



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE GEOLOGIA MARINHA, COSTEIRA E SEDIMENTAR**

TESE DE DOUTORADO

**USO DOS COMPONENTES BIOGÊNICOS DO SEDIMENTO E DA
TAFONOMIA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO
AMBIENTAL NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS**

CAROLINA DE ALMEIDA POGGIO

**SALVADOR-BA
DEZEMBRO-2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE GEOLOGIA MARINHA, COSTEIRA E SEDIMENTAR**

**USO DOS COMPONENTES BIOGÊNICOS DO SEDIMENTO E DA
TAFONOMIA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL NA
BAÍA DE TODOS OS SANTOS**

por

Carolina de Almeida Poggio

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geologia, Área de Concentração em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar, da Universidade Federal da Bahia como um dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Geologia.

Orientador: Dr. José Maria Landim Dominguez
Co-orientador: Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Junior

SALVADOR-BA
- 2012 -

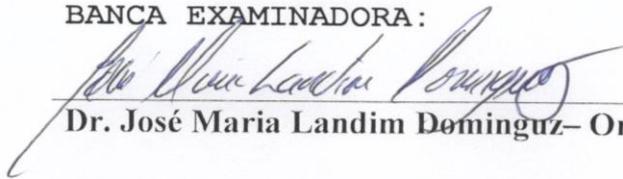
Carolina de Almeida Poggio
Bióloga (Universidade Federal da Bahia - 2001)

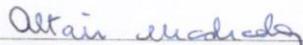
**“Uso dos Componentes Biogênicos do Sedimento e da
Tafonomia como Ferramenta de Avaliação Ambiental na Baía de
Todos os Santos”**

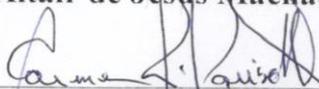
Tese aprovada como
requisito parcial para
obtenção do grau de
Doutor na Pós-Graduação
em Geologia da
Universidade Federal da
Bahia, na área de
concentração: Geologia
Marinha, Costeira e
Sedimentar.

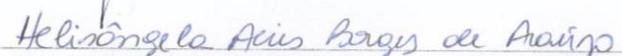
APROVADA EM: 14/12/2012

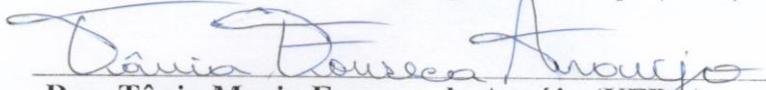
BANCA EXAMINADORA:


Dr. José Maria Landim Dominguz – Orientador


Dra. Altair de Jesus Machado (UFBA)


Dra. Carmen Regina Parisotto Guimarães (UFS)


Dra. Helisângela Acris Borges de Araújo (FTC)


Dra. Tânia Maria Fonseca de Araújo (UFBA)

**Dedico este trabalho ao meu pai,
Humberto Poggio Filho (em memória),
que sempre incentivou os meus estudos
e apoiou as minhas escolhas.
Seus conselhos serão eternos.**

Saudades!

*“Recomeçar... hoje é um bom dia para
começar novos desafios.
Onde você quer chegar?
... se desejarmos fortemente o melhor, e
principalmente lutarmos pelo melhor...
o melhor vai se instalar na nossa vida.”*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus, que representa toda a força destinada às minhas realizações;

À toda a minha família, pelo apoio e compreensão, em especial ao meu companheiro Geraldo Marcelo Pereira Lima, agradeço por todo incentivo e companheirismo, tão importantes para a conclusão deste trabalho;

À Universidade Federal da Bahia que proporcionou minha formação acadêmica e o desenvolvimento desta pesquisa;

Ao Coordenador do curso de Pós-Graduação em Geologia, Dr. Manoel Jerônimo Cruz;

Ao Prof. José Maria Landim Dominguez, principalmente, pela oportunidade, pelo compromisso, pelas dicas e pela paciência; e ao Prof. Paulo Mafalda Junior, pelo apoio e pela dedicação com o meu trabalho;

Agradeço à Profa. Facelúcia Barros pelo apoio nas etapas iniciais do doutorado e pela orientação na identificação dos componentes biogênicos do sedimento;

Um agradecimento, em especial, à Profa. Orane Falcão Souza Alves, do Laboratório de Geocologia de Sedimento Marinho do IBIO-UFBA, pela disponibilização das amostras com as quais eu pude desenvolver a tese;

Agradeço, também, especialmente à Profa. Carla Bender Kotzian, da Universidade Federal de Santa Maria – RS, pela disposição e ajuda, tão importantes, na área de Paleontologia, especificamente em Tafonomia, e pelos artigos concedidos, que me ajudaram tanto a conseguir uma base conceitual sólida nesta área de pesquisa;

Aos demais professores doutores, pela participação direta ou indireta na minha formação acadêmica: José Maria Landim Dominguez, Zelinda M. N. Leão, Ruy K. Kikuchi, Abílio C. Bittencourt, Altair J. Machado, Tânia F. Araújo, Guilherme Lessa, Geraldo Vilas Boas;

Agradeço à Maria Cristina Rabello Santedicola pela ajuda na tradução do resumo da presente tese;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado;

À Gilzélío Nascimento (em memória) e aos funcionários Nilton Silva e Joaquim Lago, pelo suporte logístico;

Aos companheiros e colegas do curso que passaram ou ainda estão passando pela experiência única que é fazer um doutorado e/ou um mestrado: Sônia, Priscila, Robson,

Rodrigo, "Rambo", Morgana, Vanessa, Amanda, Helisângela, Junia, Grace, Lucas, Adeylan, Juliana, Alephidaleth, Karol, Joana, Soraia, Renata, Taís, Cláudia, Cristina, Ivana;

E àqueles outros queridos amigos, que muitas vezes me acompanharam de longe, mas que de uma forma ou de outra sempre estiveram por perto.

Obrigada a todos!

RESUMO

Os estudos dos sedimentos superficiais do fundo da Baía de Todos os Santos (BTS) iniciaram-se há mais de 30 anos, destacando sempre suas características texturais. O presente estudo fez uma abordagem composicional desses sedimentos com ênfase nos constituintes biogênicos. O objetivo foi investigar a composição biogênica e os processos tafonômicos atuantes, como um instrumento de caracterização e avaliação das condições ambientais da baía. Os resultados mostraram que os sedimentos da BTS são espacialmente heterogêneos e que sua composição biogênica está fortemente relacionada a uma ampla variedade de tipos de fundo existentes nela. Com a utilização do método de Ward (variância mínima), conjugado com a distância euclidiana, na análise de agrupamento realizada com base nos percentuais dos componentes biogênicos foi possível estabelecer quatro biofácies bem definidas. Estas biofácies permitiram verificar uma transição da composição biogênica do interior da BTS, onde na maioria das vezes os moluscos predominaram nos sedimentos, em direção à plataforma adjacente, onde as algas calcárias passaram a ser o componente principal. Por meio das análises tafonômicas foi possível constatar que os sedimentos biogênicos analisados apresentaram aspecto mais conservado do que desgastado, indicando uma sedimentação ativa por parte dos principais organismos produtores de sedimento encontrados na baía, tais como moluscos, crustáceos, ostrácodos e poríferos. Além disso, com base nas características composicionais e tafonômicas foi possível classificar as assembleias biogênicas como parautóctones, aquelas que não são transportadas para longe de seu hábitat original. E finalmente, ao comparar a composição biogênica das amostras realizadas em 1974 com a das amostras utilizadas no presente trabalho, realizadas em 1997, foram observadas algumas diferenças na abundância de alguns dos biogênicos, sugerindo que a referida baía pode estar passando por uma nova fase ambiental, talvez um pouco diferente daquela que existiu antes da ocupação humana desordenada em seu entorno.

Palavras-chave: sedimentos, componentes biogênicos, tafonomia, Baía de Todos os Santos (BTS)

ABSTRACT

Studies of surface sediments from the bottom of the Todos os Santos Bay (TSB) began over 30 years ago, stressing their textural characteristics. This study made a compositional approach these sediments with emphasis on biogenic constituents. The objective was to investigate the biogenic composition and taphonomic processes acting as a tool for characterization and evaluation of the environmental conditions of the bay. The results showed that the sediments are spatially heterogeneous in BTS and biogenic composition is strongly related to a wide variety of types of background existing therein. Using Ward's method (minimum variance) in conjunction with the Euclidean distance, the cluster analysis based on the percentage of biogenic components could establish four biofacies well defined. These biofacies allowed a transition from biogenic composition of the interior of BTS, where mostly molluscs predominated in sediments toward the adjacent platform, where the calcareous algae became the main component. Through taphonomic analyzes it was found that the biogenic sediments aspect analyzed showed more conserved than worn, indicating an active sedimentation from major sediment-producing organisms found in the bay, such as molluscs, crustaceans, sponges and ostracods. Furthermore, based on the compositional and taphonomic characteristics could classify as parautochthonous biogenic assemblages, those that are not transported away from their original habitat. And finally, to compare the composition of biogenic samples taken in 1974 with the samples used in this study, conducted in 1997, some differences were observed in the abundance of some of biogenic, suggesting that this may be going through bay a new environmental phase, maybe a little different from that which existed before human occupation cluttered around it.

Keywords: sediment, biogenic components, taphonomy, Todos os Santos Bay (TSB)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Geologia do entorno e do fundo da Baía de Todos os Santos (Dominguez & Bittencourt 2009). **16**
- Figura 2** – Localização da área de estudo e das estações amostrais na Baía de Todos os Santos. Dados da batimetria provenientes da digitalização das cartas náuticas da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). **19**
- Figura 3** – Escala de arredondamento para bioclastos (Pilkey *et al.* 1967). **21**
- Figura 4** – Localização das amostras de sedimento realizadas por Macedo, no ano de 1974, e Alves, no ano de 1997, utilizadas para a comparação da composição biogênica dos sedimentos. **24**
- Figura 5** – Variáveis ambientais amostradas na Baía de Todos os Santos. **(a)** Profundidade (m); **(b)** Carbonato (%); **(c)** Matéria Orgânica (%); **(d)** Transparência (%). **28**
- Figura 6** – Distribuição dos percentuais de seixo, cascalho, areia e lama nos sedimentos da Baía de Todos os Santos. **29**
- Figura 7** – Distribuição dos percentuais dos componentes dos sedimentos da Baía de Todos os Santos. **32**
- Figura 8** – Média do percentual dos componentes dos sedimentos da Baía de Todos os Santos em função das variáveis ambientais: **(a)** Profundidade; **(b)** Teor de carbonato; **(c)** Lama. **33**
- Figura 9** – Abundância relativa dos componentes biogênicos dos sedimentos da Baía de Todos os Santos. Grãos principais em preto, acessórios em cinzar, traços em branco. Grãos não identificados (NID) em textura. Onde: MOL=moluscos, HAL=algas *Halimeda*, EQUI=equinodermos, BRI=briozoários, ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, FOR=foraminíferos, CRU=crustáceos, CIR=cirrípedes, PEL=pelotas fecais, TBV=tubos de verme, OST=ostracodes, COR=corais, POR=poríferos, OCT=octocorais, MIL=hidrocoral *Millepora*, NID=grãos não-identificados. **34**
- Figura 10** – Distribuição das espículas dos poríferos de acordo com a composição mineralógica, nos sedimentos da Baía de Todos os Santos (com base em dados de presença-ausência). **35**
- Figura 11** – Agrupamento das estações amostrais com base na composição biogênica dos sedimentos da Baía de Todos os Santos, resultante da Análise de Classificação: Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3 e Grupo 4. **37**
- Figura 12** – Composição biogênica dos agrupamentos (grupos 1, 2, 3, 4) formados por meio da Análise de Classificação. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OCT=octocorais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos, NID=grãos não-identificados, PEL=pelotas fecais. **38**

Figura 13 – Projeção dos dois primeiros eixos canônicos na Análise de Redundância baseada na composição biogênica dos sedimentos, nas variáveis ambientais e nas estações de amostragem da Baía de Todos os Santos. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OCT=octocorais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos, NID=grãos não-identificados, PEL=pelotas fecais. **40**

Figura 14 – Assinaturas tafonômicas analisadas nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos de acordo com: **(a)** Condições gerais, **(b)** Coloração e **(c)** Arredondamento dos grãos. Onde: 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado. **42**

Figura 15 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos de acordo com as seguintes condições gerais: **(a)** Brilho, **(b)** Dissolução, **(c)** Bioerosão e **(d)** Incrustação. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos. **42**

Figura 16 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos de acordo com a coloração apresentada: **(a)** Branca ou natural, **(b)** Amarela, **(c)** Ocre, **(d)** Cinza e **(e)** Preta. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos. **43**

Figura 17 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos de acordo com o grau de arredondamento: **(a)** Inteiro, **(b)** Muito pouco arredondado, **(c)** Pouco arredondado, **(d)** Arredondado e **(e)** Muito arredondado. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos. **45**

Figura 18 – Distribuição dos percentuais referentes às condições gerais analisadas nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos: Brilho, Dissolução, Bioerosão e Incrustação. **47**

Figura 19 – Média dos percentuais referentes às condições gerais analisadas nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos em função das variáveis ambientais: **(a)** Profundidade (m), **(b)** Teor de carbonato (%) e **(c)** Lama (%). Onde: Bri=brilho, Dis=dissolução, Bio=bioerosão, In=incrustação. **48**

Figura 20 – Distribuição dos organismos incrustantes nos sedimentos da Baía de Todos os Santos. Onde: TBV=tubos de verme, BRI=briozoários, FOR=foraminíferos, COR=corais, POR=poríferos, CIR=cirrípedes. **49**

Figura 21 – Distribuição dos percentuais referentes às cores dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos. **51**

Figura 22 – Média dos percentuais referentes às cores observadas nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos em função das variáveis ambientais: **(a)** Profundidade (m), **(b)** Teor de carbonato (%) e **(c)** Lama (%). Onde: B=branca, A=amarela, O=ocre, C=cinza e P=preta. **52**

Figura 23 – Distribuição dos percentuais referentes ao grau de arredondamento dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos. Onde: 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado. **54**

Figura 24 – Média dos percentuais referentes ao grau de arredondamento observado nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos em função das variáveis ambientais: **(a)** Profundidade (m), **(b)** Teor de carbonato (%) e **(c)** Lama (%). Onde: 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado. **55**

Figura 25 – Distribuição dos percentuais referentes aos grãos biogênicos atual e relíquia dos sedimentos da Baía de Todos os Santos. **56**

Figura 26 – Média da abundância relativa dos componentes biogênicos dos sedimentos da Baía de Todos os Santos, nas assembleias atual e relíquia. Setas apontam médias significativamente diferentes. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos. **57**

Figura 27 – Distribuição dos percentuais de cada componente biogênico dos sedimentos da Baía de Todos os Santos, nas assembleias atual e relíquia. Linhas tracejadas mostram os limites das regiões de coleta (N=norte, M=nordeste, C=central, I=Canal de Itaparica, S=Canal de Salvador, P=plataforma). Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos. **60**

Figura 28 – Média da abundância relativa dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos, das amostras de 1974 e de 1997, na fração cascalho **(a)** e na fração areia **(b)**. Setas apontam médias significativamente diferentes na fração areia (b). Onde: ALG=algas calcárias, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos, RAD=radiolários, NID=grãos não-identificados, FGV=fragmentos de vegetais. **63**

Figura 29 – Distribuição dos percentuais de cada componente biogênico dos sedimentos da Baía de Todos os Santos, na fração areia das amostras de 1997 e de 1974. Linhas tracejadas mostram os limites das regiões de coleta (N=norte, M=nordeste, C=central, I=Canal de Itaparica, S=Canal de Salvador). Onde: ALG=algas calcárias, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos, RAD=radiolários, NID=grãos não-identificados, FGV=fragmentos de vegetais. **64**

Figura 30 – Comportamento das variáveis ambientais e dos componentes dos sedimentos em relação a cada grupo (associação) de grãos biogênicos da Baía de Todos os Santos. **74**

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Constituintes das frações granulométricas cascalho e areia dos sedimentos da Baía de Todos os Santos. Onde: ACG=algas calcárias geniculadas, AGR=grãos agregados, ANG=algas calcárias não-geniculadas, BRI=briozoários, EQU=equinodermos, FGV=fragmentos de vegetal, HAL=algas *Halimeda*, MIN=minerais, MOL=moluscos, PEL=pelotas fecais. **30**

Tabela 2 – Frequência de ocorrência (%) e classificação (Dajoz 1983) dos componentes biogênicos dos sedimentos da Baía de Todos os Santos. Onde: **p** = número de estações nas quais cada um dos biogênicos ocorreu; **P** = número total de estações; **FO** = frequência de ocorrência. **36**

Tabela 3 – Estatística da Análise de Redundância realizada para a Baía de Todos os Santos. **39**

Tabela 4 – Correlação entre os biogênicos das assembleia atual e relíquia e as variáveis ambientais amostradas na Baía de Todos os Santos (*r* refere-se ao Coeficiente de Correlação e *p* refere-se à significância do teste). Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos. **61**

Quadro 1 – Caracterização dos grupos formados pelos grãos biogênicos dos sedimentos da Baía de Todos os Santos com relação aos parâmetros ambientais, principais biogênicos e à tafonomia. Onde: 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado. Em negrito estão os maiores valores. **75**

Quadro 2 – Composição mineralógica dos esqueletos dos principais organismos produtores de sedimento (Lee 1980, Mendes 1988, Reviers 2006, Vinn *et al.* 2008a, Vinn *et al.* 2008b, Farina & Amado Filho 2009, Fernandes 2011a, Fernandes 2011b). **79**

Tabela 5 – Tafonomia dos grãos (média %) em relação ao tipo de sedimento quanto ao teor de carbonato, na BTS (classificação do sedimento segundo Best *et al.* 2007). Onde: BRI=brilho, DIS=dissolução, BIO=bioerosão, IN=incrustação, B=branca, A=amarela, O=ocre, C=cinza, P=preta, 0=inteiro, 1=muito pouco arredondado, 2=pouco arredondado, 3=arredondado, 4=muito arredondado. **81**

Tabela 6 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos com e sem alteração da cor. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos. **85**

Tabela 7 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos inteiros, pouco arredondados e arredondados. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos. **88**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACG** – algas calcárias geniculadas
AGR – grãos agregados
ANG – algas calcárias não-geniculadas
BRI – briozoários
BTS – Baía de Todos os Santos
CIR – cirrípedes
COR – corais
CRU – crustáceos
EQUI – equinodermos
FGR – fragmentos de rocha
FGV – fragmentos de vegetal
FOR – foraminíferos
HAL – algas *Halimeda*
MIL – fragmentos do hidrocoral *Millepora*
MIN – minerais
MOL – moluscos
NID – grãos não identificados
OCT – octocorais
OST – ostracodes
PEL – pelotas fecais
POR – poríferos
RAD – radiolários
TBV – tubos de verme

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1.0 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Justificativas..... | 2 |
| 1.2 Objetivos..... | 4 |
| 2.0 REFERENCIAL TEÓRICO | 5 |
| 2.1 Natureza dos Componentes Biogênicos..... | 5 |
| 2.2 Associações Biogênicas..... | 9 |
| 2.3 Estudos dos Componentes Biogênicos e da Tafonomia..... | 11 |
| 3.0 ÁREA DE ESTUDO | 14 |
| 3.1 Características gerais..... | 14 |
| 3.2 Aspectos climáticos e oceanográficos..... | 14 |
| 3.3 Geologia..... | 15 |
| 3.4 Aspectos ambientais..... | 17 |
| 4.0 METODOLOGIA | 18 |
| 4.1 Procedimentos em Campo..... | 18 |
| 4.2. Procedimentos em Laboratório..... | 18 |
| 4.2.1 Análise dos Sedimentos..... | 18 |
| 4.2.2 Análise dos Componentes dos Sedimentos..... | 20 |
| 4.3. Análises Estatísticas..... | 22 |
| 4.3.1 Abundância Relativa (%)..... | 22 |
| 4.3.2 Frequência de Ocorrência (%)..... | 23 |
| 4.3.3 Comparação entre Médias..... | 23 |
| 4.3.4 Coeficiente de Correlação..... | 25 |
| 4.3.5 Análise de Classificação ou de Agrupamento..... | 25 |
| 4.3.6 Análise de Ordenação..... | 26 |
| 4.4 Mapas de Distribuição..... | 26 |
| 5.0 RESULTADOS | 27 |
| 5.1 Parâmetros Ambientais..... | 27 |
| 5.2 Composição dos Sedimentos..... | 30 |
| 5.2.1 Características Gerais..... | 30 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.2 Distribuição dos Componentes dos Sedimentos..... | 31 |
| 5.2.3 Representatividade dos Componentes Biogênicos..... | 33 |
| 5.2.4 Análise de Classificação - Biofácies da BTS..... | 37 |
| 5.2.5 Análise de Ordenação..... | 38 |
| 5.3 Tafonomia dos Componentes Biogênicos da BTS..... | 41 |
| 5.3.1 Análise das Assinaturas nos Componentes Biogênicos..... | 41 |
| 5.3.2 Distribuição das Assinaturas Tafonômicas..... | 45 |
| 5.3.3 Assembleias Biogênicas Atual e Relíquia..... | 55 |
| 5.4 Componentes biogênicos das amostras de 1974 e 1997..... | 62 |
| 6.0 DISCUSSÃO..... | 66 |
| 6.1 Composição e Distribuição dos Sedimentos..... | 66 |
| 6.2 Componentes Biogênicos e Biofácies..... | 68 |
| 6.3 Tafonomia dos Componentes Biogênicos..... | 77 |
| 6.4 Assembleias biogênicas atual e relíquia..... | 89 |
| 6.5 Componentes biogênicos das amostras de 1974 e 1997..... | 93 |
| 7.0 CONCLUSÕES..... | 97 |
| 8.0 REFERÊNCIAS..... | 100 |
| ANEXOS | |

1.0 INTRODUÇÃO

Os sedimentos biogênicos são constituídos por estruturas biomineralizadas tais como conchas, carapaças, ossos, espículas, dentes; bem como por estruturas resultantes da atividade fisiológica de diversos organismos, como é o caso das pelotas fecais (Illing 1954, Wilson 1979, Halfar *et al.* 2000, Farina & Amado Filho 2009). Na zona costeira, estes sedimentos são originados, principalmente, de estruturas inteiras ou fragmentadas geradas por organismos bentônicos, dentre os quais, os mais comuns são moluscos, briozoários, foraminíferos, equinodermos, crustáceos, corais e algas calcárias, que contribuem direta e significativamente para a composição final e textural dos sedimentos (Ginsburg 1956, Lees & Buller 1972, Laporte 1975, Brasier 1980, Nelson & Hancock 1984, Perry 1996, Suguio 2003).

Os organismos respondem às condições impostas pelo ambiente, e fatores abióticos tais como temperatura, salinidade, profundidade, tipo de substrato, intensidade fótica e disponibilidade de nutrientes são considerados como os principais controladores de sua ocorrência e abundância (Ricklefs 2003, Ponzi 2004, Wright & Burgess 2005). Uma vez que os componentes biogênicos do sedimento são um reflexo da composição da fauna e da flora originais de uma área, interpretar sua qualificação e sua quantificação torna-se um importante instrumento para uma reprodução segura das condições ambientais que deram origem e permitiram a deposição do sedimento (Wilson 1988, Tinoco 1989). Este tipo de análise é possível porque os sedimentos biogênicos, geralmente, não sofrem grandes deslocamentos, tendendo a permanecer em seu local de origem (Ginsburg 1956, Ginsburg *et al.* 1963, Purdy 1963, Swinchatt 1965). Dessa forma, eles podem formar as chamadas assembleias mortas ou tanatocenoses, que consistem de elementos da comunidade viva preservados após a morte e decaimento, os quais passarão pelos processos tafonômicos e pelo soterramento para resultar nas chamadas tafocenoses, e finalmente formar as orictocenoses ou assembleias fósseis propriamente ditas (Fürshich 1990).

Os componentes biogênicos estão sujeitos à ação de processos tafonômicos, que começam a atuar logo após a morte do organismo (Lawrence 1971, Behrensmeyer & Kidwell 1985). Eles compreendem processos físicos, químicos e biológicos, responsáveis pela alteração do tamanho, da cor e da forma dos grãos (Brett & Baird 1986, Callender *et al.* 1992). Essas transformações ocorrem em função da suscetibilidade dos grãos ao desgaste, resultantes da microestrutura e da mineralogia, assim como do tempo de

exposição a estes processos (Swinchatt 1965, Maiklem 1968, Lawrence 1971, Behrensmeyer *et al.* 2000).

Pesquisadores acreditam que os processos tafonômicos, que determinam o estado de preservação das assembleias mortas, são o reflexo das condições existentes no ambiente e, conseqüentemente, a análise desses processos também é uma forma útil de caracterizar o ambiente deposicional (Behrensmeyer & Kidwell 1985, Kidwell *et al.* 1986, Brett & Baird 1986, Meldahl & Flessa 1990, Callender *et al.* 1992). Em sedimentos recentes o estudo desses processos está inserido em um ramo da tafonomia chamado “Tafonomia Atualística” (Actualistic Taphonomy), de onde são geradas informações importantes que ajudam a conduzir interpretações de dados obtidos no registro fóssil (Kowalewski & Labarbera 2004). Uma das vantagens de se trabalhar com sedimentos recentes é que eles são considerados como uma fonte rica de variados dados tafonômicos, que podem ajudar a compreender melhor tanto os processos de fossilização como a natureza da informação biológica preservada nos sedimentos (Behrensmeyer & Kidwell 1985, Meldahl & Flessa 1990, Kowalewski & Labarbera 2004).

