valores maiores que os citados pelos referidos autores.

Os diâmetros das zooxantelas de *Millepora* de Tamandaré (PE) foram considerados grandes (Dr. William K. Fitt, comunicação pessoal), visto que as espécies *Millepora alcicornis* e *M. brasiliensis* mostraram, na sua maioria, diâmetros médios superiores aos dos corais *Favia gravida* e *Siderastrea stellata* de Gaíbu (Amaral, 1997). Concordando com Billinghurst *et al.* (1996) que relatam que o tamanho da colônia, assim como o tamanho dos pólipos, influenciam nos diâmetros das zooxantelas, foram

encontrados valores maiores nas zooxantelas medidas de *F. gravida* (que apresenta pólipos maiores) do que nas de *S. stellata*. Segundo estes autores, espécies de grandes pólipos e de colônias grandes apresentam zooxantelas de diâmetros maiores do que espécies de pequenos pólipos e de pequeno tamanho.

A fase vegetativa das zooxantelas de *Millepora* spp. do Brasil mostrou cloroplastos mais numerosos que na fase de zoósporo (Amaral, 1997), como anteriormente observado por Freudenthal (1962).

Geralmente, o número de algas dentro das células da gastroderme dos celenterados é variável, diferindo de um hospedeiro para outro e da anatomia de um hospedeiro para outro (Trench, 1997). Nos hidrocerais e corais analisados no presente estudo, ocorreram diferenças estatisticamente significativas, sugerindo que talvez cada espécie estudada possa hospedar um padrão próprio de densidade de suas zooxantelas.

Segundo Dustan (1979) exemplares de *Montastrea annularis*, coletados a um metro de profundidade apresentaram densidade média de zooxantelas de  $8,76 \times 10^6/\text{cm}^2$ , enquanto que exemplares coletados a 42 m, apresentaram a densidade média de  $2,65 \times 10^6/\text{cm}^2$ , argumentando com isto que a intensidade luminosa seria um fator importante na densidade das referidas microalgas. Por outro lado, Drew (1972) apud Dustan (*op. cit.*), apresentou dados mostrando que as densidades das zooxantelas estava correlacionada com a área dos pólipos dos corais e não com a intensidade luminosa ou com a profundidade do ambiente, sugerindo com isto que a densidade destas microalgas seria regulada pelo hospedeiro e não pelos fatores ambientais.

Existe um limite para o densidade das populações de zooxantelas, nos corais é em torno de 1 a  $2 \times 10^6/\text{cm}^2$  (Muscatine, 1980; Davies, 1992). Os resultados apresentados neste trabalho mostraram densidades médias semelhantes com o estudo acima referido. Ainda em relação à densidade das zooxantelas por área de coral sadio, Carricart-Ganivet & Beltrán-Torres (1993), analisando *Montastrea cavernosa* coletada a 3 m de profundidade no México, encontraram a densidade média de  $1,99 \times 10^6/\text{cm}^2$ . Os resultados apresentados mostraram densidades semelhantes de zooxantelas nos corais *Favia gravida* e *Siderastrea stellata*, coletados na mesma classe de profundidade.

As colônias de *S. stellata* branqueadas apresentaram diminuição da densidade populacional das zooxantelas e este fator pode estar relacionado com o aporte de água doce, sedimentação e com as ações antrópicas ocorridas na área de estudo (Gaibu). Embora esta redução na densidade das zooxantelas não tenha sido estatisticamente significativa, devido, provavelmente, ao pequeno número de exemplares, a média das densidades das zooxantelas das colônias sadias foi maior. Concorda-se com os estudos de Carricart-Ganivet & Beltrán-Torres (1993) e Dustan (1979) que afirmaram que a densidade das zooxantelas está intimamente ligada às alterações ambientais, como a poluição acima referida que pode levar à expulsão das microalgas pelos corais, caracterizando o branqueamento.

É sugerido ainda que o diâmetro e a densidade das zooxantelas de hidrocerais e corais sadios, coletados na mesma profundidade e localidade, possam ajudar na sistemática destes cnidários.

## AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos ao Dr. William K. Fitt ("University of Georgia") e ao Dr. Robert K. Trench ("University of California") pelas importantes sugestões recebidas; à Dra. Cláudia Chamixaes da UFPE, pela ajuda na fase inicial do trabalho e ao Prof. Eufrásio Souza Santos da UFRPE, pela orientação estatística.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F. D. 1997. *Milleporidae (Cnidaria, Hydrozoa) do litoral brasileiro*. São Paulo, 204p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo.
- AMARAL, F. D. & CHAMIXAES, C. B. C. C. 1996. Zooxantelas de hidrocerais (Cnidaria, Hydrozoa) do litoral pernambucano. *Resumos do XXI Congresso Brasileiro de Zoologia*. Porto Alegre, 1996. p. 10.
- AMARAL, F. D.; SILVA, R. S.; MAURÍCIO-DA-SILVA, L. & SOLÉ-CAVA, A. M. 1997. Molecular systematics of *Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758 and *M. brasiliensis* Verrill, 1868 (Hydrozoa: Milleporidae) from Brazil. *Int. Coral Reef Symp., 8th, Proceedings*. 2: 1577-1580.
- BILLNGHURST, Z.; DOUGLAS, A. E. & TRAPIDO-ROSENTHAL, M. 1996. Regulation of *Symbiodinium* population in different coral species. *Int. Coral Reef Symp., 8th, Proceedings*. Panama City. p. 19.
- BLANK, R. J. & TRENCH, R. K. 1986. Nomenclature of endosymbiotic dinoflagellates. *Taxon*. 35: 286-294.
- BROWN, B. E. 1996. Coral bleaching: causes and consequences. *Int. Coral Reef Symp., 8th, Proceedings*. Panama City. p. 27.
- BUDDEMEIER, R. W. & FAUTIN, D. G. 1993. Coral bleaching as an adaptive mechanism. *Bio. Science*. 43 (5): 320-326.
- CARRICART-GANIVET, J. P. & BELTRÁN-TORRES, A. U. 1993. Zooxanthellae and chlorophyll a responses in the scleractinian coral *Montastrea cavernosa* at Triángulos-W Reef, Campeche Bank, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 41 (3): 491-494.
- CHAMIXAES, C. B. C. C. & AMARAL, F. D. 1995. Microflora e fauna associada ao hidrocoral *Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758 (Cnidaria, Hydrozoa). *Resumos da XIX Reunião Nordestina de Botânica*. Recife, 1995. p. 128-129.
- COSTA, C. F. & AMARAL, F. D. 1996. Tamanho e densidade das zooxantelas dos corais *Favia gravida* Verrill, 1868 e *Siderastrea stellata* Verrill, 1868 (Anthozoa, Scleractinia). *Resumos do VI Congresso de Iniciação Científica da UFRPE*. Recife, 1996. p. 321.
- COSTA, C. F.; AMARAL, F. D. & FITT, W. K. 1997. Estudo da diminuição da densidade das zooxantelas de *Siderastrea stellata* Verrill, 1868 (Anthozoa, Scleractinia) de Gaibu (PE). *Resumos do XI Encontro de Zoologia do Nordeste*. Fortaleza, 1997. p. 5-6.
- COSTA, C. F. & AMARAL, F. D. 1998. Zooxantelas de alguns corais hermatípicos do litoral sul de Pernambuco. *Resumos do XXII Congresso Brasileiro de Zoologia*. Recife, 1998. p. 5.