1.1 Justificativas

O estudo da composição biogênica do sedimento é importante em diversos aspectos. Eles podem ser utilizados para determinar e delimitar microfácies (Halfar *et al.* 2000), para determinar a idade relativa de camadas sedimentares e verificar mudanças no ambiente (Laporte 1975, Perry 1996, Bonetti *et al.* 2001, Pomar *et al.* 2004, Ferguson 2008), inclusive variações no nível relativo do mar (Wilson 1988). Juntamente com as análises tafonômicas, eles também podem ser empregados para reconhecer processos físicos, químicos e biológicos influentes no meio (Scoffin 1992, Smith & Nelson 2003, Perry & Taylor 2006), para definir processos deposicionais atuantes e reconstituir ambientes (Ginsburg 1956, Nelson *et al.* 1982, Scoffin 1988, Best & Kidwell 2000). Além disso, como nem sempre é possível fazer um monitoramento de ambientes a longo prazo utilizando organismos vivos, o estudo de restos biomineralizados de organismos presentes nos sedimentos pode prover resultados sobre a evolução da situação ambiental de um determinado local (Ferguson 2008, Bonetti *et al.* 2001, Bosellini 2006).

Na maioria dos trabalhos publicados sobre a sedimentologia da Baía de Todos os Santos (BTS), a composição biogênica do sedimento tem sido apenas mencionada

(Bittencourt *et al.* 1976, Vilas Boas & Nascimento 1979, Vilas Boas & Bittencourt 1992). Os estudos que tratam especificamente sobre este assunto são poucos e têm uma abordagem, geralmente, descritiva e fragmentada. Dentre estes, Leão (1977) estudou o depósito conchífero próximo à Laje do Ipeba, porção noroeste da baía; Barros (1976) estudou os componentes biogênicos das enseadas dos Tainheiros e do Cabrito; Leão & Bittencourt (1977) descreveram a fração biodetrítica do sedimento da baía de Aratu, e mais recentemente, Poggio *et al.* (2009) estudaram a distribuição dos componentes biogênicos nos sedimentos do Canal de Salvador. Apenas Macedo (1977) estudou os componentes biogênicos da área geral da BTS, acerca de 30 anos atrás.

Dada à importância não só ambiental, mas também social e econômica da BTS, um estudo mais detalhado a respeito dos componentes biogênicos que constituem o seu fundo é importante no sentido de contribuir, simultaneamente, com o entendimento da dinâmica sedimentar e com novos conhecimentos sobre a participação das comunidades bentônicas na produção do sedimento na área. Vale ressaltar também, que devido a grande complexidade dos processos tafonômicos atuantes em ambientes costeiros, é importante considerar seus efeitos durante as interpretações ambientais envolvendo as assembleias biogênicas originais.

1.2 Objetivos

O presente estudo teve como objetivo geral investigar a composição biogênica e os processos tafonômicos nos sedimentos de fundo da Baía de Todos os Santos, como um instrumento de caracterização e avaliação das condições do ambiente no qual os organismos produtores de sedimento estariam inseridos.

Para isso foram considerados os seguintes objetivos específicos:

- Definir os padrões de distribuição dos componentes do sedimento e das assembleias biogênicas;
- Determinar a composição do sedimento biogênico;
- Descrever as assinaturas tafonômicas dos componentes biogênicos e distinguir as assembleias biogênicas atuais e relíquias com base nestas assinaturas;
- Estabelecer níveis de semelhanças entre os componentes biogênicos do sedimento coletados em diferentes épocas (1974 e 1997);
- Identificar possíveis relações entre as assembleias e entre a tafonomia dos componentes biogênicos com as características do ambiente.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Natureza dos Componentes Biogênicos

Os sedimentos biogênicos são originados de restos de diversos organismos, podendo ser constituídos por diversos tipos de carapaças e esqueletos calcários ou silicosos. A seguir estão apresentadas as características de alguns destes principais organismos e dos componentes biogênicos gerados, que são importantes na produção de sedimento.

FORAMINÍFEROS – São protistas pertencentes à classe Foraminifera (Sen Gupta 2002). A maioria é marinho, com hábito bentônico, vivendo associado ao fundo, de forma livre ou sésil incrustante (Ruppert *et al.* 2005). Os planctônicos estão restritos à ordem Globigerinida. Os foraminíferos constroem uma testa extracelular calcária ou orgânica aglutinante (esta última agrega partículas presentes no ambiente) ou ainda silicosa, algumas delas podem vir a ser preservadas no sedimento (Vilela 2011). As testas calcárias bentônicas são comuns em ambientes sedimentares da plataforma interna e média, já no talude e plataforma externa predominam as testas calcárias de foraminíferos planctônicos e testas aglutinantes e silicosas (Brasier 1980). Testas aglutinantes (ordem Textulariida) também são comuns em ambientes estuarinos (Vilela 2011).

PORÍFEROS – Conhecidos como esponjas, são animais pertencentes ao Filo Porifera. A maioria é marinha, com algumas espécies adaptadas ao ambiente de água doce. São filtradores e vivem fixos a um substrato ou ancorados na areia ou lama. São encontrados, na maior parte, em águas rasas, com algumas espécies adaptadas a águas profundas (Ruppert *et al.* 2005). As esponjas possuem um endoesqueleto inorgânico, podendo ser espicular ou não, que proporciona a sustentação do corpo. As espículas podem ser silicosas ou calcárias, a depender da espécie de esponja e do ambiente no qual ela vive. Elas podem constituir unidades do esqueleto espicular, ou podem estar isoladas formando redes, ou encaixadas em um esqueleto calcário maciço poroso não espicular. As esponjas com esqueleto calcário estão geralmente associadas a um ambiente raso com salinidade marinha normal, já as esponjas constituídas por espículas silicosas podem ocorrer em ambiente raso ou profundo, e algumas espécies suportam variação de salinidade (Fernandes 2011b).

CORAIS – São animais marinhos, do filo Cnidaria, que normalmente vivem presos a um substrato duro. Os corais pétreos verdadeiros ou escleractíneos pertencem à classe

Anthozoa (subclasse Zoantharia, ordem Scleractinia) e produzem um exoesqueleto de carbonato de cálcio. Alguns deles podem construir grandes estruturas recifais. Os construtores ocorrem em ambiente relativamente raso, com água quente, bem iluminada e oxigenada, já os não construtores não têm estas restrições, podendo ser encontrados em ambientes profundos e frios (Ruppert *et al.* 2005). As gorgônias também conhecidas como corais moles ou octocorais são também pertencentes à classe Anthozoa (subclasse Octocorallia), mas seu esqueleto é constituído por espículas calcárias, chamadas escleritos, que se formam dentro de tubos córneos compostos de gorgonina, e que unidas formam um eixo calcário compacto, dando sustentação ao animal (Fernandes 2011a). Vivem fixas a um substrato, podendo ocorrer em ambientes rasos ou profundos; muitas estão associadas a ambientes recifais, mas outras vivem ancoradas em sedimentos finos (Ruppert *et al.* 2005). Os hidrocorais do gênero *Millepora*, conhecidos como corais de fogo, diferente dos corais pétreos, pertencem à classe Hidrozoa. Eles se parecem com os corais por estarem associados a um ambiente raso, quente e bem iluminado, e, também, por secretarem um exoesqueleto calcário, dando a eles a função de importantes construtores recifais e de produtores de sedimento (Ruppert *et al.* 2005).

MOLUSCOS – São animais pertencentes ao filo Mollusca, com uma grande diversidade morfológica de conchas calcárias. Dentre as sete classes de moluscos as mais facilmente reconhecidas no sedimento são: **Bivalvia**, onde estão incluídos os moluscos de concha bivalve, a maioria vivendo em ambiente marinho bentônico de forma livre na superfície ou enterrado em substratos não consolidados, ou ainda fixo a um substrato, e algumas espécies são de água doce; **Gastropoda**, na qual estão inseridos os moluscos de concha única, encontrados em ambientes marinhos, dulciaquícolas ou terrestres, em diversas profundidades, principalmente bentônicos livres ou aderidos ao substrato duro, outros são pelágicos ou planctônicos como os opistobrânquios pterópodes; **Scaphopoda**, que compreende as espécies de concha única, tubular, com abertura em ambas extremidades, são escavadores de substrato inconsolidado, exclusivamente marinhos, ocorrendo em profundidades além dos 6m, muito difícil em águas muito rasas; e **Polyplacophora**, que compreende os moluscos conhecidos como quítons, exclusivamente marinhos, que possuem oito placas calcárias articuladas ou não, e têm o hábito de rastejar pelo fundo, sendo muito comuns em águas costeiras rasas (Ruppert *et al.* 2005). As demais classes de moluscos são mais difíceis de serem observadas na composição do sedimento, são elas: Aplacophora; que inclui espécies que apresentam espículas calcárias em vez de conchas; Monoplacophora, que compreende

os moluscos que possuem concha única, cônica e baixa, e são de águas marinhas profundas; e Cephalopoda, que abrange os moluscos que possuem concha reduzida, interna ou ausente; destaca-se aqui o gênero *Spirula* cuja concha interna pode ser encontrada com certa frequência em sedimentos praias (Ruppert *et al.* 2005, Machado *et al.* 2011).

TUBOS DE VERME / POLIQUETAS – São animais marinhos, pertencentes ao filo Annelida. Os serpulídeos (família Serpulidae), os espirorbídeos (família Spirorbidae) e os sabelídeos (família Sabellidae), podem construir um tubo calcário (de calcita e/ou aragonita), geralmente aderido a uma superfície dura, algumas vezes perfurando esta superfície, ou até mesmo livre, podendo ser encontrados em locais rasos e com certa exposição, até grandes profundidades (Vinn *et al.* 2008a, Vinn *et al.* 2008b, Ruppert *et al.* 2005).

CRUSTÁCEOS – Estão incluídos no subfilo Crustacea do filo Arthropoda. Compreendem animais predominantemente aquáticos, com uma grande diversidade de táxons. A seguir estão descritos aqueles com importante papel na produção de sedimento. Os crustáceos da ordem **Decapoda** (classe Malacostraca), como os caranguejos, siris e lagostas, secretam um exoesqueleto de carbonato de cálcio, ocupam uma grande variedade de habitats marinhos e possuem hábitos também diversos. Muitos caranguejos e siris, por exemplo, são típicos comedores de depósitos. Os crustáceos da classe **Cirripedia**, conhecidos como cracas e lepas, secretam uma carapaça calcária constituída por placas rígidas que se fixa a diversos tipos de substratos, como rochas, superfície do corpo de diversos organismos, raízes de mangue, algas, cascos de navios, e outros objetos (Ruppert *et al.* 2005, Carvalho *et al.* 2011). Os microcrustáceos da classe **Ostracoda** são animais aquáticos, na sua maioria bentônicos, predominantemente microscópicos, que vivem, em grande parte, no fundo associados a um sedimento fino ou a detritos. Eles possuem uma carapaça bivalve quitino-calcítica, que na maioria das espécies marinhas é fortemente calcificada e ornamentada (Ruppert *et al.* 2005, Coimbra e Bergue 2011).

BRIOZOÁRIOS – São animais aquáticos bentônicos, coloniais, pertencentes ao filo Briozoa. A maioria das espécies é marinha (classe Stenolaemata e Gymnolaemata) e vive fixa a um substrato, poucas espécies têm vida livre (Ruppert *et al.* 2005). Muitos secretam um exoesqueleto de carbonato de cálcio e apresentam uma ampla diversidade morfológica que se relaciona com determinadas características do ambiente (Moissette *et al.* 2007). Os briozoários estenolaemados são exclusivamente marinhos, a parede do

corpo é rigidamente calcificada, suas colônias têm forma tubular ou cônica e apresentam hábito bentônico sésbil incrustante ou ereto. Já os gmnolaemados, da ordem Cheilostomata, podem ser marinhos ou mixohalinos, com a parede do corpo muito ou pouco calcificada, apresentando colônias com formas variadas e hábito bentônico sésbil incrustante ou ereto, ou ainda hábito bentônico livre. Os sésseis precisam de um substrato para a sua fixação, que pode variar muito com a espécie (Moissete 2000). Já os de vida livre, conhecidos como lunulitóides, precisam inicialmente de um substrato para a fixação da larva, podendo ser até mesmo um grão de areia, que depois pode ser abandonado ou não, para então dar continuidade ao seu desenvolvimento com o hábito livre (Moissete 2000, Amini *et al.* 2004). Os gmnolaemados que ocorrem em ambientes de baixa salinidade, a taxa de crescimento e a calcificação dos esqueletos são reduzidas, e a ornamentação é mais simples e delicada (Távora & Neto 2011).

EQUINODERMOS – Pertencem ao filo Echinodermata. São animais marinhos, que vivem, na maioria das vezes, associados ao fundo, de forma livre ou fixos a um substrato. Eles possuem um endoesqueleto composto por ossículos calcários que se articulam em alguns deles, como nas estrelas-do-mar (classe Asteroidea), ofiúros (classe Ophiuroidea), holotúrias (classe Holothuroidea) e crinoides (classe Crinoidea); ou podem ser fundidos formando uma carapaça esquelética rígida, como nos ouriços-do-mar e bolachas-de-praia (classe Echinoidea). Usualmente, o esqueleto possui projeções em forma de espinhos ou tubérculos. Algumas espécies de holotúrias e os crinoides vivem fixos a um substrato (Ruppert *et al.* 2005).

PELOTAS FECAIS – São partículas de forma ovoide ou esférica, originárias de excrementos de organismos, compostos de calcita microcristalina e sem textura interna visível (Suguio 2003, Milliman 1974). As pelotas fecais podem ser classificadas como um tipo de icnofóssil chamado coprólito. Seu tamanho, forma e composição podem ser utilizados para identificar a sua origem e interpretar o hábito alimentar e as relações ecológicas dos animais que as produziram (Milliman 1974, Carvalho & Fernandes 2011).

ALGAS CALCÁRIAS – As algas calcárias têm suas paredes celulares impregnadas de carbonato de cálcio. Dentre elas estão as algas articuladas do gênero *Halimeda*, pertencente ao filo Chlorophyta (ordem Caulerpales), cujas paredes são calcificadas na forma de aragonita; e as algas coralinas, pertencentes ao filo Rhodophyta (ordem Corallinales), cuja calcificação das paredes é na forma de calcita (Lee 1980, Reviers 2006). As algas *Halimeda* são comuns em locais rasos, mas algumas espécies podem ocorrer em locais profundos, inclusive com baixa luminosidade (Lee 1980). Elas vivem

presas a um substrato que pode ser duro ou mole (Littler *et al.* 1988). As espécies de *Halimeda* que ocorrem em águas profundas tendem a ter artículos relativamente grandes e pouco calcificados do que aquelas que ocorrem em ambientes rasos (Boss & Liddell 1987, Blair & Norris 1988) Elas são importantes constituintes do sedimento principalmente em ambientes tropicais (Carannante *et al.* 1988) e por isso, comumente, são analisadas separadamente das outras algas calcárias. As algas coralinas podem ser geniculadas ou não. As geniculadas são aquelas que possuem estruturas de articulação não calcificadas, chamadas genículos. São exemplos os gêneros *Corallina*, *Amphiroa* e *Jania*. Já as algas coralinas não-geniculadas são aquelas incrustantes ou nodulares, muitas são importantes construtores de estruturas recifais principalmente em áreas tropicais. São exemplos comuns os gêneros *Lithophyllum* e *Lithothamnium* (Reviere 2006, Lee 1980). As algas coralinas são comuns na zona costeira, podendo ocorrer inclusive em zonas intermareais, mas não em áreas muito expostas, por não suportarem o ressecamento. De acordo com Lee (1980), as não-geniculadas são mais comuns no infralitoral até uma profundidade de 30m, mas podem ocorrer até os 100m em águas muito claras. Ainda segundo o autor, existe uma tendência delas serem mais finas com o aumento da profundidade, como resultado de um crescimento mais lento.

2.2 Associações Biogênicas

Há muito tempo tem-se discutido a respeito dos possíveis fatores que podem influenciar a formação de associações biogênicas nos sedimentos, também conhecidas como microfácies, biofácies ou litofácies (Less & Buller 1972, Less 1975, Carannante *et al.* 1988, Halfar *et al.* 2000, Pomar *et al.* 2004, Wright & Burges, 2005). Desde o momento em que Less & Buller (1972) distinguiram as associações biogênicas carbonáticas características de águas quentes daquelas de água frias, a temperatura tem sido mencionada como o principal fator condicionante para a sua formação. Baseado nesses autores, estas associações passaram a ser classificadas como *chlorozoan*, que são aquelas restritas a ambientes tropicais (dominadas por algas verdes e corais hermatípicos) e *foramol*, que correspondem às associações características de ambientes temperados (dominados por foraminíferos e moluscos). Less (1975) sugeriu, então, mais um termo, *chloralgal*, para caracterizar ambientes tropicais contendo associações nas quais predominavam essencialmente as algas verdes.

Novos termos foram surgindo quando os antigos não se adequavam a uma determinada associação encontrada. Carannante *et al.* (1988), por exemplo, observaram na costa brasileira e no mar Mediterrâneo associações biogênicas inesperadas, consideradas por eles anômalas, sugerindo os termos *rhodalgae*, referindo-se ao predomínio de algas vermelhas incrustantes em ambientes transicionais; e *molechfor*, referindo-se às associações de moluscos, equinodermos e foraminíferos, em ambientes de águas temperadas a frias. Mais recentemente, James (1997) sugeriu os termos *heterozoan* e *photozoan* levando em consideração vários aspectos ecológicos e, portanto, a influência de vários fatores ambientais para distinguir as associações. Segundo Pomar *et al.* (2004), as classificações das associações biogênicas baseadas em um único fator ambiental são inadequadas, pois uma série de fatores podem ter participação na formação de tais associações. No entanto, segundo os autores, a utilização destes termos ainda persiste em trabalhos relacionados ao tema.

Considerando-se que as associações biogênicas são derivadas de esqueletos e tecidos endurecidos de organismos vivos, é esperado que outros fatores tais como salinidade, disponibilidade de nutrientes, concentração de CO₂ e O₂, intensidade fótica e turbidez da água, energia do ambiente, profundidade, tipo de substrato, dentre outros, tenham participação na formação destas associações, seja em pequena ou grande escala, da mesma forma que a temperatura (Nelson & Hancock 1984, Carey *et al.* 1995, Brandano & Corda 2002, Pomar *et al.* 2004, Wilson & Vecsei 2005). Até mesmo atividades antropogênicas que causem alterações persistentes no ambiente podem ser refletidas nos componentes biogênicos do sedimento (Bonetti *et al.* 2001). Ferguson (2008), por exemplo, verificou que alterações na composição da assembléia morta de molusco na Baía da Flórida estavam relacionadas a modificações no ambiente devido ao incremento de nutrientes na área, sugerindo que o estudo destas assembléias seja um importante instrumento no diagnóstico ambiental de ambientes recentes. Inclusive, com relação a este aspecto, vem crescendo o número de pesquisadores que defendem a utilização de dados obtidos nos registros sedimentar e fóssil em estudos voltados para a conservação, em uma linha de pesquisa relativamente nova chamada “Paleobiologia da Conservação” (Dietl & Flessa 2009). Nestes estudos, destaca-se a importância dos dados paleontológicos para analisar e reconstituir o estado do ecossistema antes de determinado impacto humano, já que praticamente não existem ecossistemas atuais originais ou não perturbados, e os dados históricos disponíveis sobre os ecossistemas geralmente são insuficientes e inadequados para garantir informações seguras sobre os

padrões existentes no ecossistema antes do distúrbio (Vitousek *et al.* 1997, Bennington & Aranson 2012).

Uma vez que os grãos biogênicos são produzidos sob a influência de processos físicos, químicos e biológicos, podendo ser preservados *in situ*, as associações biogênicas, conseqüentemente, ocorrerão devido a respostas similares às condições do ambiente e por isso refletirão uma complexa interação entre os múltiplos fatores envolvidos na sua formação e preservação.

2.3 Estudos dos Componentes Biogênicos e da Tafonomia

Os estudos realizados com os componentes biogênicos vão além de análises de microfácies. Sua importância na participação direta na modificação dos sedimentos, sobretudo na textura, e sua utilidade como indicador de condições ambientais são aspectos bastante discutidos nos trabalhos científicos.

Após a morte, os organismos que secretam algum tipo de esqueleto disponibilizam suas estruturas biomineralizadas para o sedimento (Purdy 1963). A morfologia e o ciclo de vida destes organismos, bem como a microestrutura e a mineralogia dos grãos biogênicos gerados são características que estão relacionadas à resistência do grão à quebra e ao desgaste (Ginsbug *et al.* 1963, Swinchatt 1965, Maiklem 1968). Por isso, a distribuição granulométrica dos componentes biogênicos ocorrerá em função do tipo de organismo produtor e das modificações sofridas pelo grão. Juntos, todos estes aspectos terão influência na textura do sedimento.

De acordo com Purdy (1963), os organismos são capazes de modificar a textura dos sedimentos no seu local de vida, tanto por meio da produção de sedimento como por meio de suas atividades, principalmente aquelas relacionadas ao hábito alimentar. As esponjas da família Clionidae, por exemplo, têm ação bioerosiva em conchas e outros substratos calcários, produzindo sedimentos finos (Rützler & Rieger 1973). Outro exemplo ocorre com os organismos detritívoros, que ingerem o sedimento fino, tamanho silte e argila, e produzem pelotas fecais tamanho areia (Purdy 1963).

O hábito de alguns organismos de se deslocar através das camadas sedimentares, para se alimentar ou criar refúgios, provoca o retrabalhamento e a exumação de grãos das camadas sedimentares mais antigas, no processo de bioturbação (Swinchatt 1965, Laporte 1975). Esse tipo de atividade é uma das causas da mistura temporal (time-averaging) de grãos biogênicos, ou seja, a mistura de biogênicos não contemporâneos,

de idades diferentes, e que algumas vezes podem representar comunidades ecologicamente também distintas (Kidwell *et al.* 1986, Staff *et al.* 1986). De acordo com Kidwell (1998), a mistura temporal de grãos biogênicos pode chegar a uma diferença de idade em torno de 10.000 anos a depender das condições do ambiente.

Além de serem importantes elementos modificadores dos sedimentos, as assembleias mortas podem ser utilizadas como indicadores de condições ambientais. Em um estudo realizado por Ginsburg (1956), com o sedimento carbonático do sul da Flórida, ele verificou que variações espaciais no ambiente físico do ambiente deposicional, envolvendo batimetria, área geográfica e hidrografia, podem ser refletidas no tamanho do grão e na composição biogênica do sedimento. Wilson (1979) também verificou que variações na composição biogênica refletem condições ambientais distintas, já Wilson (1988) associou as mudanças nas assembléias constituintes do sedimento às mudanças no tipo de substrato decorrentes das variações no nível relativo do mar. Perry (1996), em seu trabalho com os sedimentos recifais da baía de Discovery, Jamaica, relacionou mudanças na produção e composição dos grãos biogênicos com o declínio na comunidade recifal estudada. Segundo este autor, o registro de mudanças no sedimento biogênico dependerá do padrão de mistura temporal (time-averaging) e da susceptibilidade dos grãos aos processos destrutivos.

Muitas vezes a ausência ou carência de determinado componente biogênico no sedimento ocorre em função dos processos tafonômicos atuantes naquele grão. Harney *et al.* (2000) observaram que os fragmentos de coral no sedimento da baía de Kailua, Hawaii, estão pouco representados no sedimento apesar dos corais serem importantes construtores de recifes no local. Estes autores concluíram que os processos tafonômicos podem ser os principais causadores deste fato e que os fragmentos de corais podem ser erodidos e removidos do sistema mais rapidamente do que outros componentes do sedimento. Trabalhos realizados comparando-se a composição da comunidade viva com a da assembléia morta mostram que os processos tafonômicos podem alterar a composição da assembléia, dependendo muito das características físicas do ambiente (Pandolfi & Minchin 1995, Zuchsin *et al.* 2000). Daí a importância da avaliação do estado de preservação dos grãos para uma melhor interpretação dos dados e para o diagnóstico ambiental.

O estudo do grau de preservação dos grãos biogênicos envolve análises de processos tais como fragmentação, arredondamento, abrasão física, dissolução química e bioquímica, bioerosão e incrustação (Brett & Baird 1986, Callender *et al.* 1992). Estes

processos deixam registrados nos grãos as condições do seu ambiente de deposição, agindo principalmente nos primeiros 20 centímetros do sedimento, onde ocorre a chamada zona tafonomicamente ativa (Staff *et al.* 1986, Scoffin 1992). Nestas análises, apesar da perda de informações biológicas nos grãos mal preservados, estes refletirão melhor as condições do ambiente do que aqueles bem preservados (Maiklem 1968, Nebelsick & Kiene 1997). Brett & Baird (1986) sugerem que as características do ambiente que melhor podem ser interpretadas nestes grãos compreendem aquelas relacionadas ao nível de energia do ambiente, que pode gerar transporte do grão em diferentes graus; e aquelas relacionadas aos padrões de sedimentação, que pode ser considerado baixo quando os grãos não são soterrados rapidamente e, por isso, apresentam aparência desgastada por causa da sua maior permanência na zona tafonomicamente ativa. Já Smith & Nelson (2003), acreditam que evidências de dissolução em grãos carbonáticos podem ser interpretadas como ocorrência de desequilíbrio químico na água do mar de diversas origens e que processos, tais como a bioturbação, podem acelerar essa dissolução.

Outro aspecto importante relacionado a tafonomia é a questão da idade dos grãos baseado no seu grau de conservação. De acordo com Flessa *et al.* (1993), os grãos biogênicos mal preservados tendem a ser mais velhos, porém vale ressaltar que o estado físico dos grãos biogênicos está mais associado ao seu tempo de residência total no sedimento superficial do que seu tempo de morte. Powell & Davies (1990) compararam diversas características tafonômicas (abrasão, dissolução, arredondamento, incrustação, bioerosão, brilho e cor) em conchas de moluscos recentemente mortos e em conchas mais velhas para testar se tais características refletiriam a idade das conchas. Eles concluíram que a cor e o brilho são as características mais apropriadas para definir a idade relativa das conchas, mas que há uma maior tendência de conchas mais antigas apresentarem um estado físico com sinais mais evidentes de abrasão, arredondamento, dissolução, incrustações e bioerosão.

3.0 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Características gerais

A Baía de Todos os Santos (BTS) é a segunda maior baía da costa brasileira, com uma área aproximada de 1200 km², considerando o espelho d'água máximo em situação de preamar de sizígia (Santos *et al.* 2003). Localizada na latitude 12°50' S e longitude 38°38' W, a BTS representa uma feição costeira com morfologia fortemente controlada por falhas, associadas à Bacia Sedimentar do Recôncavo. Esta bacia é delimitada a oeste pela falha de Maragojipe e a leste pela falha de Salvador (Dominguez & Bittencourt 2009). Os blocos falhados deram origem a altos topográficos que constituem 54 ilhas no seu interior, das quais as maiores são Itaparica, dos Frades, de Maré e Madre de Deus (Lessa *et al.* 2000). Nas porções marginais do interior da BTS observa-se um conjunto de estuários e baías secundárias, como as de Iguape, de Aratu e da Ribeira.

A topografia de fundo da maior parte da baía apresenta relevo pouco expressivo, com profundidades não superiores a 10m. Profundidades maiores do que 20m, no entanto, são encontradas entre as Ilhas dos Frades e Madre de Deus, na foz do rio Paraguaçu e no Canal de Salvador, podendo este último exceder, localmente, 50m (Bittencourt *et al.* 1976).

3.2 Aspectos climáticos e oceanográficos

O clima na região é do tipo Af (quente e úmido), segundo a classificação de Köppen, com pluviosidade média de 1800 mm ano⁻¹, ocorrendo às maiores precipitações nos meses de abril a agosto, com destaque para o mês de maio. Por sua vez, a evapotranspiração possui intensidade bem marcada nos meses de verão, logo inversamente proporcional ao regime pluviométrico da região.

Do ponto de vista oceanográfico possui características marinhas ao longo de todo o ano, apesar da contribuição de água doce de suas principais três bacias hidrográficas e 93 pequenos cursos d'água (> 1.5 km), que drenam as áreas marginais da baía (Lima & Lessa 2001). A descarga de água doce atual que ocorre na BTS, desempenhada pelos rios Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé juntamente com as 93 microbacias periféricas, tem vazão média anual de 120 m³/s que, de acordo com Santos *et al.* (2003), é considerada baixa. Segundo estes autores, essa característica contribui para as condições marinhas

abertas em direção à parte central da baía. A baía possui ainda uma complexa rede de drenagem, com trechos inferiores onde há depósitos arenosos, argilo-arenosos e lamosos, os quais encerram grande quantidade de matéria orgânica, que propiciam a formação de manguezais. Os manguezais ocorrem principalmente na porção norte da baía, compreendendo a região que vai da baía de Aratu até o estuário Subaé, sendo encontrado também no estuário Paraguaçu, abrangendo toda a baía de Iguape (Santos *et al.* 2003).

As marés são caracteristicamente semi-diurnas, e já foram registradas com alturas máximas de 1,87m, em sizígia; e mínima de 0,98m, em quadratura (Lessa *et al.* 2009). Observa-se ainda, que a onda de maré é progressivamente amplificada e distorcida ao adentrar a baía, especialmente nos trechos mais estreitos, sinuosos e/ou rasos. Genz (2006) já registrou, por exemplo, amplificação da maré em até 1,0m no baixo curso do rio Paraguaçu.

3.3 Geologia

A origem geológica da BTS apresenta duas correntes distintas: (i) de acordo com Dominguez & Bittencourt (2009), ela teria sido formada pelo processo de erosão diferencial atuante, preferencialmente, nas rochas sedimentares da bacia do Recôncavo, durante o Cenozóico, quando o nível de base se encontrava vários metros abaixo do atual; já (ii) de acordo com Lessa *et al.* (2000), ela teria sido formada por influência tectônica, no qual os sistemas de falhas principais foram estabelecidos no Cretáceo e suas reativações ocorreram durante o Terciário e Quaternário.

No entorno da BTS afloram rochas sedimentares do Cretáceo Inferior representados por folhelhos, ritmitos, arenitos do Grupo Ilhas, além dos arenitos e folhelhos do Grupo Santo Amaro e da Formação São Sebastião (Medeiros & Pontes 1981). Ainda, na margem ocidental sul e ao longo do canal do Paraguaçu, afloram extensamente arenitos finos a conglomeráticos e folhelhos do Jurássico Superior (Grupo Brotas). Os depósitos Quaternários aluviais, terraços marinhos e o manguezal ocorrem ao longo das margens, especialmente na metade ocidental da baía (CBPM 2002).

Os estudos dos sedimentos superficiais do fundo da BTS iniciaram-se há mais de 30 anos, sempre privilegiando suas características texturais. Dominguez & Bittencourt (2009) identificaram quatro fácies sedimentares principais nesta baía, que estão distribuídas de acordo com o mapa da figura 1. As fácies foram caracterizadas da

seguinte forma: (i) fácies de areia quartzosa, composta principalmente por grãos de quartzo e alguns biodetritos; (ii) fácies de lama, constituída por argila, silte e pouca areia, alguns componentes biogênicos, fragmentos de vegetais e pelotas fecais; (iii) fácies de areia e cascalho biodetríticos, composta por mais de 50% de componentes biogênicos, alguns grãos de quartzo e pouca argila; e (iv) fácies mista, constituída por uma mistura, em diversas proporções, de areia quartzosa, lama e biodetritos. De acordo com os autores a origem dos sedimentos finos que compõem a fácies de lama presentes na porção meio norte da baía ainda é imprecisa, uma vez que os aspectos composicionais foram pouco estudados.

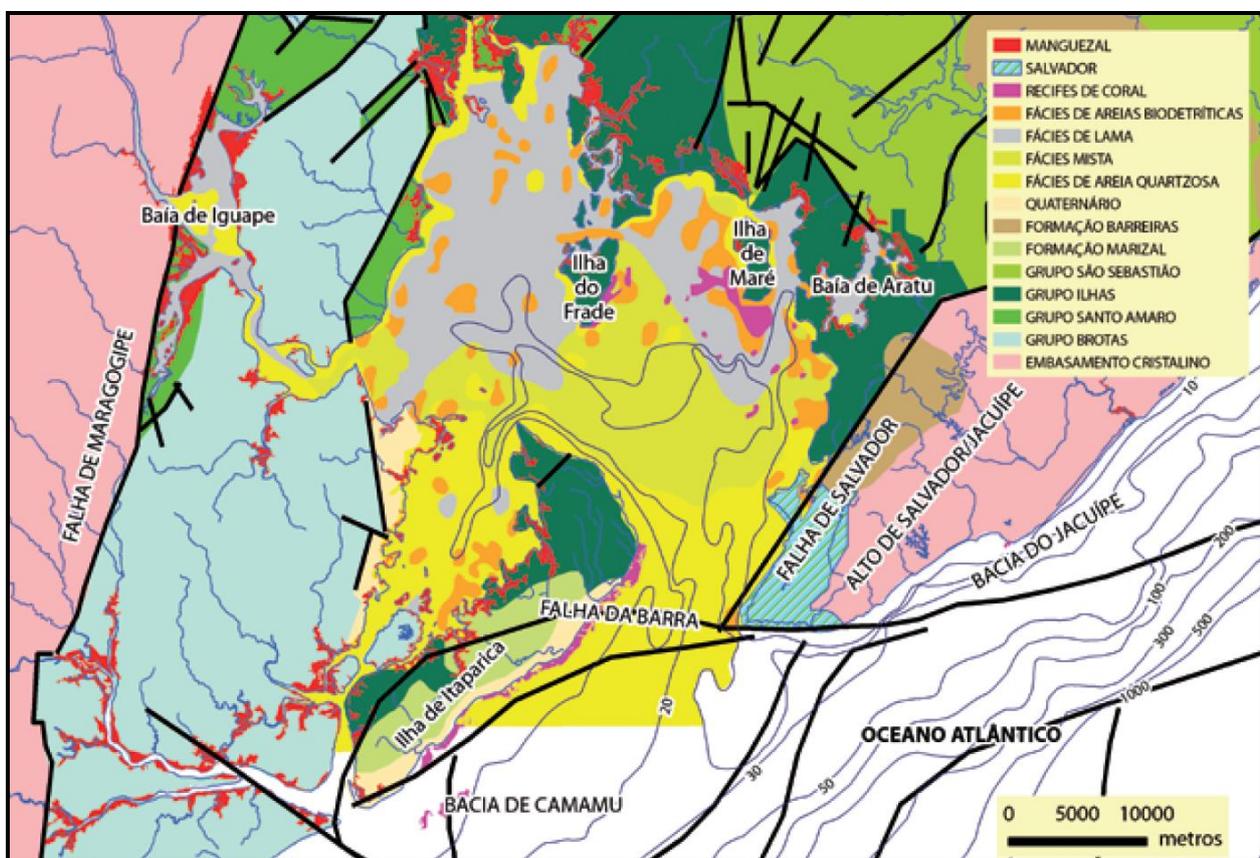


Figura 1 – Geologia do entorno e do fundo da Baía de Todos os Santos (Dominguez & Bittencourt 2009).

3.4 Aspectos ambientais

A BTS apresenta uma grande variedade de ambientes, dentre eles praias arenosas, rochosas, lodosas, extensos manguezais, além dos recifes de coral. Os recifes bordejam, quase continuamente, a parte leste e sudeste da Ilha de Itaparica, e são, também, encontrados ao redor da Ilha de Madre de Deus, entre as Ilhas de Maré e dos Frades, e litoral de Salvador até as proximidades de São Tomé de Paripe (Dutra *et al.* 2006). Tal diversidade ambiental deve favorecer também a biodiversidade associada ao fundo desta baía, porém ainda pouco estudada.

Muitos trabalhos indicam que a BTS vem sofrendo diversos níveis de modificações. Modificações estas principalmente relacionadas à ocupação humana, que podem estar causando sérios danos em seu meio ambiente. As atividades antrópicas no seu entorno iniciaram com a ocupação dos portugueses e com a fundação da Cidade de Salvador no século XVI (Araujo 2000). Nesta época foram implantadas diversas atividades agroindustriais, representadas por engenho e monoculturas, que só aumentaram ao longo dos séculos. Especialmente no século XX, as atividades urbano-industriais tiveram um impulso decisivo com a construção da Refinaria Landulpho Alves em 1950 (Oliveira 1997). Na década de 1960 essas atividades aumentaram consideravelmente com a implantação de cerca de 200 indústrias no entorno da baía, incluindo metalúrgica, têxtil e química. Em 1978 houve o desenvolvimento do centro industrial na parte norte da baía e em 1985 foi construída a represa do rio Paraguaçu, situada na parte oeste, reduzindo o suprimento de água doce para a baía (Couto *et al.* 1997, Brito 1997). Todas essas transformações que a BTS vem sofrendo ao longo dos anos podem estar refletidas nas comunidades vivas do fundo e, muito provavelmente, registradas no sedimento biogênico produzido por elas.

4.0 METODOLOGIA

4.1 Procedimentos em Campo

As atividades de campo, descritas a seguir, foram desempenhadas pela equipe da Prof^a. Dr^a. Orane Falcão de Souza Alves, que disponibilizou as amostras de sedimento de fundo para a realização do presente trabalho.

- Coletas de água e sedimento foram realizadas, no período de março a maio de 1997, em 32 estações amostrais, as quais foram distribuídas em seis grandes áreas (Figura 2), de modo que diferentes ambientes sedimentológicos e com características oceanográficas distintas fossem representados. Foram coletadas amostras ao norte da baía, localizadas entre a costa oeste e a Ilha do Frade (N1 à N5), à nordeste, localizadas entre a costa leste e a mesma ilha (M1 a M4); bem como amostras na parte central da baía (C1 a C6), no Canal de Itaparica (I1 a I5), no Canal de Salvador (S1 a S7) e na plataforma adjacente (P1 a P5).
- As amostras de sedimento foram coletadas utilizando-se um busca-fundo do tipo van Veen, com capacidade de cinco litros.
- A profundidade nas estações de coleta foi avaliada por meio de ecossonda e a transparência da água com a utilização de um disco de Secchi.

4.2. Procedimentos em Laboratório

4.2.1 Análise dos Sedimentos

Os procedimentos a seguir, relacionados à análise dos sedimentos, também foram realizados pela equipe da Prof^a. Dr^a. Orane Falcão de Souza Alves.

- A análise granulométrica foi feita em 32 amostras de sedimento, de acordo com Folk (1968) e Suguio (1973), as quais foram submetidas ao peneiramento (frações > 0,062), em intervalo de $1/2 \phi$, e à pipetagem (frações < 0,062).
- Teores de carbonato nos sedimentos foram avaliados, por classe granulométrica, por meio de digestão em ácido clorídrico (Gross 1971).

- O conteúdo orgânico do sedimento foi estimado utilizando-se água oxigenada (Gross 1971).

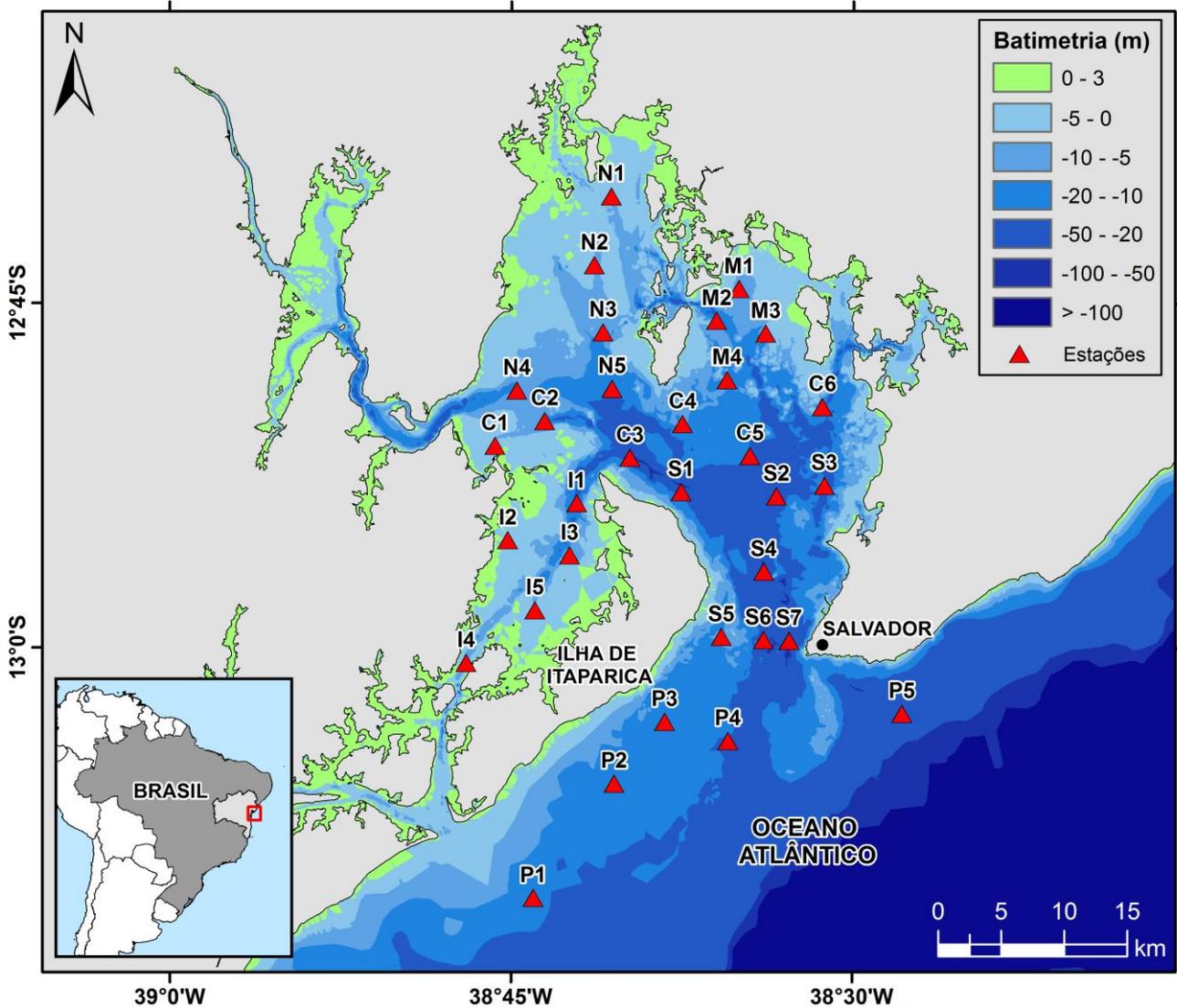


Figura 2 – Localização da área de estudo e das estações amostrais na Baía de Todos os Santos. Dados da batimetria provenientes da digitalização das cartas náuticas da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação).

4.2.2 Análise dos Componentes dos Sedimentos

a) Triagem dos Componentes

Os componentes do sedimento foram identificados, nas 32 amostras, considerando os primeiros 300 grãos, por frações granulométricas em intervalos de um *phi*: cascalho (>2,00mm) e areia (2,00 a 0,125mm) (Ginsbug 1956, Purdy 1963, Milliman 1967). Este procedimento foi realizado com o auxílio de um estereomicroscópio binocular (lupa). De acordo com Ginsburg (1956), não é recomendado utilizar frações menores do que 0,125mm nas análises de composição dos sedimentos, devido à possibilidade das partículas muito pequenas sofrerem grandes deslocamentos. Segundo o autor, isso pode provocar confusão durante a interpretação dos resultados. Além disso, Purdy (1963) afirma que grãos muito fragmentados, presentes em frações menores do que 0,125mm, geralmente perdem suas características, dificultando o processo de identificação.

Após a identificação, os componentes foram agrupados em quatro classes, de acordo com Illing (1954), Milliman (1974) e Wilson (1979):

- 1- **Biogênicos**, que compreendem aqueles grãos originados de restos biomineralizados de animais e vegetais, constituídos de carbonato de cálcio ou sílica, incluindo as pelotas fecais;
- 2- **Siliciclastos**, que compreendem os diversos grãos minerais e fragmentos de rocha;
- 3- **Agregados**, que são representados por grãos formados por fragmentos de diversas origens, podendo conter biogênicos e siliciclastos juntos, unidos por uma matriz criptocristalina;
- 4- **Grãos orgânicos**, que são originados de fragmentos de vegetais, tais como gramíneas e fragmentos da vegetação costeira.

Dentre os componentes, os biogênicos foram identificados de acordo com as características morfológicas determinadas pelos espécimes de organismos que os originaram. Para isso foram utilizadas as seguintes referências: Illing (1954), Milliman (1974), Tucker & Wright (1990), Stöhr (2005), Skovsted (2006), Salomon *et al.* (2010).

b) Tafonomia dos Componentes Biogênicos

Cem grãos biogênicos foram separados, aleatoriamente, nas frações granulométricas em intervalos de um ϕ , até a fração areia grossa (1-0,500mm), para a realização das análises tafonômicas (Kidwell *et al.* 2001, Rodrigues *et al.* 2009). Estas análises correspondem ao estudo de um conjunto de características que podem ser observadas nos grãos, chamadas de assinaturas tafonômicas, e que representam o seu estado de preservação. Para tanto, foram considerados três aspectos principais:

- i- **Condições gerais dos grãos**, quanto à presença de brilho, abrasão, dissolução, bioerosão e incrustação, de acordo com Powell *et al.* (1989) e Behrensmeyer *et al.* (2000);
- ii- **Coloração dos grãos**, na qual as cores branca (ou natural) e amarela representaram grãos sem alteração de cor, e as cores ocre, cinza e preta, grãos com alteração de cor. Tais critérios foram adaptados dos trabalhos de Maiklem (1967) e Powell & Davies (1990);
- iii- **Grau de arredondamento dos grãos**, com escala proposta por Pilkey *et al.* (1967), que varia entre 0 e 4, na qual: 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado (Figura 3).

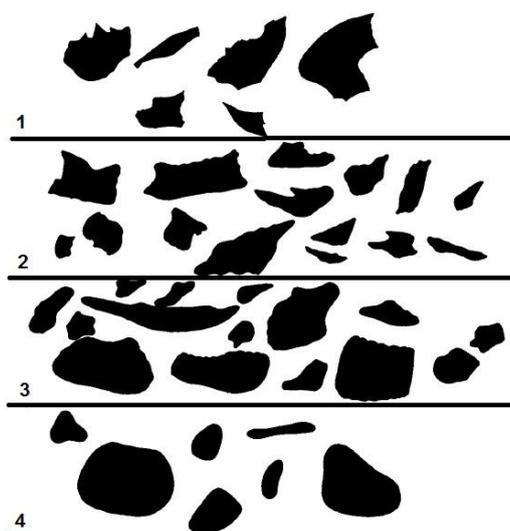


Figura 3 – Escala de arredondamento para bioclastos (Pilkey *et al.* 1967).

Após a análise do estado de preservação dos grãos, aqueles bem preservados, ou seja, apresentando a condição brilho, muito pouca ou nenhuma dissolução, bioerosão e/ou incrustação, bem como sem alteração de cor foram classificados como atuais; e aqueles muito desgastados, ou seja, com vários níveis de dissolução, bioerosão e/ou incrustação, e quase sempre com alteração de cor foram classificados como relíquia. Esta classificação levou em consideração basicamente a aparência física dos grãos, seguindo os critérios adotados por Carter (1975), Nelson *et al.* (1982), Nelson & Hancock (1984), Powell & Davies (1990) e Poggio *et al.* (2009), sem considerar, necessariamente, a idade dos mesmos.

4.3. Análises Estatísticas

4.3.1 Abundância Relativa (%)

Utilizando-se os dados de abundância absoluta, determinados a partir da totalidade de cada um dos componentes do sedimento identificados nas frações de cada amostra, foram calculados os valores de abundância relativa, de acordo com a seguinte fórmula:

$$AR = (n \times 100) / N$$

Onde **n** corresponde ao número de cada componente identificado e **N** corresponde ao número total dos componentes encontrados.

A interpretação dos resultados foi realizada com base nos valores obtidos para cada componente utilizando a seguinte classificação, de acordo com Dajoz (1983): (i) principais, com abundância maior do que 5%; (ii) acessórios, com abundância entre 4,99 e 1% e (iii) traço, com abundância menor do que 1%.

No estudo da composição dos sedimentos, o valor do percentual final de cada componente foi resultante de ponderações feitas nas frações analisadas das amostras. Isto significa que a abundância absoluta de cada componente foi multiplicada pelo valor do peso (%) de cada fração, para, então, estes resultados parciais serem somados e depois serem calculados os percentuais finais de cada componente, por amostra (Purdy 1963, Wilson 1979, Gabrié & Montaggioni 1982, Collen & Garton 2004). Este procedimento tem sido sempre utilizado quando o objetivo é determinar a contribuição efetiva dos componentes nos sedimentos de uma determinada área, nas frações cascalho e areia.

4.3.2 Frequência de Ocorrência (%)

A frequência de ocorrência dos componentes do sedimento foi calculada com o intuito de representar a relação entre cada um deles e a área de amostragem, fornecendo uma idéia de distribuição espacial. A frequência de ocorrência é expressa segundo a fórmula:

$$FO = (p \times 100) / P$$

Onde **p** corresponde ao número de estações amostrais nas quais cada um dos componentes ocorrem, e **P** corresponde ao número de estações analisadas. Com base nos resultados dos cálculos, os biogênicos foram classificados, de acordo com Dajoz (1983), como: (i) constantes, com frequência maior do que 50%; (ii) acessórios, com frequência entre 25 e 50% e (iii) acidentais, com frequência menor do que 25%.

4.3.3 Comparação entre Médias

A comparação entre médias é realizada com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre os dados de duas amostras independentes (Callegari-Jacques 2004). Esta análise estatística foi aplicada aos dados dos componentes biogênicos classificados como atuais e relíquias, bem como entre os dados dos componentes biogênicos identificados nas amostras de 1974 (Macedo 1977) e de 1997 (presente trabalho). Para isso foi utilizado o programa *GraphPad InStat 3 for Windows*, através do qual foram aplicados os seguintes testes estatísticos:

- Teste *t* de Student, para dados paramétricos (com distribuição normal)
- Teste de Mann-Whitney, para dados não-paramétricos

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, e o nível de significância considerado foi $\alpha=0,05$.