- DAVIES, P. S. 1992. Endosymbiosis in marine cnidarians. 46: 511-40. In: JOHN, D. M.; HAWKINS, S. J. & PRICE, J. H. (Eds.). **Plant-animal interactions in the marine benthos**. Clarendon Press, Oxford.
- DUBINSKY, Z. 1996. Interactions between algae and corals: the relation of energy and nutrient fluxes. **Int. Coral Reef Symp. 8th, Proceedings**. Panama City. p. 54.
- DUSTAN, P. 1979. Distribution of zooxanthellae and photosynthetic chloroplast pigments of the reef-building coral *Montastrea annularis* Ellis and Solander in relation to depth on a west indian coral reef. **Bull. mar. Sci.** 29 (1): 79-95.
- FITT, W. K. & WARNER, M. E. 1995. Bleaching patterns of four species of Caribbean reef corals. **Biol. Bull.** 189: 298-307.
- FITT, W. K.; SPERO, H. J.; HALAS, J.; WHITE, M. W. & PORTER, J. W. 1993. Recovery of the coral *Montastrea annularis* in Florida Keys after the 1987 Caribbean "bleaching event". **Coral Reefs.** 12: 57-64.
- FREUDENTHAL, H. D. 1962. *Symbiodinium* gen. nov. and *Symbiodinium microadriaticum* sp. nov., a zooxanthella: taxonomy, life cycle, and morphology. **J. Protozool.** 9 (1): 45-52.
- GATES, R. D.; BAGHDASARINA, G. & MUSCATINE, L. 1992. Temperate stress causes host cell detachment in symbiotic cnidarians: implications of bleaching. **Bio. Bull.** 182: 324-332.
- GLYNN, P. W. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. **Coral Reefs.** 12: 1-17.
- GOREAU, T. J. & MACFARLENE, A. M. 1990. Reduced growth rate of *Montastrea annularis* following the 1987-1988 coral bleaching event. **Coral Reefs.** 8: 211-215.
- JOKIEL, P. L. & COLES, S. L. 1990. Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. **Coral Reefs.** 8: 155-162.
- MUSCATINE, L.; McCLOSKEY, L. & LOYA, Y. 1985. A comparation of the growth rates of zooxanthellae and animal tissue in the Red Sea coral *Stylophora pistillata*. In: **Int. Coral Reef Symp., 5th, Proceedings**. Tahiti. 6: 119-23.
- PORTER, J. W. 1976. Autotrophy, heterotrophy and resource partitioning in Caribbean reef-building corals. **Am. Nat.** 110: 731-742.
- SCHOENBERG, D. A. & TRENCH, R. K. 1976. Specificity of symbioses between marine cnidarians and zooxanthellae. In: MACKIE, G. O. (Ed.). **Coelenterate Ecology and behavior**. p. 423-432.
- SZMANT, A. M. & GASSMAN, N. J. 1990. The effects of prolonged "bleaching" on the tissue biomass and reproduction of the reef coral *Montastrea annularis*. **Coral Reefs** 8: 217-224.
- TRENCH, R. K. 1971. The physiology and biochemistry of zooxanthellae symbiotic with marine coelenterates. I. The assimilation of photosynthetic products of zooxanthellae by two marine coelenterates. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B.** 177: 225-235.
- TRENCH, R. K. 1997. Diversity of symbiotic dinoflagellates and the evolution of microalgae-invertebrate symbioses. **Int. Coral Reef Symp., 8th, Proceedings**. 2:1275-1286.
- VAUGHAN, T. W. & WELLS, J. W. 1943. Revision of the suborders, families and genera of the Scleractinia. **Spec. Pap. Geol. Soc. Am.** 44: 1-363.
- WEERDT, W. H. de. 1981. Transplantation experiments with Caribbean *Millepora* species (Hydrozoa, Coelenterata), including some ecological observations on growth forms. **Bijdr. Dierk.** 51 (1): 1-19.
- WILKERSON, F. P.; KOBAYASHI, D. & MUSCATINE, L. 1988. Mitotic index and size of symbiotic Caribbean reef corals. **Coral Reefs.** 7: 29-36.

## RESUMO

A biodiversidade da água de superfície e interfacial do sedimento foi determinada em seis estações na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil, para avaliar a possibilidade de impacto ambiental crônico causado por quarenta anos de atividade da indústria de petróleo nessa área. Amostras coletadas de quatro estações associadas com extração (Estação 4), transporte (Estações 2 e 3) e refinaria (Estação 1) de petróleo, e duas estações controle (Estações 5 e 6) foram submetidas a testes ecotoxicológicos usando teste agudo para espécies de arrecife salina, *Eurylides lineatus* (ELST) para espécie de coral (*Echinometra laevis*) e de ostra de mangue (*Crassostrea gigas fischeri*) além do teste crônico para a microalga *Prorocentrum shumii*. Análises de variância dos parâmetros de Friedman foram utilizadas como o critério de integrar os resultados significativamente diferentes entre as estações estudadas. Para integrar as respostas das variadas entre os diferentes organismos, em cada período de amostragem, uma escala de 0-0 (resposta constante) a +0 (resposta intensa) foi utilizada, permitindo a obtenção de valores médios para cada categoria e a ordenação das estações em uma escala qualitativa de impacto ambiental. Uma análise de cluster das seis estações e dois tipos de abelhas, com base em sua similaridade para as espécies espécies estudadas, serviu para classificar as similaridades e diferenças entre as estações. A figura intercalada no resultado mostra todo o seguimento ordenado: Est. 4 < (Est. 5 < (Est. 1 + Est. 2) < (Est. 4 + Est. 1)) < Est. 3 < a água de superfície e o fundo do (Est. 5 + Est. 6) < (Est. 2 + Est. 3 + Est. 1). Essa combinação, os procedimentos matemáticos serviram eficazmente para a compreensão e nova inferência de implicações de fundamental o confirmar a existência de impacto crônico produzido pela atividade da indústria de petróleo na área estudada. Palavras-chave: Ecotoxicologia, impacto ambiental, petróleo, Bahia.

## ABSTRACT

The conditions of surface waters and interfacial waters from the sediments were determined at six study sites in Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil, to evaluate the possibility of chronic environmental impact induced by 40 years of exposure to the local petroleum industry. Samples collected from four sites associated with the extraction (Station 4), transportation (Stations 2 and 3) and refinement (Station 1) of petroleum and from two control sites (Stations 5 and 6) were tested in toxicological assays using acute tests of saline water species (*Eurylides lineatus*) and chronic abiotic indices of *Prorocentrum shumii* and the mangrove oyster (*Crassostrea gigas fischeri*). Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE, Recife, 26(1): 123-133, 1998