Vale ressaltar que para comparar os dados dos componentes biogênicos, identificados nas amostras de sedimento realizadas em 1974 (Macedo 1977) e em 1997 (presente trabalho), foram consideradas apenas aquelas amostras que apresentaram uma localização aproximada (24 amostras), de acordo com a disposição visual no mapa da área de estudo (Figura 4). Além disso, a metodologia aplicada para a realização da triagem dos componentes, para esta comparação, seguiu os procedimentos adotados no trabalho mais antigo, ou seja, a metodologia de Macedo (1977). Dessa forma, foram recontados e identificados 100 componentes biogênicos nas amostras de 1997, nas

frações granulométricas em intervalos de um ϕ , incluindo a fração areia muito fina (0,125-0,062mm), seguindo a escala de Wentworth e os critérios adotados no trabalho de Macedo (1977). Os percentuais de cada componente foram, então, calculados considerando as frações cascalho (>2,00mm) e areia (<2,00mm), separadamente, para assim serem realizadas as comparações entre as médias dos componentes biogênicos identificados nas amostras realizadas nas diferentes épocas.

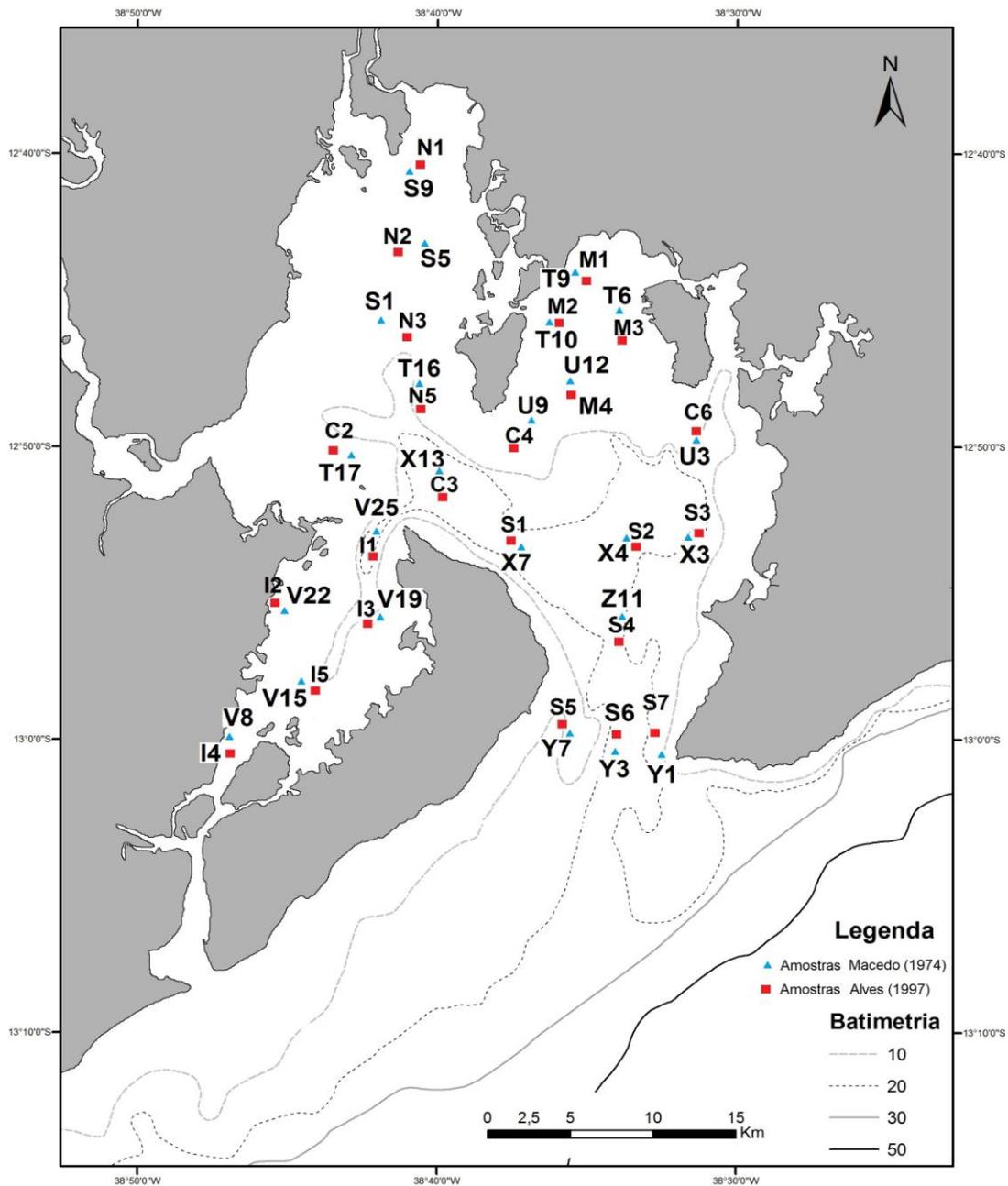


Figura 4 – Localização das amostras de sedimento realizadas por Macedo, no ano de 1974, e Alves, no ano de 1997, utilizadas para a comparação da composição biogênica dos sedimentos.

4.3.4 Coeficiente de Correlação

O coeficiente de correlação (r) é estimado com o objetivo de medir a intensidade (%) e o tipo (positiva ou negativa) da associação existente entre duas variáveis quantitativas, podendo variar entre -1 e +1 (Callegari-Jacques 2004). As variáveis dependentes (y) consideradas no presente trabalho foram os percentuais dos componentes biogênicos e os percentuais das assinaturas tafonômicas, enquanto as variáveis independentes (x) foram aquelas referentes aos parâmetros ambientais. Para dados paramétricos foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson e para dados não-paramétricos, o coeficiente de correlação de Spearman, utilizando o programa *GraphPad InStat 3 for Windows*.

4.3.5 Análise de Classificação ou de Agrupamento

A análise de classificação consiste em agrupar objetos (modo Q) ou espécimes (modo R) a fim de reconhecer entre eles um grau de similaridade suficiente para reuni-los em um mesmo conjunto (Valentin, 2000). No presente trabalho, foi utilizado o modo de análise para agrupar objetos (modo Q), representados pelas estações amostrais. Esta análise foi realizada com base nos dados de abundância relativa apenas dos componentes biogênicos, excluindo-se os demais componentes do sedimento (Halfar *et al.* 2000), uma vez que o objetivo era determinar as biofácies da área de estudo. Para tanto foi utilizado o método de Ward (variância mínima) conjugado com a distância euclidiana. Este método é baseado no princípio de que em cada estágio da análise de agrupamento a variância dentro dos grupos é minimizada em relação à variância entre os grupos (Valentin, 2000). A variância dentro dos grupos é definida como a soma dos quadrados da distância entre cada ponto e o centróide do agrupamento (Pielou, 1984). A representação bi-dimensional do processo de classificação é o dendrograma. Estas análises foram realizadas utilizando o programa *Statistica 9 for Windows*.

A significância dos agrupamentos foi obtida por meio do teste não-paramétrico MRPP (Multi-response permutation procedures), conforme McCune & Grace (2002), utilizando-se o programa *PC-ORD 4 for Windows*.

4.3.6 Análise de Ordenação

A ordenação consiste em um conjunto de técnicas pelas quais os objetos de estudo são posicionados em relação a um ou mais eixos, possibilitando verificar semelhanças entre os objetos, levando-se em consideração suas posições relativas aos eixos (Valentin 2000). Esta análise foi realizada com o objetivo de verificar as influências das variáveis ambientais sobre os agrupamentos dos componentes biogênicos.

A análise direta de gradientes foi efetuada após a determinação do tamanho do gradiente ambiental, ou seja, da relação entre descritores biológicos (componentes biogênicos) e os descritores ambientais. Nesta etapa da análise, considera-se que deve ser realizada uma Análise Canônica de Correspondência (ACC) quando o gradiente ambiental é maior do que 3, do contrário, quando é menor do que 3, deve ser realizada uma Análise de Redundância (AR) (Leps & Smilauer 1999). No presente trabalho foi realizada uma Análise de Redundância (AR), utilizando o programa *CANOCO 4.5 for Windows*.

4.4 Mapas de Distribuição

Para mostrar a distribuição dos componentes dos sedimentos e das assinaturas tafonômicas dos componentes biogênicos na área de estudo foram confeccionados mapas, com base nos percentuais encontrados, utilizando o programa *ArcGis 10*.

5.0 RESULTADOS

5.1 Parâmetros Ambientais

Os resultados referentes a este item tratam das variáveis ambientais amostradas na Baía de Todos os Santos cuja metodologia e discussão está descrita na tese de Alves (2002). No presente trabalho estes resultados estão sendo apresentados de forma resumida (Figura 5, Anexo 1).

Profundidade: variou de 1,5 (I2) a 62,2m (S1). Os pontos mais rasos foram localizados ao norte-nordeste da baía (amostras N e M), na parte central (C) e na área do Canal de Itaparica (I), geralmente não ultrapassando 20m. Enquanto os pontos mais profundos foram situados localmente na amostra C3, onde foi registrada 48m de profundidade, e entre as amostras localizadas no Canal de Salvador (S) e na plataforma interna de Salvador (P), chegando a ultrapassar 50m nas amostras S1 (62,2m) e S4 (56,1m) (Figura 5a).

Teor de Carbonato nos sedimentos: variou de 3,3 (N1) a 99,9% (M3). Os menores teores de carbonato foram encontrados nos sedimentos das amostras localizadas ao norte da baía (N) e localmente nas amostras S6 (4,8%) e P4 (5%), não chegando a 10%. As amostras localizadas no Canal de Itaparica (I), assim como as amostras P2 (54,8%) e P5 (86,6%), da plataforma, apresentaram mais de 50% de carbonato (Figura 5b).

Teor de Matéria Orgânica nos sedimentos: variou de 0,3% (S4 e P2) a 12,1% (N4). Os menores percentuais foram encontrados nas amostras entre o Canal de Salvador (S) e a plataforma (P), não ultrapassando geralmente 2% (Figura 5c). Os maiores percentuais de matéria orgânica nos sedimentos foram localizados nas amostras ao norte-nordeste da baía (N, M) e nas amostras C1 (8,2%) e I3 (6,1%), apresentando valores acima de 5,5%. É possível verificar uma tendência de diminuição do teor de matéria orgânica do interior da baía em direção à plataforma (Figura 5c).

Transparência da água: originalmente foi mensurada com a utilização do Disco de Secchi (em metros), e no presente trabalho foi transformada em valores relativos de acordo com a profundidade de cada estação amostral para facilitar a avaliação deste parâmetro ambiental em cada local (Figura 5d). Chegou a 100% em áreas rasas (máximo de 5m) e com predomínio de cascalho ou areia no sedimento (M3, I2, I5).

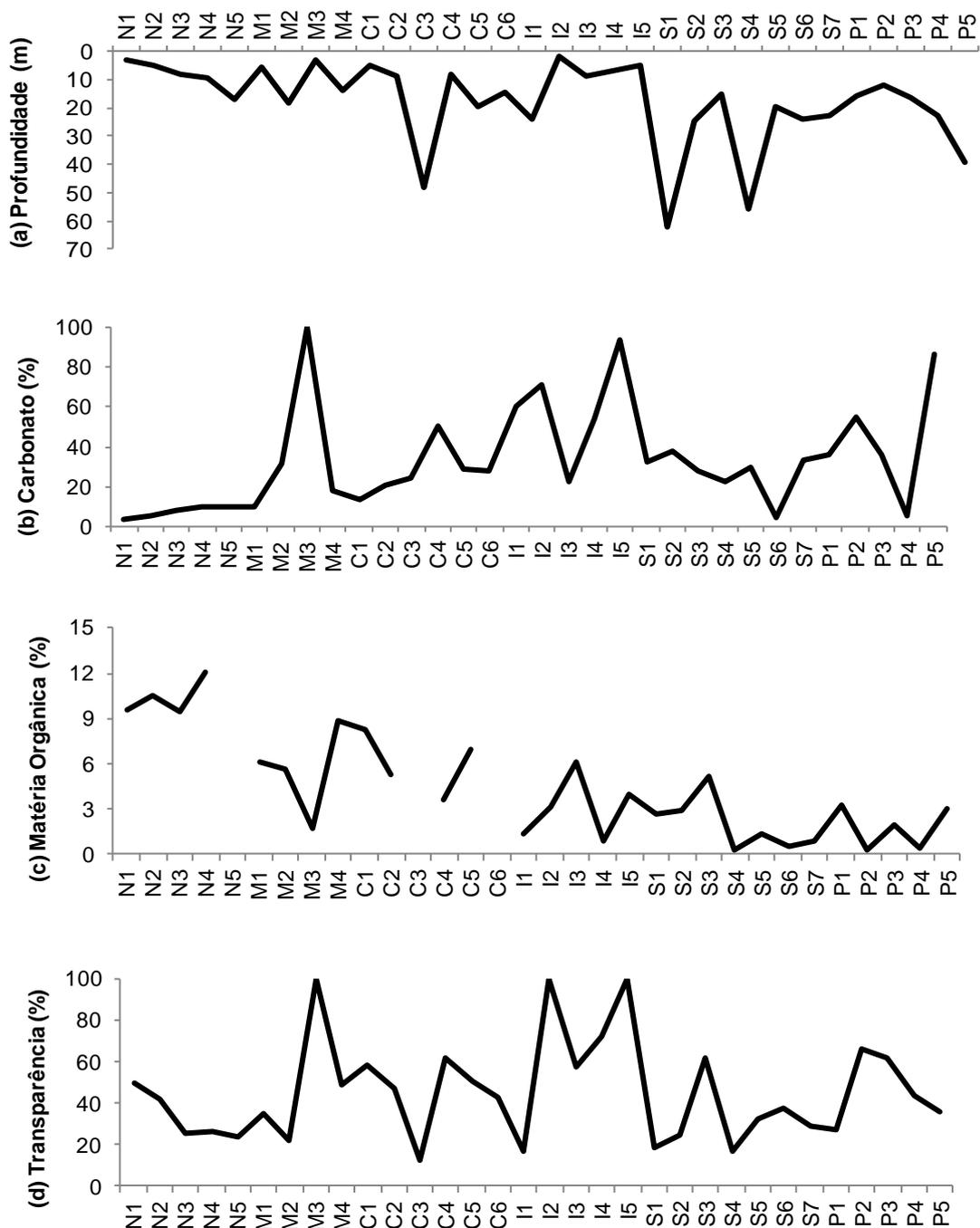


Figura 5 – Variáveis ambientais amostradas na Baía de Todos os Santos. **(a)** Profundidade (m); **(b)** Carbonato (%); **(c)** Matéria Orgânica (%); **(d)** Transparência (%).

Tipos de Fundo: foram caracterizados pelos percentuais de seixo, cascalho, areia e lama nas amostras (Figura 6). Houve presença de seixos apenas em 12,5% das amostras, duas localizadas no Canal de Itaparica, I4 (0,4%) e I5 (32,8%), e duas localizadas na plataforma, P2 (5%) e P3 (19%). Percentuais de cascalho foram observados localmente nas amostras M2 (6,85) e M3 (3%), e nas áreas do Canal de Itaparica (I), do Canal de Salvador (S) e da plataforma (P), com valor mínimo de 0,4% (S6) e máximo de 24,7% (P3). Sedimentos com mais de 90% de areia foram encontrados nas amostras M3 (97%)

e I4 (93,9%), e entre amostras do Canal de Salvador (S) e da plataforma (P). Já sedimentos com mais de 90% de lama foram encontrados ao norte-nordeste da baía (N e M1 e M4), e nas amostras C5 (97,6%) e C6 (98,2%). Na área ao norte-nordeste da baía (N, M1, M4) e nas amostras C5 e C6, onde foi verificado um teor alto de lama no sedimento (mais de 90%) (Figura 6), a transparência não ultrapassou 50% (Figura 5d).

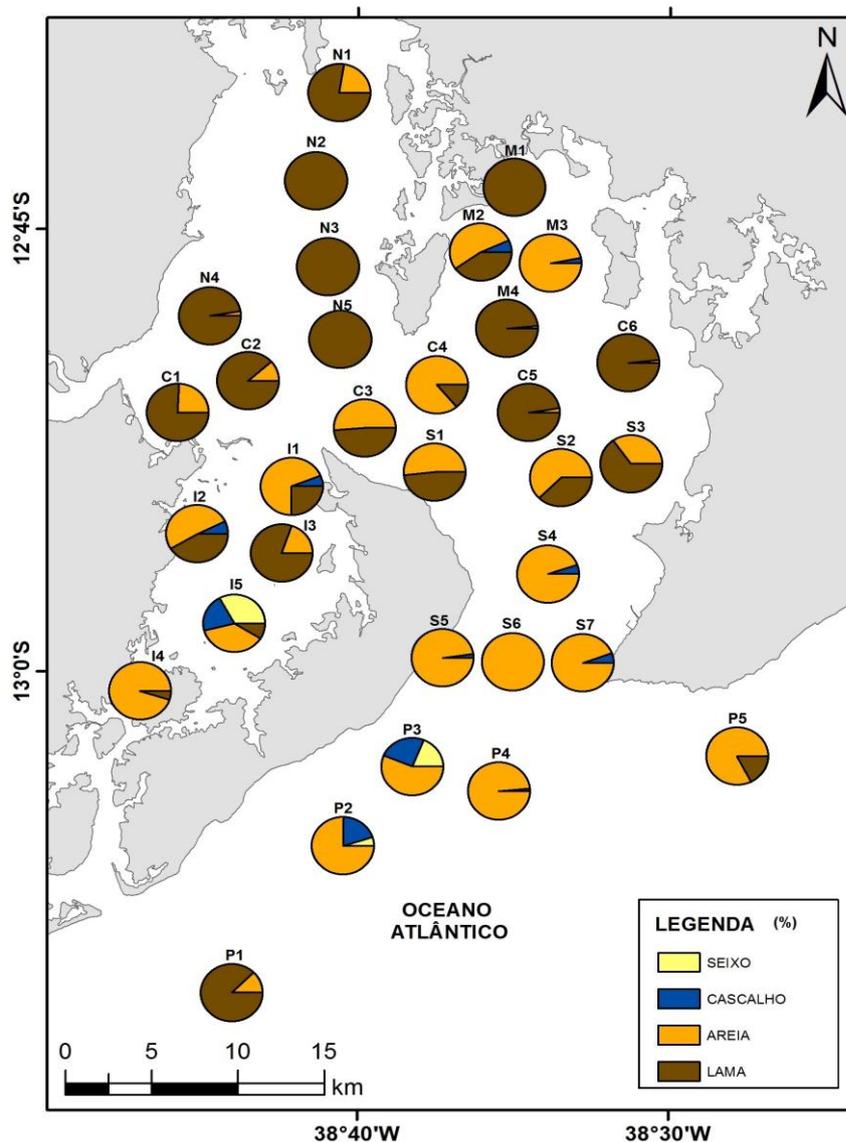


Figura 6 – Distribuição dos percentuais de seixo, cascalho, areia e lama nos sedimentos da Baía de Todos os Santos.

Dentre as variáveis ambientais analisadas algumas são altamente correlacionadas tais como: transparência com profundidade ($r=0,7364$), areia com lama ($r=-0,9475$), areia com matéria orgânica ($r=-0,8553$), e lama com matéria orgânica ($r=0,8635$) (Anexo 17).

5.2 Composição dos Sedimentos

5.2.1 Características Gerais

A composição dos sedimentos da Baía de Todos os Santos obtida no presente trabalho foi em média de 50% de grãos biogênicos, 26% de grãos siliciclastos, 15% de grãos agregados e 8% de grãos orgânicos (Anexo 3).

A fração cascalho dos sedimentos apresentou composição essencialmente de grãos biogênicos, dentre os quais os principais foram as conchas de moluscos, que muitas vezes encontravam-se inteiras. Ocorreram também artículos inteiros e fragmentados de alga *Halimeda*, fragmentos de briozoários e de algas calcárias não-geniculadas, e poucos minerais. Já a composição da fração areia foi mais variada. De maneira geral, os grãos agregados predominaram na fração areia das amostras localizadas ao norte (N), os grãos biogênicos ocorreram em diversas proporções por toda a baía, e os grãos siliciclastos predominaram na saída da BTS (amostras S e P) (Tabela 1, Anexo 2).

Tabela 1 – Constituintes das frações granulométricas cascalho e areia dos sedimentos da Baía de Todos os Santos. Onde: ACG=algas calcárias geniculadas, AGR=grãos agregados, ANG=algas calcárias não-geniculadas, BRI=briozoários, EQU=equinodermos, FGV=fragmentos de vegetal, HAL=algas *Halimeda*, MIN=minerais, MOL=moluscos, PEL=pelotas fecais.

| Estações amostrais | CASCALHO | | AREIA | | Estações amostrais | CASCALHO | | AREIA | |
|--------------------|------------|--------|------------|--------|--------------------|------------|--------|------------|--------|
| | Componente | %(Máx) | Componente | %(Máx) | | Componente | %(Máx) | Componente | %(Máx) |
| N1 | - | - | FGV | 90 | I2 | HAL | 75 | HAL | 94 |
| N2 | MOL | 100 | AGR | 71 | I3 | - | - | AGR | 61 |
| N3 | MOL | 100 | AGR | 70 | I4 | MOL | 71 | MIN | 74 |
| N4 | - | - | AGR | 42 | I5 | MOL | 89 | MOL | 77 |
| N5 | - | - | AGR | 73 | S1 | - | - | ACG | 17 |
| M1 | MOL | 94 | AGR | 34 | S2 | MOL | 67 | E QU | 19 |
| M2 | MOL | 89 | MIN | 44 | S3 | MOL | 54 | MOL | 25 |
| M3 | HAL | 50 | MOL | 45 | S4 | HAL | 53 | MIN | 60 |
| M4 | - | - | MOL | 20 | S5 | HAL | 47 | MIN | 26 |
| C1 | MOL | 100 | PEL | 68 | S6 | MOL | 56 | MIN | 81 |
| C2 | - | - | FGV | 44 | S7 | HAL | 36 | MIN | 57 |
| C3 | BRI | 40 | MIN | 61 | P1 | - | - | MIN | 32 |
| C4 | MOL | 100 | HAL | 28 | P2 | ANG | 55 | MIN | 39 |
| C5 | - | - | MIN | 24 | P3 | MIN | 38 | MIN | 48 |
| C6 | - | - | E QU | 23 | P4 | MIN | 46 | MIN | 85 |
| I1 | MOL | 59 | E QU | 50 | P5 | MOL | 60 | MIN | 39 |

5.2.2 Distribuição dos Componentes dos Sedimentos

Os componentes dos sedimentos da Baía de Todos os Santos estão distribuídos conforme a figura 7 e os dados percentuais de cada categoria estão tabelados no anexo 3. A relação destes componentes em função das variáveis ambientais que apresentaram baixa correlação entre si tais como profundidade, teor de carbonato e teor de lama pode ser observada na figura 8 e os resultados das correlações podem ser visualizados nos anexos 4 e 17. Foi possível verificar uma variação espacial na composição dos sedimentos da BTS, e correlações, em diversos níveis, desta composição com os parâmetros ambientais analisados.

Os grãos biogênicos mostraram-se presentes em toda a baía (Figura 7), predominando em 53% das amostras. Eles foram menos abundantes nas amostras localizadas ao norte (N), não ultrapassando a média de 14%. Por sua vez, nas amostras M3 e I5 chegaram a alcançar 100% na composição dos sedimentos. Os resultados das correlações realizadas entre os grãos biogênicos e as variáveis ambientais mostraram haver correlação apenas com o teor de carbonato, caracterizada como sendo positiva e altamente significativa ($r=0,7080$; $p<0,0001$). Não houve correlação efetiva com a profundidade ($r=0,0148$; $p=0,9358$), nem com o teor de lama ($r=-0,2628$; $p=0,1462$) (Figura 8; Anexo 4).

Os grãos agregados ocorreram em diversos pontos da baía, mas predominaram em 19% das amostras, basicamente naquelas localizadas ao norte (N) (Figura 7), onde atingiram valores acima de 50% na composição dos sedimentos. Predominaram também na amostra I3 (61%) e discretamente na amostra M1 (33%). Em todos estes pontos amostrais citados foram verificados teores de lama acima de 80% (Figura 6) e matéria orgânica acima de 6% (Figura 5c). Houve correlação negativa e altamente significativa dos grãos agregados com o teor de carbonato ($r=-0,6744$; $p<0,0001$), e correlação positiva e altamente significativa com o teor de lama ($r=0,6664$; $p<0,0001$) (Anexo 4). Observa-se na figura 8a que apesar de aparentemente existir uma diminuição da contribuição dos grãos agregados na composição dos sedimentos com o aumento da profundidade não foi possível verificar uma correlação significativa entre estas variáveis ($r=-0,1141$; $p=0,5341$) (Anexo 4).

Os grãos orgânicos diminuíram notadamente sua ocorrência do interior da baía em direção à plataforma (Figura 7). Eles predominaram em 6% das amostras, ou seja, em duas delas: N1, localizada próxima à desembocadura do rio Subaé, que chegou a atingir

90%, e C2, localizada em frente à desembocadura do rio Paraguaçu, onde apresentou 44%. De acordo com os resultados das correlações entre os grãos orgânicos e as variáveis ambientais houve correlação negativa e significativa com a profundidade ($r=-0,3540$; $p=0,0468$), correlação negativa e muito significativa com o teor de carbonato ($r=-0,4714$; $p=0,0065$) e correlação positiva e altamente significativa com o teor de lama nos sedimentos ($r=0,8194$; $p<0,0001$) (Figura 8; Anexo 4).

Os grãos siliciclastos ocorreram em quase todas as amostras avaliadas, mas predominaram em apenas sete delas, das quais cinco estão localizadas entre o Canal de Salvador (S4, S6, S7) e a plataforma (P3, P4) (Figura 7). Foi possível verificar correlações entre os grãos siliciclastos e a profundidade, caracterizada como positiva e significativa ($r=0,4207$; $p=0,0165$), e entre os grãos siliciclastos e o teor de lama, caracterizada como negativa e altamente significativa ($r=-0,5720$; $p=0,0006$). Não houve correlação efetiva com o teor de carbonato ($r=-0,1289$; $p=0,4821$) (Figura 8; Anexo 4).

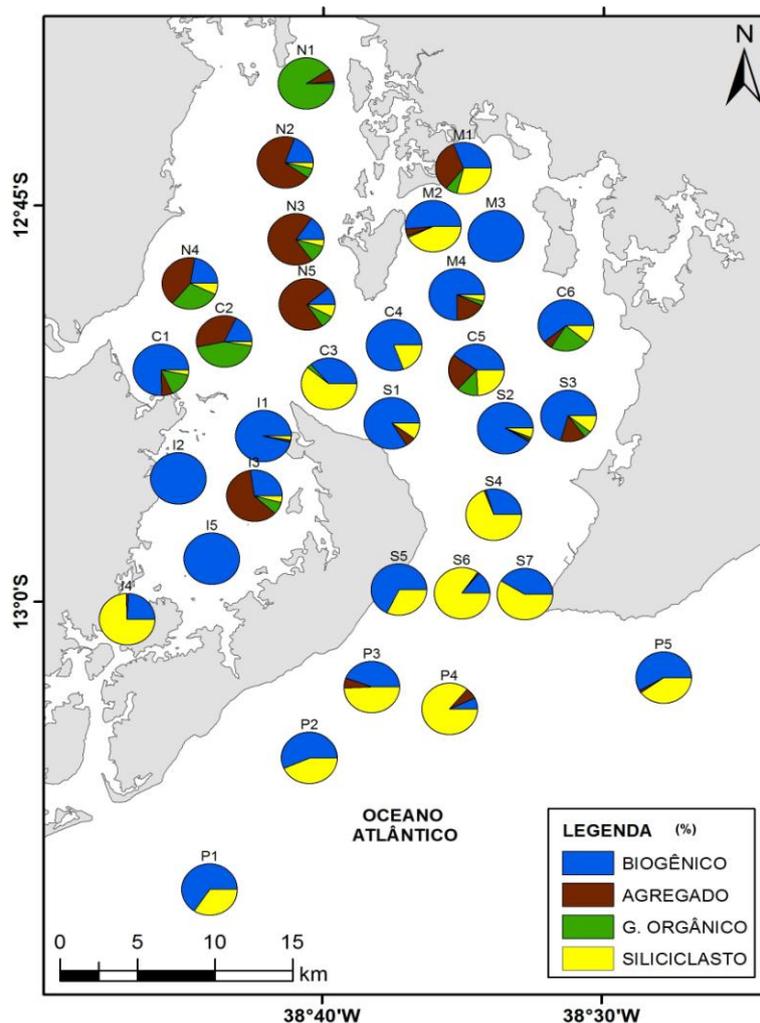


Figura 7 – Distribuição dos percentuais dos componentes dos sedimentos da Baía de Todos os Santos.

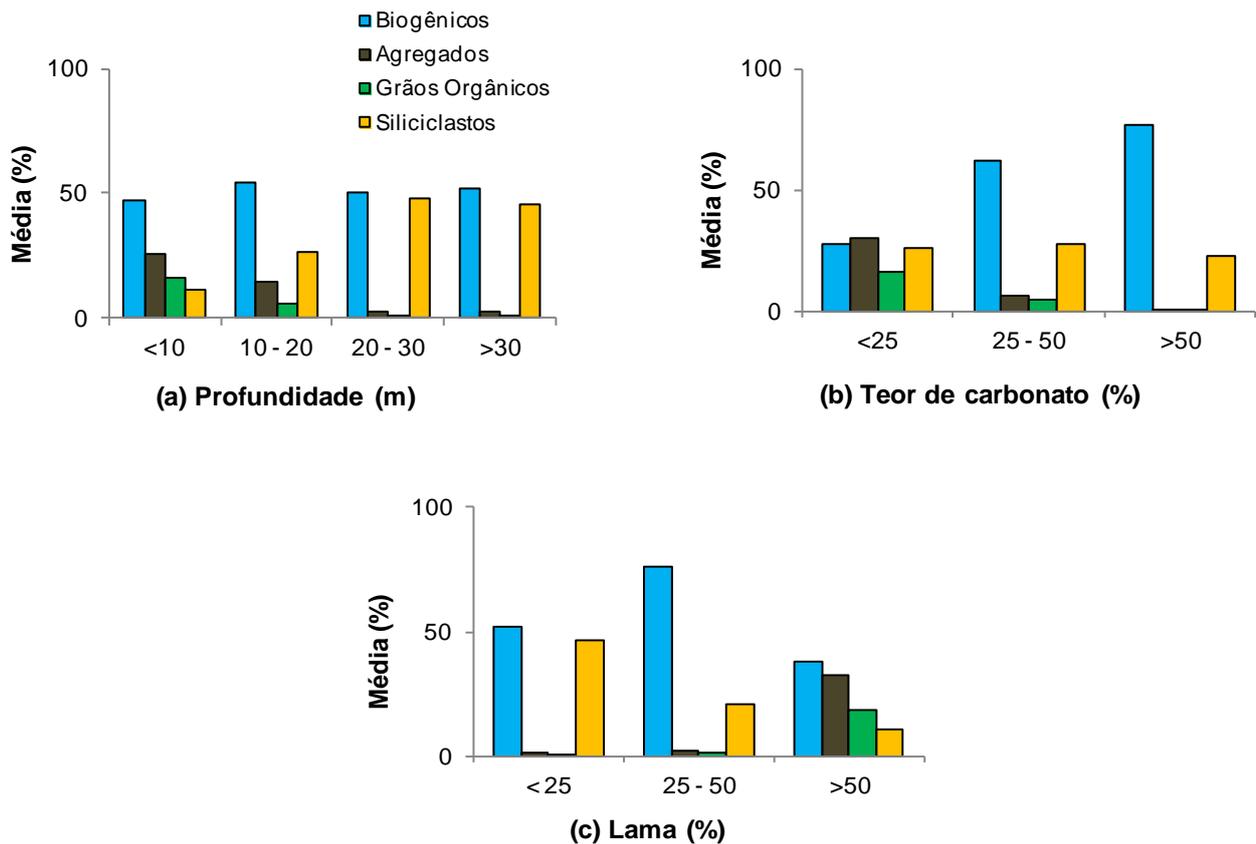


Figura 8 – Média do percentual dos componentes dos sedimentos da Baía de Todos os Santos em função das variáveis ambientais: **(a)** Profundidade; **(b)** Teor de carbonato; **(c)** Lama.

5.2.3 Representatividade dos Componentes Biogênicos

a) Abundância Relativa

A análise dos componentes biogênicos na área de estudo permitiu identificar 16 *taxa* ou grandes grupos de organismos. Sete deles foram os mais abundantes e classificados como principais (>5%), de acordo com Dajoz (1983), dentre estes: molusco, alga *Halimeda*, equinodermo, briozoário, alga calcária não-geniculada, alga calcária geniculada e foraminífero (Figura 9). Juntos constituíram 90% do sedimento biogênico. Vale salientar que todos os foraminíferos identificados possuíam hábito bentônico. Três dos biogênicos foram classificados como acessórios (4,99-1%): crustáceo, cirrípede e pelota fecal. Os demais constituintes, dentre os quais estão tubo de verme, ostracode, coral, porífero, octocoral e *Millepora*, foram classificados como traço (<1%) (Figura 9).

Dentre todos os componentes biogênicos identificados, os poríferos foram os únicos que apresentaram a sílica, além do carbonato de cálcio, na constituição de suas

estruturas biomineralizadas. No presente estudo, a composição mineralógica das espículas foi avaliada por meio da aplicação de ácido clorídrico em algumas delas, retiradas das amostras de sedimento onde foram registradas. As espículas silicosas foram as mais frequentes, ocorrendo em 58% das amostras; enquanto as espículas carbonáticas ocorreram em 42% delas. As silicosas ocorreram em grande parte ao norte da BTS tendendo a desaparecer em direção à plataforma, já as carbonáticas apresentaram um padrão de distribuição contrário a este (Figura 10).

Os grãos biogênicos não identificados (NID) foram aqueles que ocorreram descaracterizados devido, principalmente, a excessiva fragmentação. Eles foram encontrados em 1,9% dos sedimentos, apenas na fração granulométrica mais fina analisada (areia fina). A tentativa de identificação dessas estruturas biogênicas muito fragmentadas, por meio de um estereomicroscópio, pode levar a sérios erros, comprometendo a qualidade dos resultados. Esse fato pode ser somado à recomendação feita por Ginsbug (1956), de não utilizar frações menores do que 0,125mm nas análises de composição dos sedimentos, devido à possibilidade das partículas muito pequenas sofrerem grandes deslocamentos.

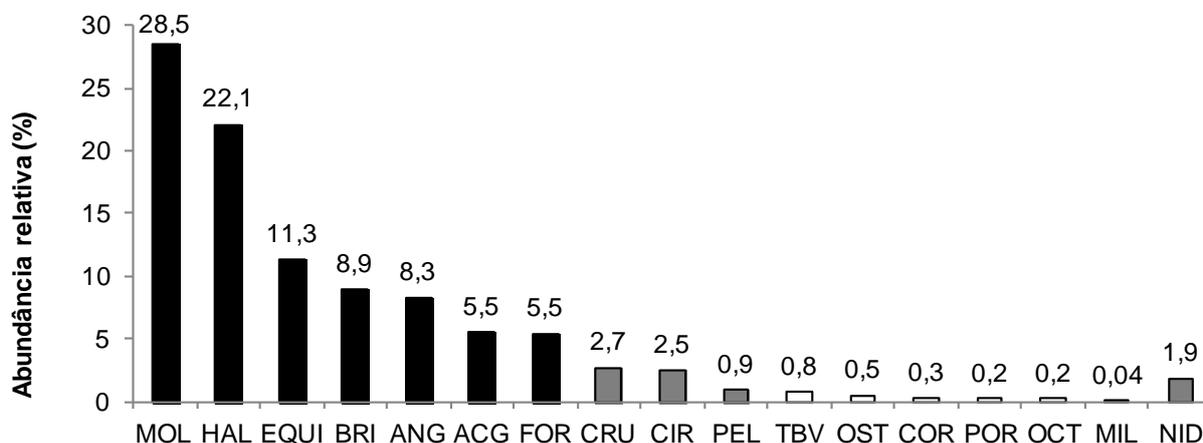


Figura 9 – Abundância relativa dos componentes biogênicos dos sedimentos da Baía de Todos os Santos. Grãos principais em preto, acessórios em cinza, traços em branco. Grãos não identificados (NID) em textura. Onde: MOL=moluscos, HAL=algas *Halimeda*, EQUI=equinodermos, BRI=briozoários, ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, FOR=foraminíferos, CRU=crustáceos, CIR=cirrípedes, PEL=pelotas fecais, TBV=tubos de verme, OST=ostracodes, COR=corais, POR=poríferos, OCT=octocorais, MIL=hidrocoral *Millepora*, NID=grãos não-identificados.

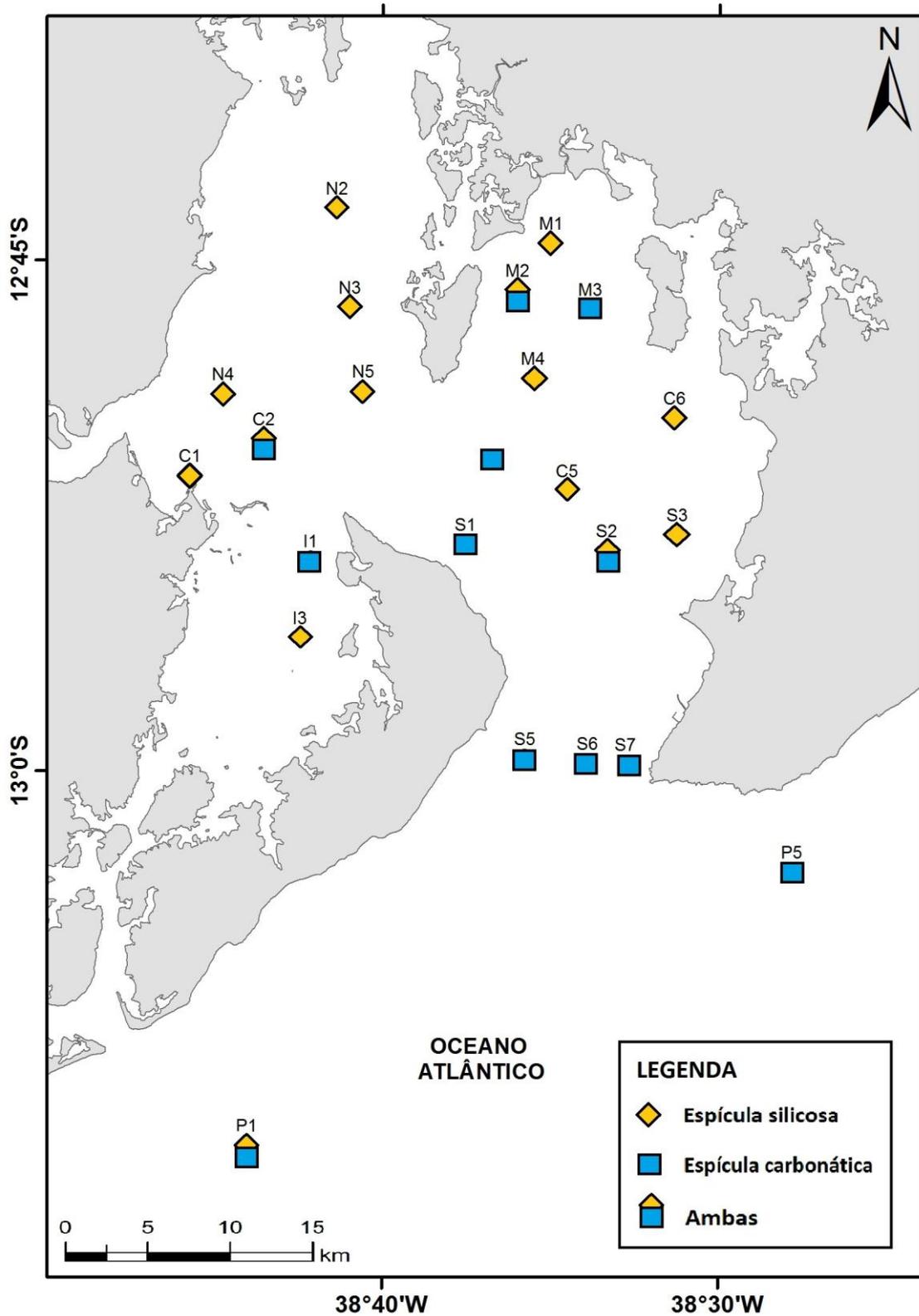


Figura 10 – Distribuição das espículas dos poríferos de acordo com a composição mineralógica, nos sedimentos da Baía de Todos os Santos (com base em dados de presença-ausência).

b) Frequência de Ocorrência

Ao examinar a frequência de ocorrência de cada um dos componentes biogênicos dos sedimentos da BTS foi possível verificar que a maioria deles (12 *taxa*) esteve presente de forma constante, de acordo com a classificação de Dajoz (1983), apresentando ocorrência superior a 50% da área (Tabela 2). Em destaque estão os moluscos e os crustáceos que ocorreram em 100% da área estudada, seguidos por algas *Halimeda* e equinodermos (96,88%), foraminíferos (93,75%), briozoários (78,13%), ostracodes (78,13%), algas calcárias geniculadas (75,00%), poríferos (68,75%), tubos de verme e cirrípedes (65,63%), e algas calcárias não-geniculadas (62,50%). Três dos biogênicos foram classificados como acessórios (25-50%): octocorais (40,63%), corais (34,38%) e pelotas fecais (31,25%). E apenas os fragmentos de *Millepora* (6,25%) foram classificados como de ocorrência acidental (<25%).

Tabela 2 – Frequência de ocorrência (%) e classificação (Dajoz 1983) dos componentes biogênicos dos sedimentos da Baía de Todos os Santos. Onde: **p** = número de estações nas quais cada um dos biogênicos ocorreu; **P** = número total de estações; **FO** = frequência de ocorrência.

| Componentes Biogênicos | p | P | FO (%) | Classificação |
|-------------------------------------|----|----|--------|---------------|
| Molusco | 32 | 32 | 100,00 | constante |
| Crustáceo | 32 | 32 | 100,00 | constante |
| <i>Halimeda</i> | 31 | 32 | 96,88 | constante |
| Equinodermo | 31 | 32 | 96,88 | constante |
| Foraminífero | 30 | 32 | 93,75 | constante |
| Não-identificado | 28 | 32 | 87,50 | constante |
| Ostracode | 25 | 32 | 78,13 | constante |
| Briozoário | 25 | 32 | 78,13 | constante |
| Alga calcária geniculada | 24 | 32 | 75,00 | constante |
| Porífero | 22 | 32 | 68,75 | constante |
| Tubo de verme | 21 | 32 | 65,63 | constante |
| Cirrípede | 21 | 32 | 65,63 | constante |
| Alga calcária não-geniculada | 20 | 32 | 62,50 | constante |
| Octocoral | 13 | 32 | 40,63 | acessório |
| Coral | 11 | 32 | 34,38 | acessório |
| Pelota fecal | 10 | 32 | 31,25 | acessório |
| <i>Millepora</i> | 2 | 32 | 6,25 | acidental |

5.2.4 Análise de Classificação - Biofácies da BTS

Os resultados obtidos por meio da análise de classificação realizada entre as estações amostrais da BTS, com base na abundância relativa dos componentes biogênicos dos sedimentos, apontou a ocorrência de quatro grupos ou associações de biogênicos significativamente diferentes entre si (MRPP, $p < 0,05$) (Figura 11, Anexo 15).

No primeiro grupo, formado por amostras localizadas entre o Canal de Salvador e a plataforma, predominaram principalmente as algas não-geniculadas, *Halimeda*, e moluscos, além de briozoários e foraminíferos; no segundo grupo, formado por amostras localizadas entre o Canal de Salvador (S) e o Canal de Itaparica (I), predominaram moluscos, algas *Halimeda* e equinodermos; no terceiro grupo, formado por amostras da região central (C) e nordeste (M), predominaram algas *Halimeda* e moluscos; e no quarto grupo, formado somente por amostras localizadas ao norte da BTS (N), predominaram os moluscos juntamente com foraminíferos, equinodermos e crustáceos (Figura 12, Anexo 16). É possível observar uma composição biogênica espacialmente diferenciada nos sedimentos da BTS.

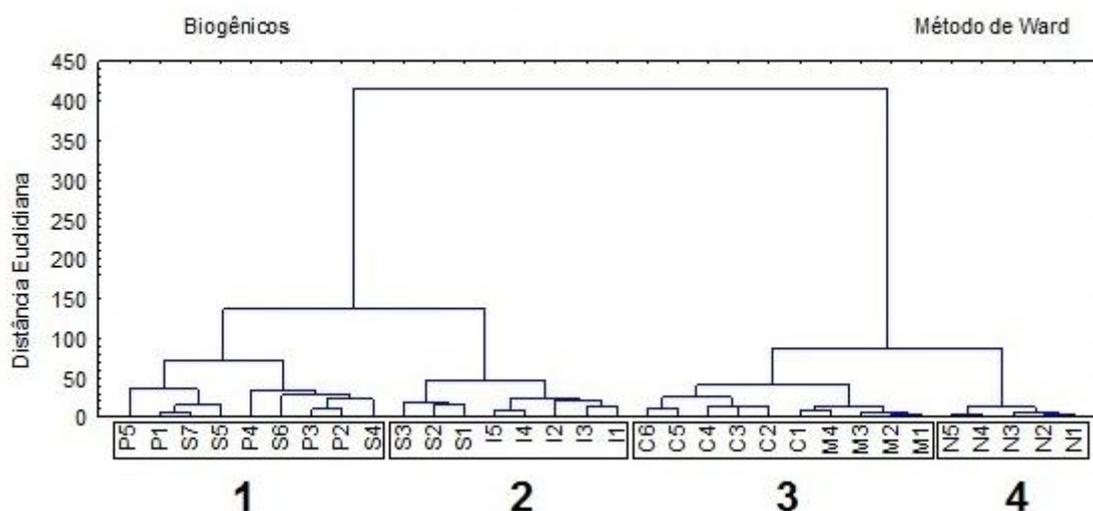


Figura 11 – Agrupamento das estações amostrais com base na composição biogênica dos sedimentos da Baía de Todos os Santos, resultante da Análise de Classificação: Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3 e Grupo 4.

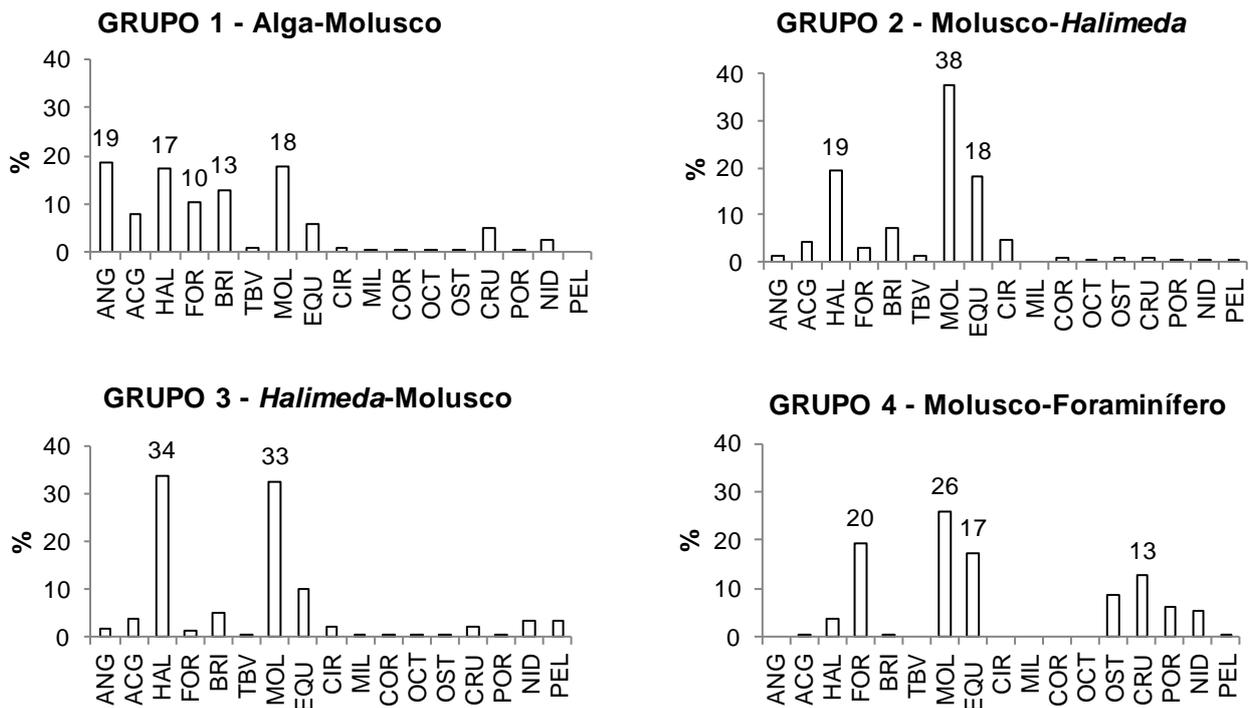


Figura 12 – Composição biogênica dos agrupamentos (grupos 1, 2, 3, 4) formados por meio da Análise de Classificação. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQU=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OCT=octocorais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos, NID=grãos não-identificados, PEL=pelotas fecais.

5.2.5 Análise de Ordenação

Os coeficientes de regressão múltipla entre as variáveis ambientais (<0,70) obtidos durante a Análise de Redundância (AR) indicaram a ausência de covariáveis, ou seja, de variáveis altamente correlacionadas (Tabela 3).

O diagrama de ordenação (Figura 13) foi elaborado com os dois primeiros eixos da Análise de Redundância (AR) porque eles explicaram 93,1% da variação percentual acumulada da relação entre os componentes biogênicos e as variáveis ambientais mais significativas (Tabela 3), quando o ideal seria ao menos 80%. Neste diagrama verificou-se uma separação espacial entre as estações de amostragem, em função do sedimento arenoso (lado direito) e do sedimento lamoso (lado esquerdo).

A soma dos autovalores canônicos representou 19,8% da inércia total (Tabela 3), valor próximo ao ideal de 20%. Isto indica que, com os resultados obtidos nesta Análise de Redundância, o padrão de variação espacial verificado na composição biogênica do sedimento pode ser explicado em função das características ambientais analisadas.

Os resultados do teste de Monte-Carlo, realizado para a significância do primeiro eixo canônico ($p=0,002$) e para a soma de todos os eixos canônicos ($p=0,002$), indicaram que a RDA realizada foi muito significativa.

Tabela 3 – Estatística da Análise de Redundância realizada para a Baía de Todos os Santos.

| | | Axes | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Autovalores | | 0.123 | 0.062 | 0.014 | 0.013 |
| Correlações biogênico-ambiente | | 0.851 | 0.764 | 0.408 | 0.000 |
| Variância Percentual Acumulada | | | | | |
| nos dados de biogênicos | | 12.3 | 18.5 | 19.8 | 33.5 |
| na relação biogênico-ambiente | | 62.1 | 93.1 | 100 | 0.0 |
| Soma de todos os Autovalores | 1 | | | | |
| Soma dos autovalores Canônicos | 0.198 | | | | |
| | | Eixos | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Correlação das variáveis com os eixos Canônicos | | | | | |
| Profundidade (Pro) | | 0,51 | -0,73 | 0,43 | 0,15 |
| Carbonato (Car) | | 0,52 | 0,64 | 0,18 | 0,53 |
| Lama | | -0,94 | -0,24 | -0,01 | 0,24 |
| Coeficientes de regressão múltipla para as variáveis ambientais | | | | | |
| Profundidade (Pro) | 1000 | | | | |
| Carbonato (Car) | -0,04 | 1000 | | | |
| Lama | -0,27 | -0,52 | 1000 | | |
| | Pro | Car | Lama | | |

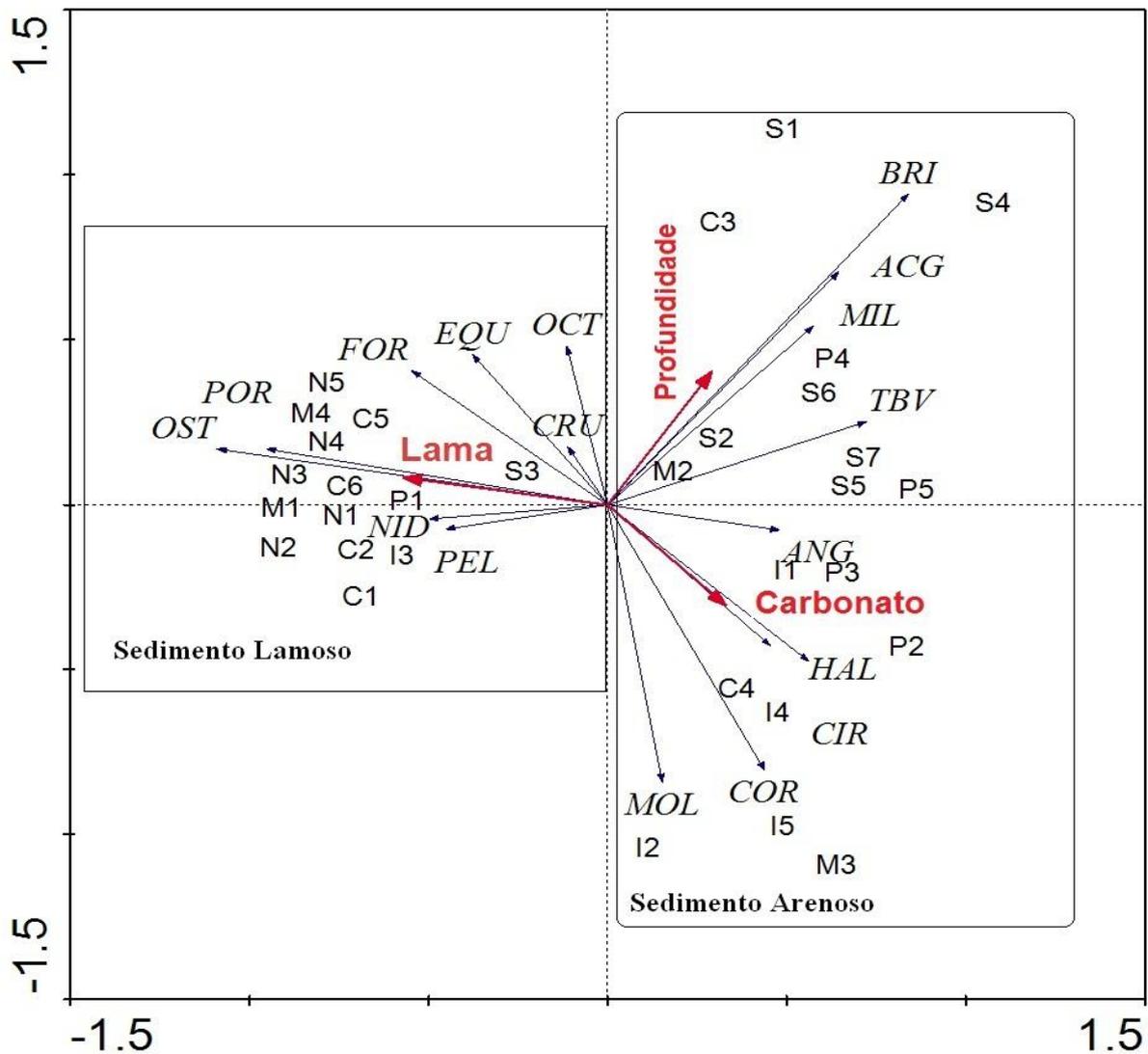


Figura 13 – Projeção dos dois primeiros eixos canônicos na Análise de Redundância baseada na composição biogênica dos sedimentos, nas variáveis ambientais e nas estações de amostragem da Baía de Todos os Santos. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQU=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OCT=octocorais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos, NID=grãos não-identificados, PEL=pelotas fecais.

5.3 Tafonomia dos Componentes Biogênicos da BTS

O estudo da tafonomia dos componentes biogênicos identificados nos sedimentos da BTS levou em consideração três aspectos principais: **a) condições gerais dos grãos** quanto à presença de brilho, abrasão, dissolução, bioerosão e incrustação; **b) coloração dos grãos**, na qual as cores branca ou natural e amarela representaram grãos sem alteração de cor, e as cores ocre, cinza e preta, grãos com alteração de cor; e **c) grau de arredondamento dos grãos**, que variou entre 0 e 4, no qual 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado.

O conjunto dessas características refere-se às assinaturas tafonômicas, que representam o estado de preservação dos grãos. Sua análise permitiu classificar os grãos como atual ou relíquia, cujos resultados foram tratados em um item separado.

5.3.1 Análise das Assinaturas nos Componentes Biogênicos

a) Condições Gerais dos Grãos

Todos os componentes biogênicos da BTS (100% dos grãos) apresentaram abrasão em algum nível, caracterizando-se pela presença de arranhões e/ou de vários níveis de quebraimento. A segunda condição mais observada foi a dissolução, presente em 64% dos grãos, e em seguida a bioerosão com 47% de ocorrência. A condição brilho estava presente em 16% e a incrustação em apenas 11% dos grãos (Figura 14a).

Dentre os componentes biogênicos identificados os poríferos (38%) e os moluscos (31%) foram os que mais apresentaram grãos com brilho. Foi constatada ocorrência de dissolução em todos os fragmentos de *Millepora* (100%), e mais de 50% de grãos com esta condição foram observados entre os seguintes biogênicos: alga calcária não-geniculada (90%), coral (88%), equinodermo (87%), alga *Halimeda* (80%), briozoário (68%), cirrípede (61%), alga calcária geniculada (56%) e molusco (53%). Todos os fragmentos de *Millepora* (100%) também apresentaram bioerosão. Além destes, as algas calcárias não-geniculadas (76%), as algas *Halimeda* (76%) e os corais (58%) foram os que apresentaram mais da metade dos grãos com bioerosão. As incrustações foram observadas, sobretudo, entre os taxa tubo de verme (29%) e coral (25%) (Figura 15; Anexo 5).

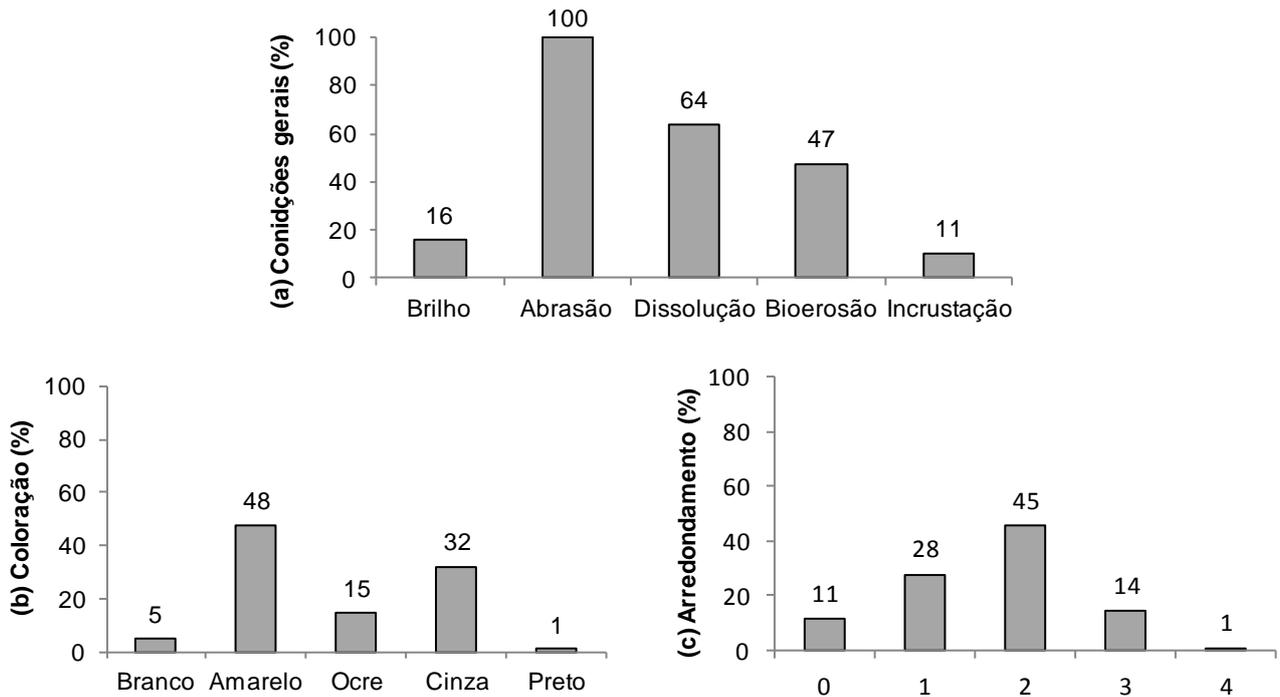


Figura 14 – Assinaturas tafonômicas analisadas nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos de acordo com: **(a)** Condições gerais, **(b)** Coloração e **(c)** Arredondamento dos grãos. Onde: 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado.

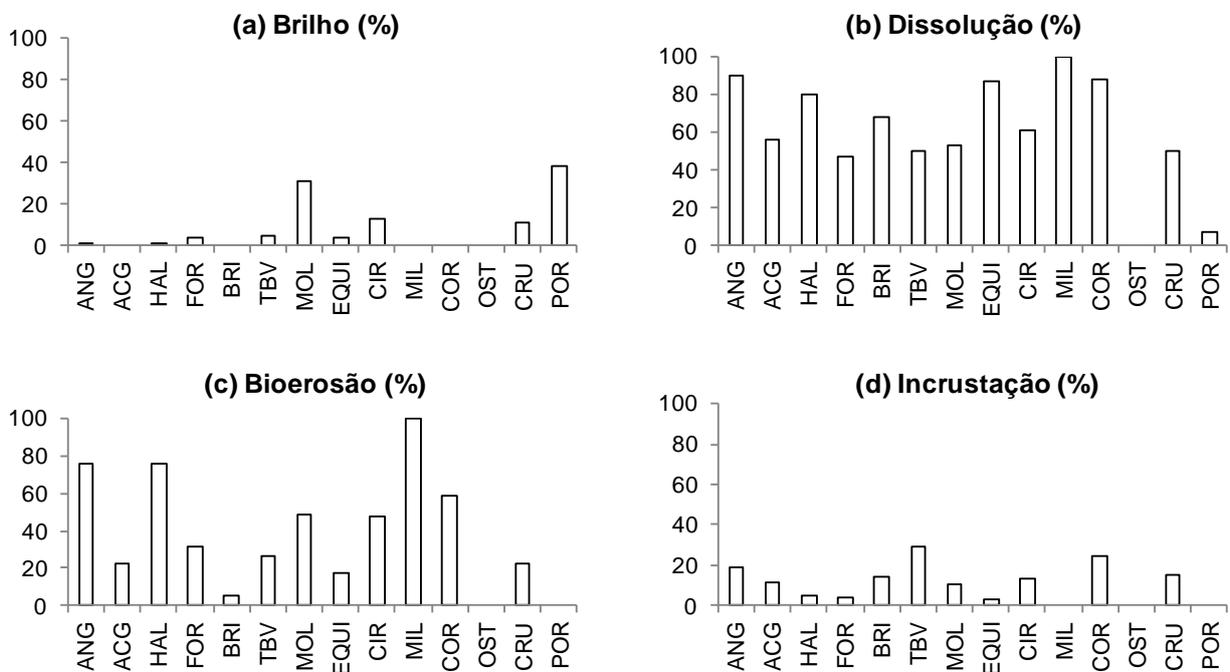


Figura 15 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos de acordo com as seguintes condições gerais: **(a)** Brillho, **(b)** Dissolução, **(c)** Bioerosão e **(d)** Incrustação. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípides, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos.

b) Coloração dos Grãos

Quanto à coloração dos sedimentos biogênicos foram observados, predominantemente, grãos amarelados (48%) e acinzentados (32%). A cor ocre foi observada em 15% dos grãos, a cor branca em 5% e a cor preta em apenas 1% deles (Figura 14b).

Os biogênicos que mais apresentaram cor branca ou natural foram os poríferos (15%) e os ostracodes (14%). A cor amarela foi característica dos fragmentos de *Millepora*, os quais se mostraram 100% com esta tonalidade, e dos seguintes biogênicos: ostracodes (86%), poríferos (77%), crustáceos (61%), moluscos (59%), algas *Halimeda* (54%), corais (54%) e tubos de verme (39%), todos contendo a maior parte dos grãos com esta coloração (Figura 16; Anexo 5).

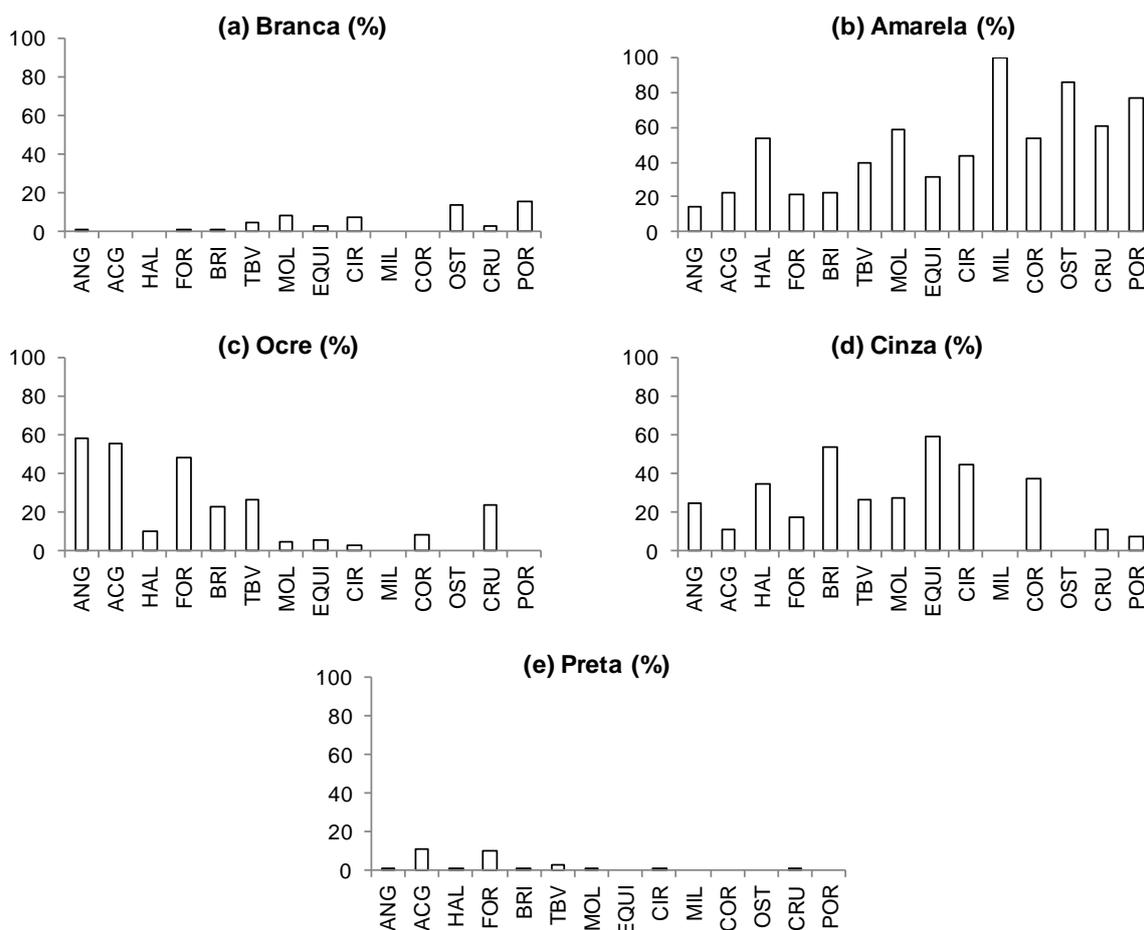


Figura 16 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos de acordo com a coloração apresentada: **(a)** Branca ou natural, **(b)** Amarela, **(c)** Ocre, **(d)** Cinza e **(e)** Preta. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípides, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos.

Alga calcária não-geniculada (58%), alga calcária geniculada (56%) e foraminífero (48%) predominaram entre os biogênicos que apresentaram a cor ocre. Já os biogênicos que prevaleceram com a cor cinza foram os equinodermos (60%), os briozoários (54%) e os cirrípedes (45%). E os principais grupos que apresentaram a coloração preta foram as algas calcárias geniculadas (11%) e os foraminíferos (10%) (Figura 16; Anexo 5).

c) Grau de Arredondamento dos Grãos

A maioria dos grãos se apresentou na categoria pouco arredondada (45%). Grãos muito pouco arredondados ocorreram em 28%, grãos arredondados em 14%, grãos inteiros em 11% e grãos muito arredondados em apenas 1% (Figura 14c).

Os biogênicos que mais apareceram inteiros foram os ostracodes (43%) e os foraminíferos (30%). Os poríferos apresentaram 92% de fragmentos muito pouco arredondados, e juntamente com os ostracodes (57%) predominaram nesta categoria. Todos os fragmentos de *Millepora* (100%) foram classificados como pouco arredondados. Além deles, os tubos de verme (63%), as algas calcárias não-geniculadas (62%) e as algas *Halimeda* (55%) apresentaram mais de 50% dos fragmentos nesta condição. Entre os principais biogênicos caracterizados como arredondados estão as algas calcárias não-geniculadas (29%), as algas *Halimeda* (29%) e os crustáceos (23%). O único componente biogênico que apresentou a maioria dos grãos polidos foi a alga calcária geniculada, com 67% deles classificados como muito arredondados (Figura 17; Anexo 5).

Em suma, os sedimentos biogênicos da BTS apresentaram-se, na maioria das vezes, com presença de abrasão, dissolvidos, sem alteração de cor (amarelos e brancos) e pouco arredondados. Ao analisar cada componente biogênico quanto às condições gerais os poríferos e os moluscos foram os grupos que mais apresentaram grãos com brilho. A dissolução esteve presente na maioria dos biogênicos exceto nos ostracodes, cujas conchas mostraram apenas abrasão. Bioerosões e incrustações também apareceram em quase todos os biogênicos exceto nos ostracodes e poríferos, e nos fragmentos de *Millepora* não foram observadas incrustações. Quanto à coloração dos grãos os que mais apresentaram alteração de cor foram as algas, os foraminíferos, briozoários, equinodermos e cirrípedes. Quanto ao arredondamento, a maioria dos biogênicos apresentou grãos classificados como muito pouco arredondado ou pouco arredondado, exceto as algas calcárias geniculadas que predominaram com grãos muito arredondados.

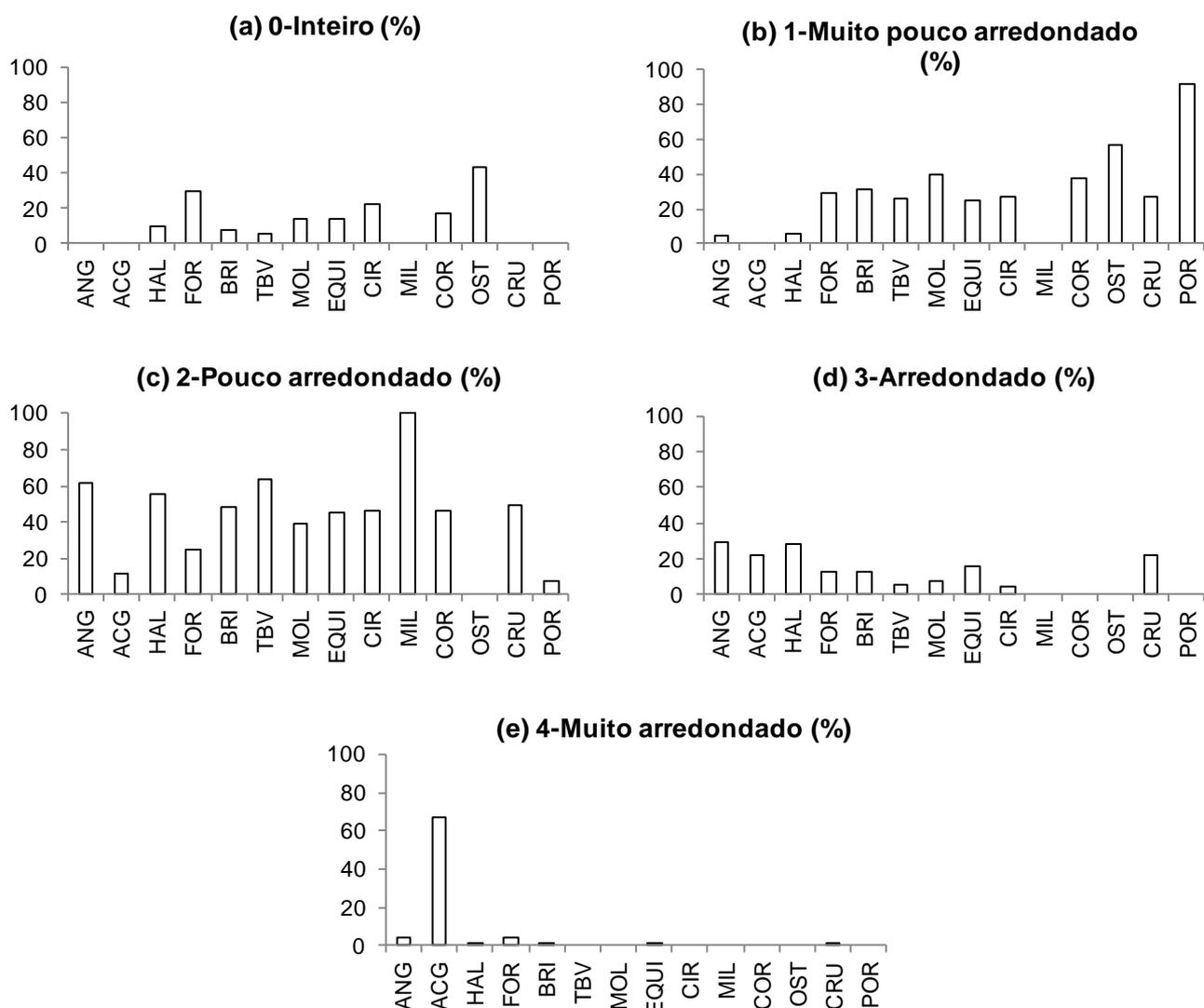


Figura 17 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos de acordo com o grau de arredondamento: **(a)** Inteiro, **(b)** Muito pouco arredondado, **(c)** Pouco arredondado, **(d)** Arredondado e **(e)** Muito arredondado. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos.

5.3.2 Distribuição das Assinaturas Tafonômicas

As assinaturas tafonômicas verificadas nos componentes biogênicos da BTS estão distribuídas, por estação amostral, conforme as figuras 18, 21 e 23 (dados no Anexo 6). E a relação da tafonomia dos grãos em função das variáveis ambientais profundidade, teor de carbonato e teor de lama pode ser observada nas figuras 19, 22 e 24 (dados das correlações no Anexo 7).

a) Condições Gerais dos Grãos

A condição brilho apareceu em quase toda a área de estudo, não ocorrendo apenas nas amostras N1, N3, C6, I5 e P2. Em algumas outras estações amostrais os biogênicos apresentaram menos de 10% dos grãos com esta característica, foi o caso da N2, da maioria das amostras do Canal de Itaparica (I) e das amostras da saída da baía (S4, S5, S6, S7 e P). Nas demais, geralmente esta condição ocorreu em mais de 30% dos grãos, e predominou em relação às outras condições nas amostras M1 (49%), M2 (50%), C4 (62%) e S2 (66%) (Figura 18). A tendência da condição brilho em relação às variáveis ambientais pode ser observada na figura 19. Não foram verificadas correlações significativas nem com a profundidade ($r=0,1885$; $p=0,3016$), nem com o teor de carbonato ($r=-0,01542$; $p=0,9332$) e nem com o teor de lama ($r=0,2606$; $p=0,1497$) (Anexo 7).

A dissolução foi verificada em todas as amostras da BTS. Ela apresentou valores menores do que 40% em algumas amostras localizadas na região nordeste da baía (M1, M2, M4) e nas amostras C4, C5, S1 e S2. Nas restantes, a dissolução quase sempre foi a condição dominante entre os grãos, chegando a atingir valores acima de 80% nas amostras I2, I5, P2 e P3 (Figura 18). A figura 19 mostra a relação da dissolução com as variáveis ambientais. Não foi possível verificar correlações significativas nem com a profundidade ($r=-0,1809$; $p=0,3218$), nem com o teor de carbonato ($r=-0,3151$; $p=0,0790$) e nem com o teor de lama ($r=0,3227$; $p=0,0716$) (Anexo 7).

A bioerosão não ocorreu apenas nas amostras C2 e C5. Em N1, N5 e S1. Esta condição foi observada em, no máximo, 10% dos grãos. Por outro lado, foi a condição predominante nas amostras M3 (83%) e I4 (71%). Além disso, a bioerosão ocorreu em mais de 50% dos grãos nas amostras I2, I5, S4, S5, P2 e P3 (Figura 18). Na figura 19 verifica-se que há uma tendência de diminuição da bioerosão em relação ao aumento da profundidade, porém não foi constatada uma correlação significativa entre estas variáveis ($r=-0,0558$; $p=0,7616$). Houve correlação da bioerosão com o teor de carbonato e esta foi positiva e altamente significativa. ($r=0,5558$; $p=0,0010$), e correlação da bioerosão com o teor de lama caracterizada como negativa e altamente significativa ($r=-0,5965$; $p=0,0003$) (Anexo 7).

Grãos contendo incrustações foram observados na maioria das estações amostrais (59%), mas eles não foram tão abundantes nas amostras. Ocorreu com o valor máximo de 26% na amostra P2. Essa condição foi mais frequente nas amostras localizadas na

saída da BTS (Figura 18). A figura 19 mostra a relação das incrustações observadas nos grãos com as variáveis ambientais. Não houve correlação significativa com a profundidade ($r=0,3140$; $p=0,0801$), apesar de aparentemente haver um aumento das incrustações com o aumento da profundidade. Também não foi verificada correlação expressiva com o teor de carbonato ($r=0,06401$; $p=0,7278$), mas houve correlação com o teor de lama caracterizada como negativa e altamente significativa ($r=-0,5656$; $p=0,0007$) (Anexo 7).

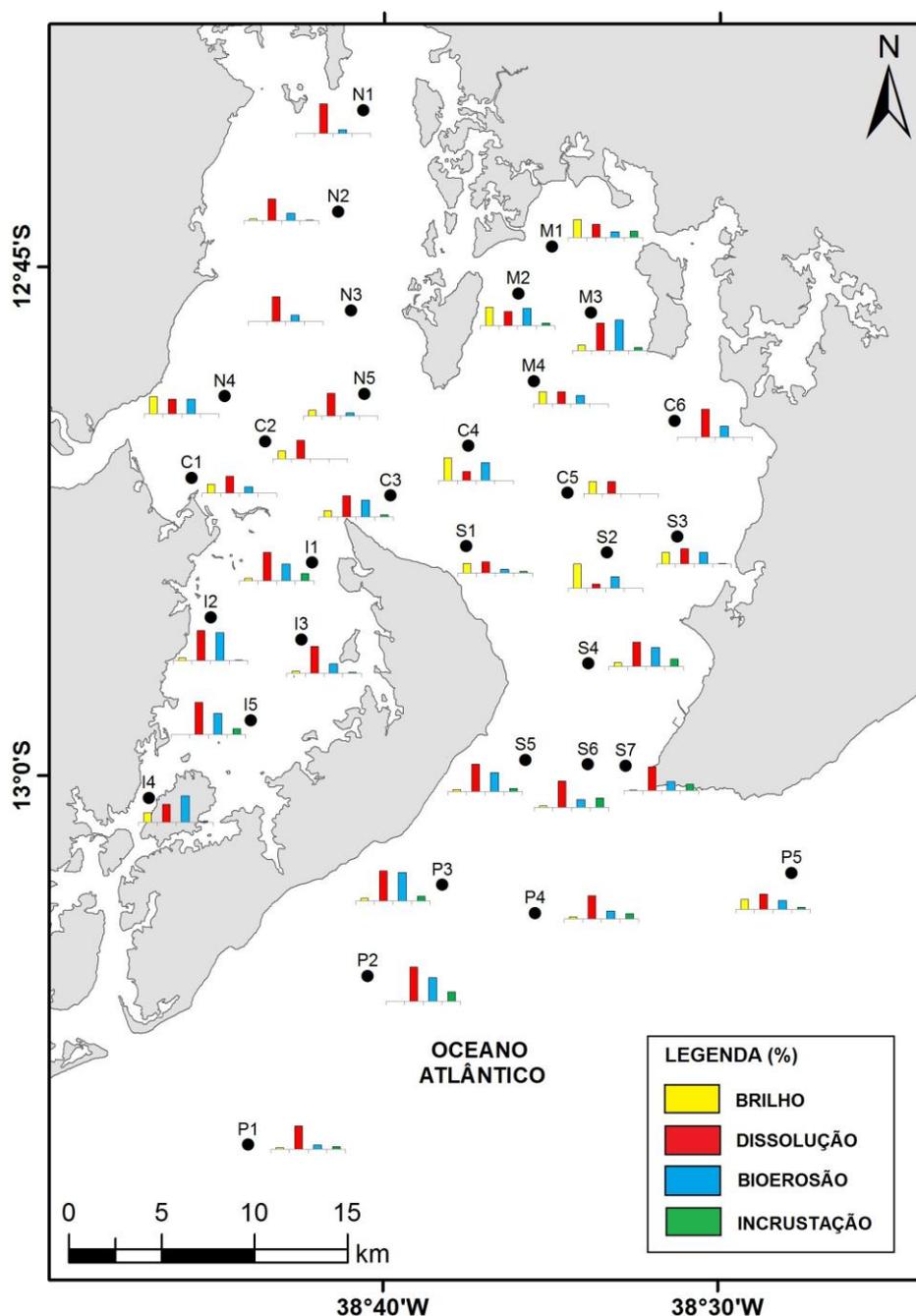


Figura 18 – Distribuição dos percentuais referentes às condições gerais analisadas nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos: Brilho, Dissolução, Bioerosão e Incrustação.

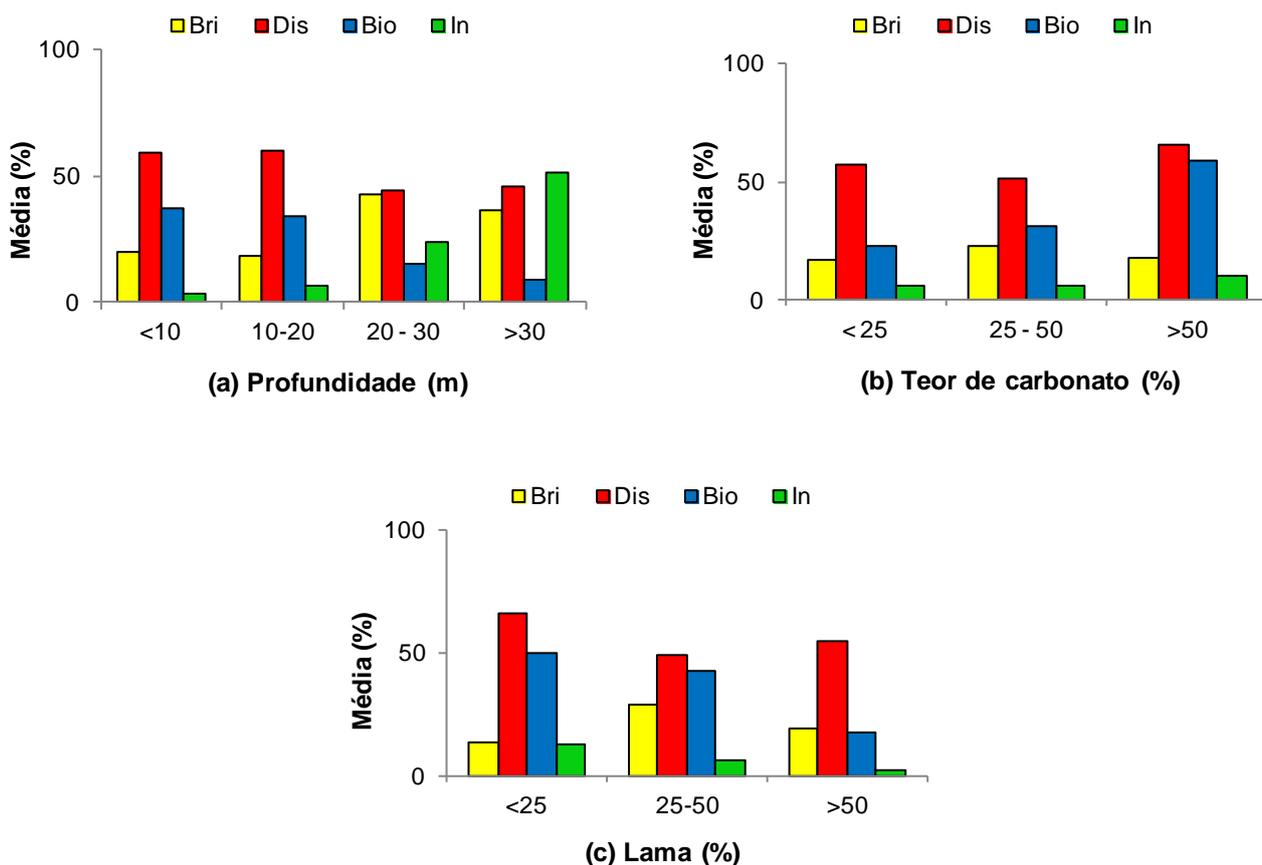


Figura 19 – Média dos percentuais referentes às condições gerais analisadas nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos em função das variáveis ambientais: **(a)** Profundidade (m), **(b)** Teor de carbonato (%) e **(c)** Lama (%). Onde: Bri=brilho, Dis=dissolução, Bio=bioerosão, In=incrustação.

No que diz respeito às incrustações, vários grupos de organismos incrustantes foram identificados nos sedimentos da BTS. Dentre eles, os que mais ocorreram foram: tubo de verme (38%), alga (20%), briozoário (15%) e foraminífero (10%). Apareceram também em menor proporção: ostra (5%), coral (3%), porífero (1%) e cirrípede (1%). A distribuição dos destes organismos incrustantes na área de estudo está representada na figura 20. Verifica-se que tubo de verme, alga, briozoário e foraminífero incrustaram principalmente os sedimentos na área do Canal de Salvador e da plataforma; ostra e coral incrustaram os sedimentos da região nordeste da baía e do Canal de Itaparica; e porífero e cirrípede incrustaram os sedimentos do Canal de Itaparica.

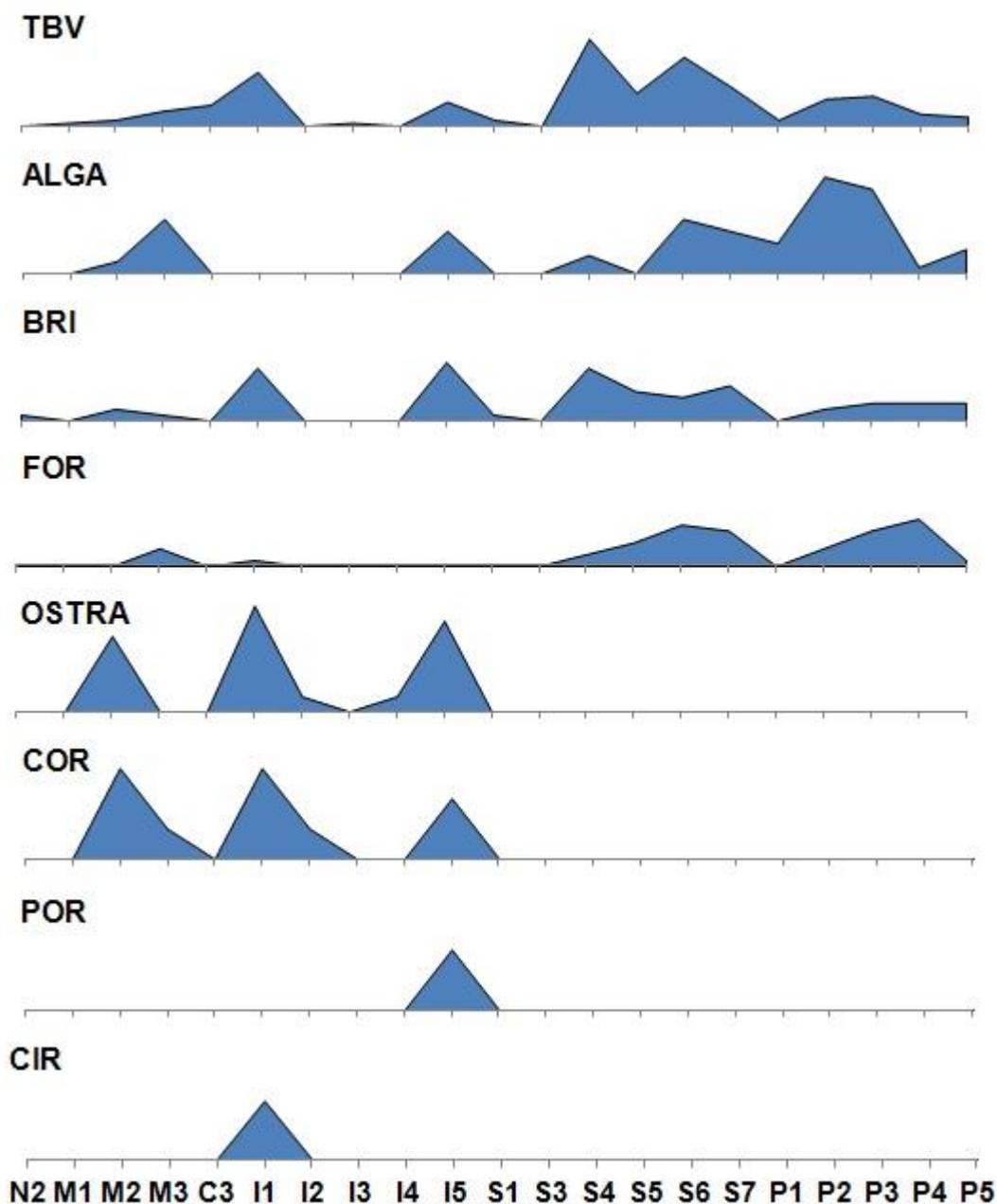


Figura 20 – Distribuição dos organismos incrustantes nos sedimentos da Baía de Todos os Santos. Onde: TBV=tubos de verme, BRI=briozoários, FOR=foraminíferos, COR=corais, POR=poríferos, CIR=cirrípedes.

b) Coloração dos Grãos

A cor branca apareceu em torno de 62% das amostras analisadas, mas ocorreu em, no máximo, 20% dos grãos em cada amostra. Apenas a amostra M2 apresentou percentual acima do padrão (38%). A ocorrência dessa cor tende a diminuir em direção à saída da BTS (Figura 21). A figura 22 mostra a relação da coloração branca com as variáveis ambientais. Não houve correlação efetiva com a profundidade ($r=0,1024$;

$p=0,5771$), apesar de aparentemente o percentual de grãos brancos aumentarem com o aumento da profundidade. Também não foi possível verificar correlação significativa com o teor de carbonato ($r=0,3431$; $p=0,0545$) e nem com o teor de lama ($r=-0,2664$; $p=0,1405$) (Anexo 7).

Os grãos com coloração amarela ocorreram em todas as amostras da BTS, predominando em torno de 72% delas. Eles foram observados principalmente nas estações amostrais localizadas ao norte-nordeste da baía (N e M) e na região central (C). Predominaram também nas amostras I2 e I4, e nas amostras do início do Canal de Salvador (S1,S2,S3), sempre ocorrendo em mais de 50% dos grãos em cada uma dessas amostras (Figura 21). A figura 22 mostra que houve uma tendência da diminuição dos grãos amarelos com o aumento da profundidade, mas não foi verificada uma correlação significativa entre estas variáveis ($r=-0,2917$; $p=0,1053$). Também não houve correlação efetiva com o teor de carbonato ($r=-0,2232$; $p=0,2195$). Houve correlação positiva e altamente significativa com o teor de lama no sedimento ($r=0,6243$; $p=0,0001$) (Anexo 7).

Os grãos de cor ocre foram observados em metade das amostras da BTS (50%), predominando apenas em três delas (S4=44%, P1=40%, P2=64%), localizadas na saída da baía, área onde eles também mais ocorreram (Figura 21). Na figura 22 pode ser observado o comportamento da coloração ocre em relação às variáveis ambientais. Foi constatada uma correlação positiva e muito significativa com a profundidade ($r=0,4520$; $p=0,0094$), e negativa e muito significativa com o teor de lama ($r=-0,5061$; $p=0,0031$). Não houve correlação significativa com o teor de carbonato ($r=0,02938$; $p=0,8732$) (Anexo 7).

Os biogênicos da BTS apresentaram coloração cinza em quase todas as estações amostrais (87%), não ocorrendo apenas nas amostras N3, N4, N5 e C5. Inclusive, nas regiões norte-nordeste (N, M) e central (C) da baía eles foram menos abundantes, apresentando geralmente valores abaixo de 30% em cada amostra. Essa coloração foi predominante, em mais de 45% dos grãos, na maioria das amostras localizadas no Canal de Itaparica (I) e nas amostras C3, S5 e S7 (Figura 21). Verifica-se na figura 22 uma tendência de diminuição dos grãos acinzentados com o aumento da profundidade, porém não foi constatada correlação expressiva entre estas variáveis ($r=0,2113$; $p=0,2458$). Também não foi verificada correlação com o teor de carbonato ($r=0,3036$; $p=0,0912$). Houve correlação apenas com o teor de lama no sedimento, e esta foi caracterizada como negativa e significativa ($r=-0,4222$; $p=0,0161$) (Anexo 7).

A cor preta apareceu em apenas 25% das amostras, ocorrendo principalmente na saída da BTS (S5, S7 e amostras P) e isoladamente na amostra I4 (Figura 21). Foi muito

pouco abundante nas amostras, apresentando o valor máximo de 4% em P1. A figura 22 mostra um aumento de grãos de cor preta com o aumento da profundidade, mas não houve correlação efetiva entre estas variáveis ($r=0,2639$; $p=0,1444$). Também não foi verificada correlação significativa com o teor de carbonato ($r=0,3208$; $p=0,0734$). Houve correlação apenas com o teor de lama, caracterizada como negativa e muito significativa ($r=-0,5072$; $p=0,0030$) (Anexo 7).

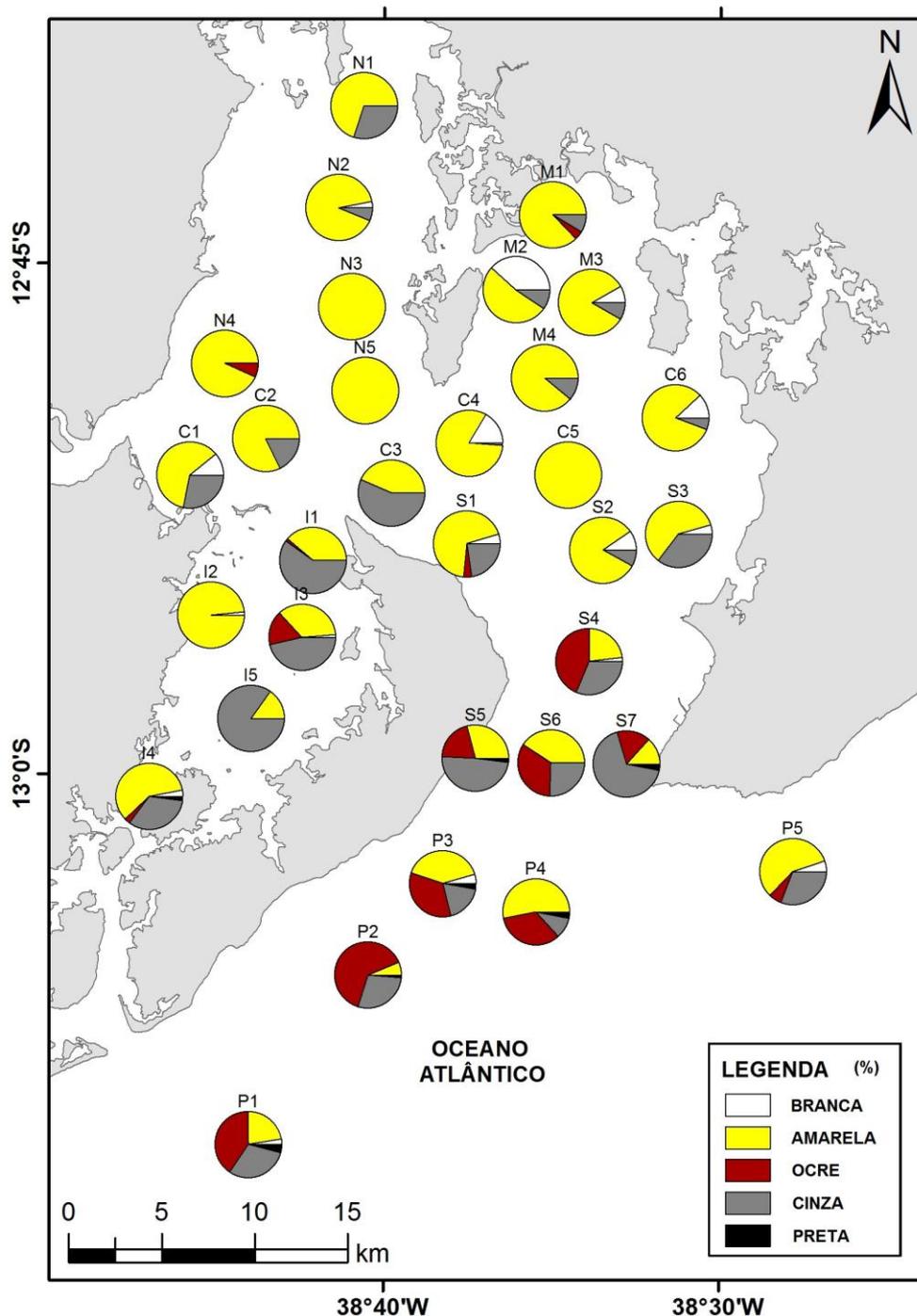


Figura 21 – Distribuição dos percentuais referentes às cores dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos.

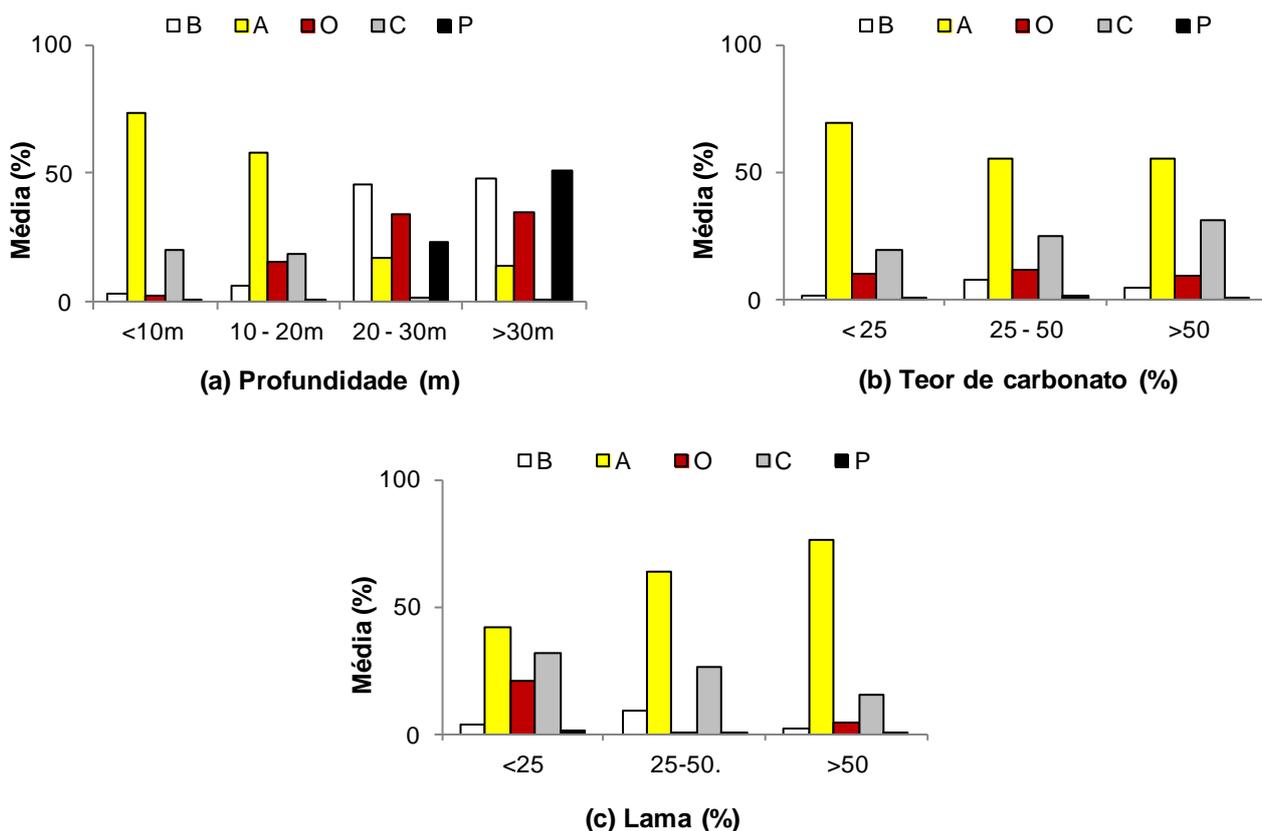


Figura 22 – Média dos percentuais referentes às cores observadas nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos em função das variáveis ambientais: **(a)** Profundidade (m), **(b)** Teor de carbonato (%) e **(c)** Lama (%). Onde: B=branca, A=amarela, O=ocre, C=cinzar e P=preta.

c) Grau de Arredondamento dos Grãos

Grãos inteiros foram observados em 75% das amostras analisadas. Eles não ocorreram nas amostras localizadas ao norte da baía (N) e nem nas amostras M1, C5 e C6 (Figura 23). Em grande parte das amostras nas quais ocorreu não chegou a atingir 20% de abundância, com exceção das amostras I1 (24%), S4 (20%) e P5 (23%), as quais superaram um pouco este padrão. A figura 24 mostra a relação dos grãos inteiros com as variáveis ambientais. Houve correlação positiva e significativa com a profundidade ($r=0,4335$; $p=0,0132$), positiva e significativa com o teor de carbonato ($r=0,3685$; $p=0,0380$) e negativa e muito significativa com o teor de lama ($r=-0,5259$; $p=0,0020$) (Anexo 7).

Os grãos muito pouco arredondados não ocorreram somente na amostra N5, e predominaram na maioria das amostras (47% delas). Chegou a alcançar 100% em C5. Eles foram mais abundantes nas amostras localizadas ao norte-nordeste da baía (N e M), na região central (C) e no início do Canal de Salvador (S1,S2,S3) (Figura 23). Na figura

24 é possível observar que os grãos muito pouco arredondados tendem a diminuir com o aumento do teor de carbonato no sedimento, mas não foi possível verificar correlação efetiva entre estas variáveis ($r=0,2330$; $p=0,1994$). Também não foi possível constatar correlação com a profundidade ($r=0,04949$; $p=0,7879$). Houve correlação positiva e altamente significativa com o teor de lama no sedimento ($r=0,5798$; $p=0,0005$) (Anexo 7).

Grãos pouco arredondados também ocorreram em quase todas as amostras, não aparecendo apenas em C5. Eles predominaram em 44% das estações amostrais, principalmente no Canal de Itaparica, na saída da BTS e nas amostras N2, N5, M3, C3 e C6 (Figura 23). Verifica-se na figura 24 que os grãos pouco arredondados tendem a diminuir com o aumento da profundidade e com o aumento do teor de lama no sedimento. Entretanto, de acordo com os resultados das correlações não foram constatadas correlações significativas nem com a profundidade ($r=-0,1976$; $p=0,2784$), nem com o teor de carbonato ($r=0,2365$; $p=0,1925$) e nem com o teor de lama ($r=-0,3276$; $p=0,0672$) (Anexo 7).

Os grãos arredondados ocorreram em 75% das estações amostrais, mas foram mais observados nas amostras localizadas na saída da BTS, predominado em S4 (40%) e S7 (45%). Eles também ocorreram bastante na amostra N4 (40%), localizada próximo à desembocadura do rio Paraguaçu (Figura 23). Embora, aparentemente, os grãos arredondados diminuam com o aumento da profundidade (Figura 24), não foi detectada correlação significativa entre estas variáveis ($r=0,1785$; $p=0,3284$). Também não houve correlação com o teor de carbonato ($r=-0,06798$; $p=0,7116$). Houve correlação apenas com o teor de lama, caracterizada com negativa e significativa ($r=-0,4137$; $p=0,0186$) (Anexo 7).

Grãos muito arredondados tiveram frequência muito baixa na BTS, ocorrendo apenas em 25% das amostras analisadas, todas localizadas na saída da baía (Figura 23). Eles também não foram abundantes nas amostras, ocorrendo com valor máximo de 5% em S7. A figura 24 mostra a relação dos grãos muito arredondados com as variáveis ambientais. Foi possível verificar correlação com a profundidade, caracterizada como positiva e significativa ($r=0,4002$; $p=0,0232$); e com o teor de lama, caracterizada como negativa e extremamente significativa ($r=-0,6256$; $p=0,0001$). Não houve correlação efetiva com o teor de carbonato ($r=-0,0198$; $p=0,9140$) (Anexo 7).

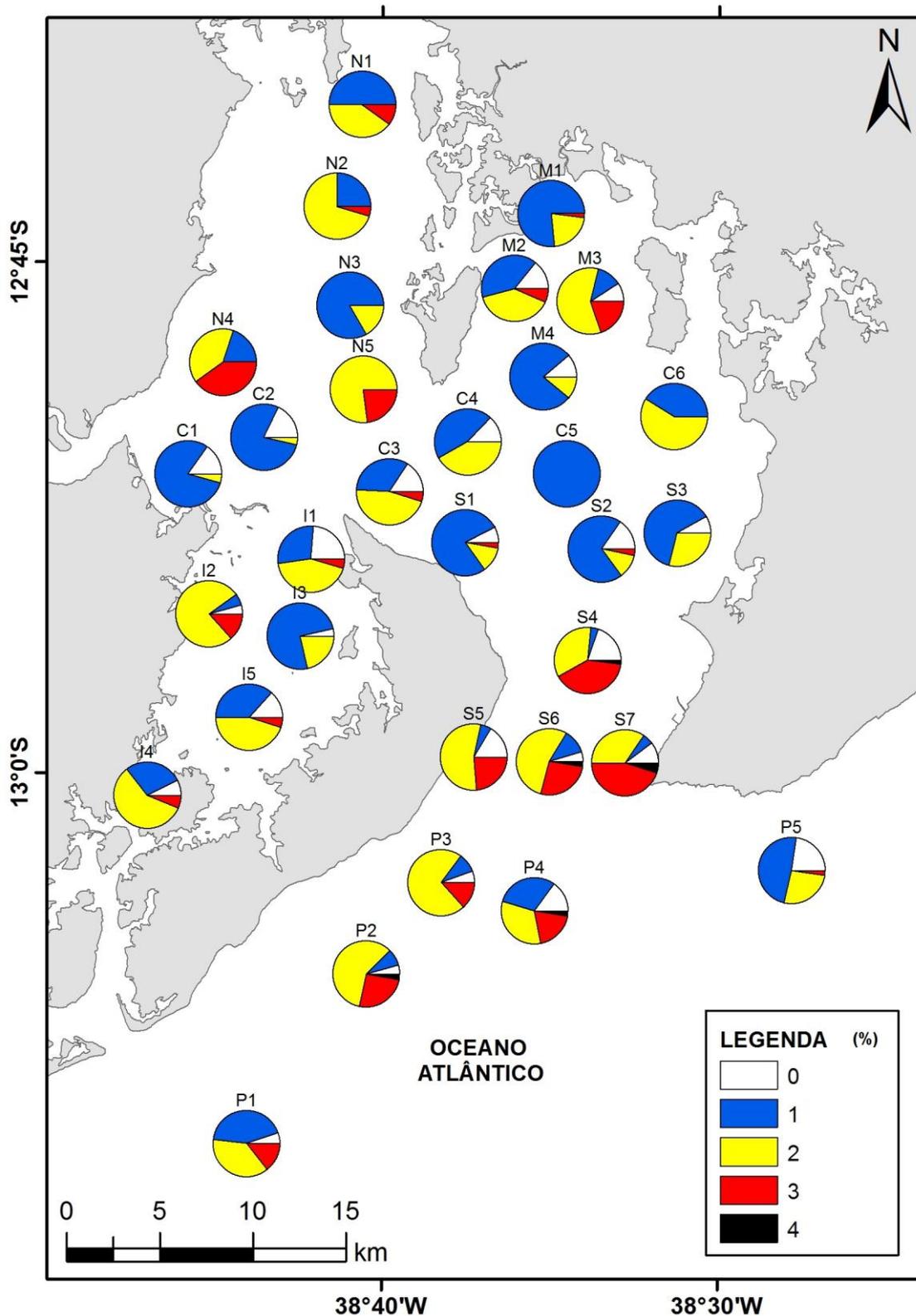


Figura 23 – Distribuição dos percentuais referentes ao grau de arredondamento dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos. Onde: 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado.

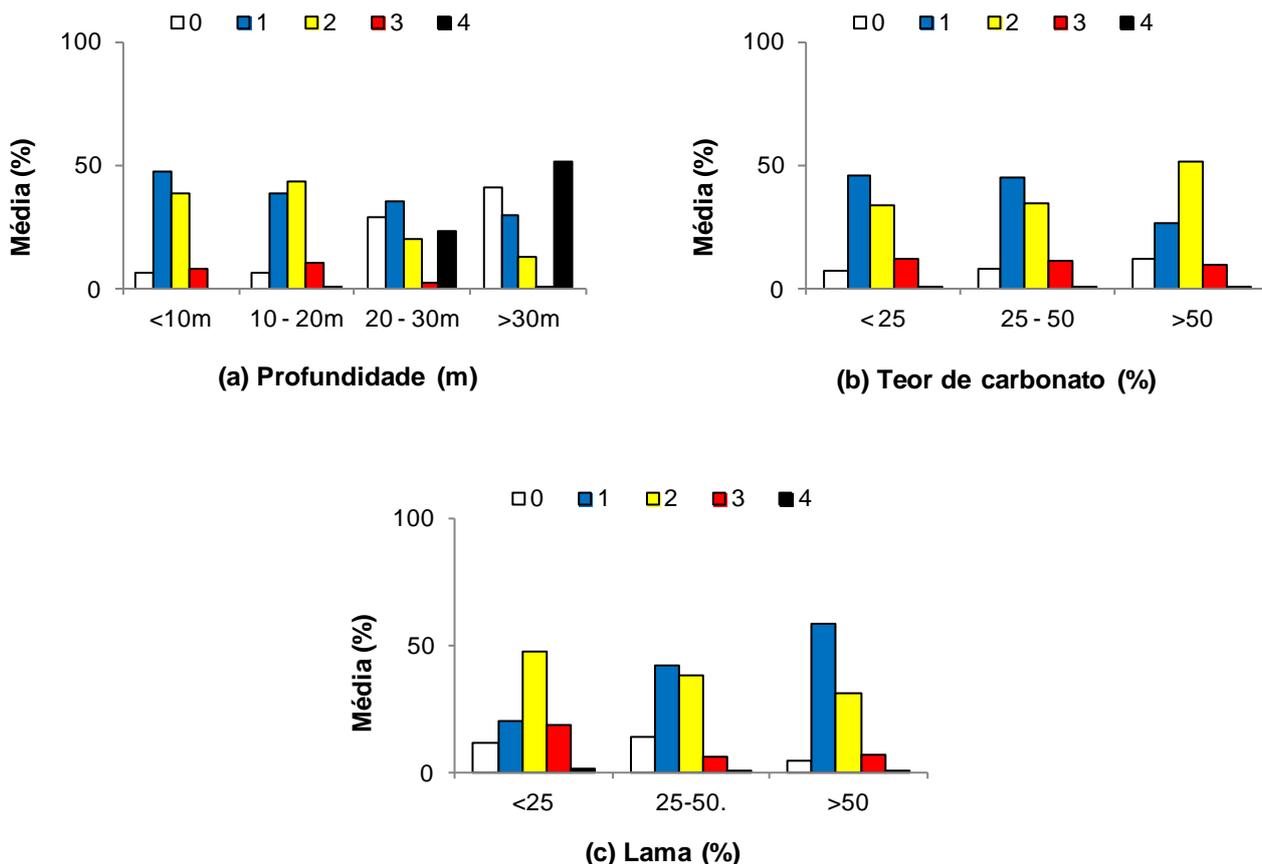


Figura 24 – Média dos percentuais referentes ao grau de arredondamento observado nos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos em função das variáveis ambientais: **(a)** Profundidade (m), **(b)** Teor de carbonato (%) e **(c)** Lama (%). Onde: 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado.

5.3.3 Assembleias Biogênicas Atual e Relíquia

A classificação dos componentes biogênicos como atual ou relíquia foi realizada com base no grau de preservação em que eles se encontravam. Os atuais apresentaram características próprias bem preservadas e sem alteração de cor. Já os relíquias mostraram-se com aspecto bastante desgastado, com ou sem alteração de cor e, muitas vezes, modificados em vários níveis, dificultando, mas não impedindo, a sua identificação. A partir dessa classificação foi possível verificar que os grãos atuais foram dominantes nos sedimentos da BTS, apresentando, em média, 60% de abundância. Eles predominaram nas amostras localizadas ao norte-nordeste da baía (N, M), na região central (C) e em algumas amostras no início do Canal de Salvador (S1, S2, S3), tendendo a diminuir de frequência em direção à plataforma. Já os grãos relíquias apresentaram em média 40% de abundância, predominando na maioria das amostras localizadas no Canal

de Itaparica e na saída da BTS (Figura 25; Anexo 8). A diferença entre as médias dos grãos atuais e relíquias foi considerada muito significativa ($t, p=0,0076$) (Anexo 9).

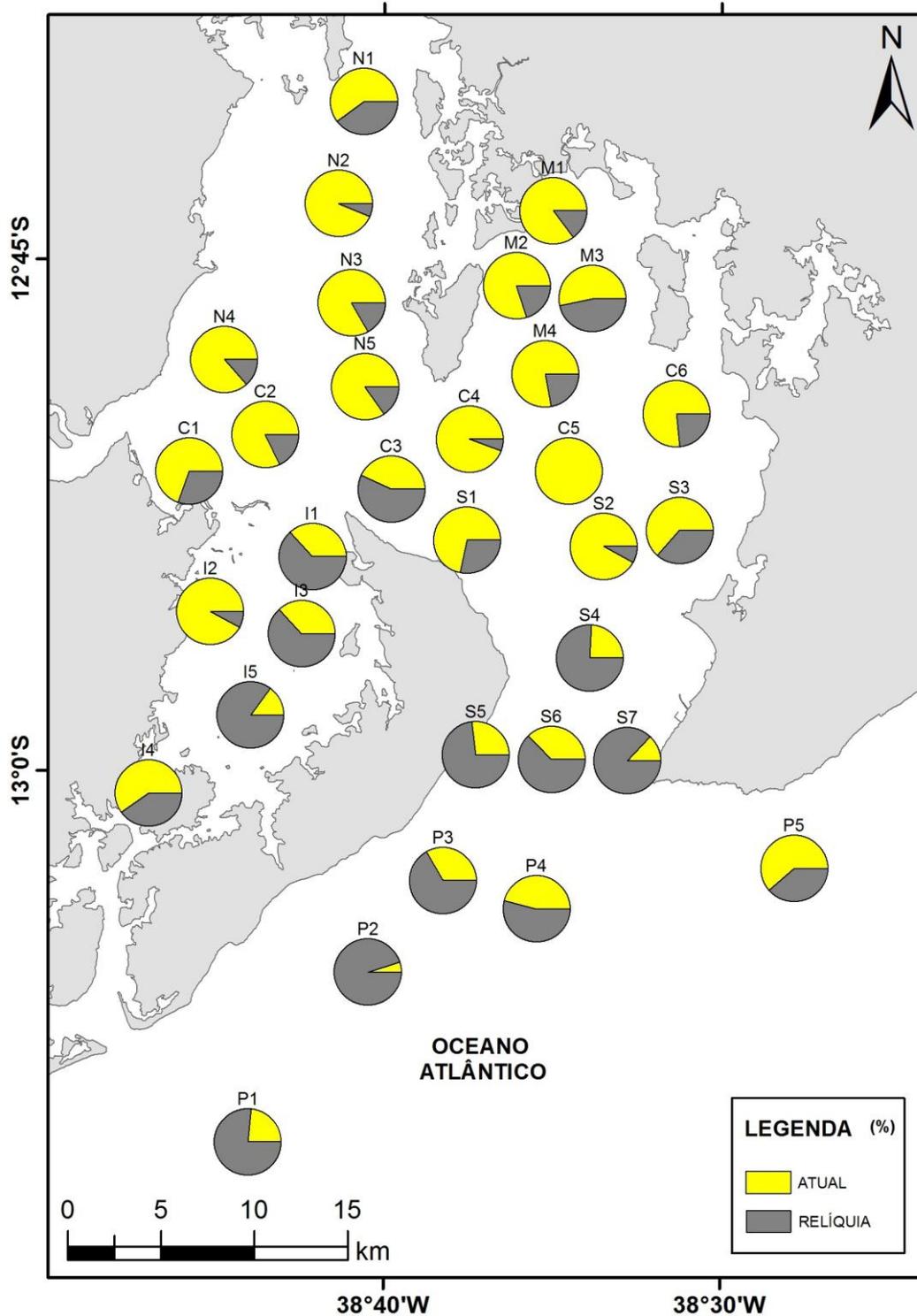


Figura 25 – Distribuição dos percentuais referentes aos grãos biogênicos atual e relíquia dos sedimentos da Baía de Todos os Santos.

Os resultados das correlações entre os grãos atuais e as variáveis ambientais mostraram que houve correlação apenas com o teor de lama e esta foi positiva e altamente significativa ($r=0,6131$; $p=0,0002$). Não foi verificada correlação expressiva com a profundidade ($r=-0,2248$; $p=0,2160$), nem com o teor de carbonato ($r=-0,2493$; $p=0,1688$). Os resultados das correlações entre os grãos relíquias e as variáveis ambientais apresentaram valores dos coeficientes de correlação (r) iguais aos das correlações dos grãos atuais, porém com o sinal invertido (Anexo 10).

A análise da composição dos sedimentos biogênicos de cada assembleia mostrou que os moluscos foram, entre todos os componentes, os mais abundantes, em média, tanto na assembleia atual (40%) como na relíquia (16%). Ao comparar as assembleias, foi possível verificar que alga *Halimeda*, molusco, *Millepora*, crustáceo e porífero foram mais abundantes, em média, na assembleia atual; enquanto que alga calcária não-geniculada, alga calcária geniculada, foraminífero, briozoário, tubo de verme, equinodermo, cirrípede e coral foram mais abundantes na assembleia relíquia. Os ostracodes foram os únicos biogênicos que apareceram apenas na assembleia atual (Figura 26; Anexo 11).

Foram constatadas diferenças significativas apenas entre as médias de dois dos componentes biogênicos, nas assembleias atual e relíquia: molusco (t , $p=0,0001$) e crustáceo (t , $p=0,0118$) (Figura 26; Anexo 9).

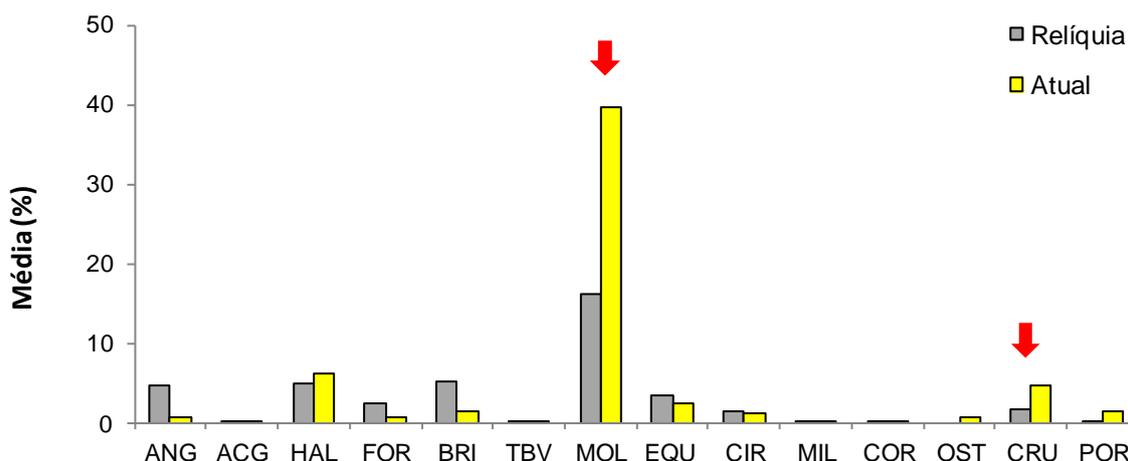


Figura 26 – Média da abundância relativa dos componentes biogênicos dos sedimentos da Baía de Todos os Santos, nas assembleias atual e relíquia. Setas apontam médias significativamente diferentes. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos.

A distribuição de cada biogênico constituinte das assembleias atual e relíquia, na área de estudo, mostrou que alguns deles nem sempre ocorreram ou predominaram nas mesmas estações amostrais em ambas as assembleias (Figura 27; Anexo 11). A fim de verificar uma possível relação entre os parâmetros ambientais (profundidade, teor de carbonato e teor de lama) com a distribuição dos biogênicos, em cada assembleia, foram realizados testes de correlação.

Os resultados dos testes mostraram que a maioria dos componentes biogênicos apresentaram relações diferentes com as variáveis ambientais a depender da assembleia em que se encontravam (Tabela 4; Anexo 12). Estes testes foram importantes para verificar o comportamento, sobretudo, daqueles biogênicos que apresentaram abundância média significativamente diferente entre as assembleias atual e relíquia, como foi o caso dos moluscos e dos crustáceos que predominaram na assembleia atual. Nesta assembleia os moluscos apresentaram correlação positiva com o teor de lama, e foram mais abundantes no interior da baía diminuindo seu percentual em direção à plataforma. Já os crustáceos, que também predominaram significativamente na assembleia atual, não apresentaram correlações com as variáveis ambientais analisadas, e exibiram uma distribuição semelhante em ambas as assembleias.

As relações dos demais biogênicos, que não tiveram médias significativamente diferentes entre as assembleias, com as variáveis ambientais estão descritas a seguir.

Apenas os briozoários, os fragmentos de *Millepora* e os poríferos mostraram relações semelhantes com o ambiente em ambas as assembleias. Os briozoários apresentaram correlação positiva com a profundidade e negativa com a lama, enquanto os fragmentos de *Millepora* não apresentaram correlações significativas com as variáveis ambientais. Estes biogênicos ocorreram de forma semelhante entre as estações amostrais, em ambas as assembleias. Os poríferos também não apresentaram correlações significativas com as variáveis ambientais, e apesar deles apresentarem uma pequena diferença na distribuição dos grãos relíquias em relação aos atuais, com uma ocorrência mínima de grãos relíquias apenas na região da plataforma, esta não foi suficiente para que os grãos relíquias mostrassem uma relação distinta com o ambiente, quando comparada com a dos grãos atuais.

As algas calcárias não-geniculadas apresentaram correlação negativa com a lama em ambas as assembleias, no entanto aquelas classificadas como relíquia apresentaram correlação positiva com a profundidade, e as classificadas como atual apresentaram correlação positiva com o teor de carbonato nos sedimentos. Estas últimas ocorreram

basicamente na plataforma, enquanto as relíquias foram registradas além da plataforma, também no Canal de Itaparica e no Canal de Salvador.

As algas calcárias geniculadas relíquias apresentaram correlações significativas com as variáveis ambientais: positiva com a profundidade e negativa com a lama. As atuais não apresentaram correlações com o ambiente e ocorreram apenas no Canal de Salvador, e as relíquias avançaram até a plataforma.

As algas *Halimeda* relíquias apresentaram correlação negativa com a lama e foram mais abundantes entre o Canal de Salvador e a plataforma, enquanto as atuais não apresentaram correlações com o ambiente e predominaram no interior da BTS.

Apenas os foraminíferos da assembleia atual apresentaram correlação positiva com a profundidade, ocorrendo mais na saída da BTS; já aqueles da assembleia relíquia não apresentaram correlações e ocorreram em quase toda a baía.

Os tubos de verme apresentaram correlação negativa com a lama em ambas as assembleias, mas apenas os da assembleia atual apresentaram correlação positiva com a profundidade. Estes ocorreram em quase toda a baía e os da assembleia relíquia apareceram apenas no Canal de Itaparica e na saída da baía.

Os equinodermos da assembleia relíquia apresentaram correlações com as variáveis ambientais: positiva com a profundidade e negativa com a lama. Tanto os da assembleia atual como os da relíquia foram observados em quase toda a baía. Entretanto, os grãos relíquias quase não apareceram na área norte-nordeste da BTS.

Os cirrípedes, tanto de uma assembleia como de outra, apresentaram correlação positiva com a lama, mas apenas os grãos relíquias apresentaram correlação positiva com o teor de carbonato. Estes últimos predominaram no Canal de Itaparica, enquanto os da assembleia atual predominaram em algumas amostras da região central e no nordeste da BTS.

Apenas os corais da assembleia relíquia apresentaram correlações com as variáveis ambientais: positiva com o teor de carbonato e negativa com a lama. Eles ocorreram como um todo de forma pontual nas mesmas amostras, mas os atuais praticamente não foram observados no Canal de Itaparica e no Canal de Salvador.

Os ostracodes apareceram apenas na assembleia atual e não apresentaram correlações significativas com as variáveis ambientais. Eles ocorreram essencialmente na região central da BTS.

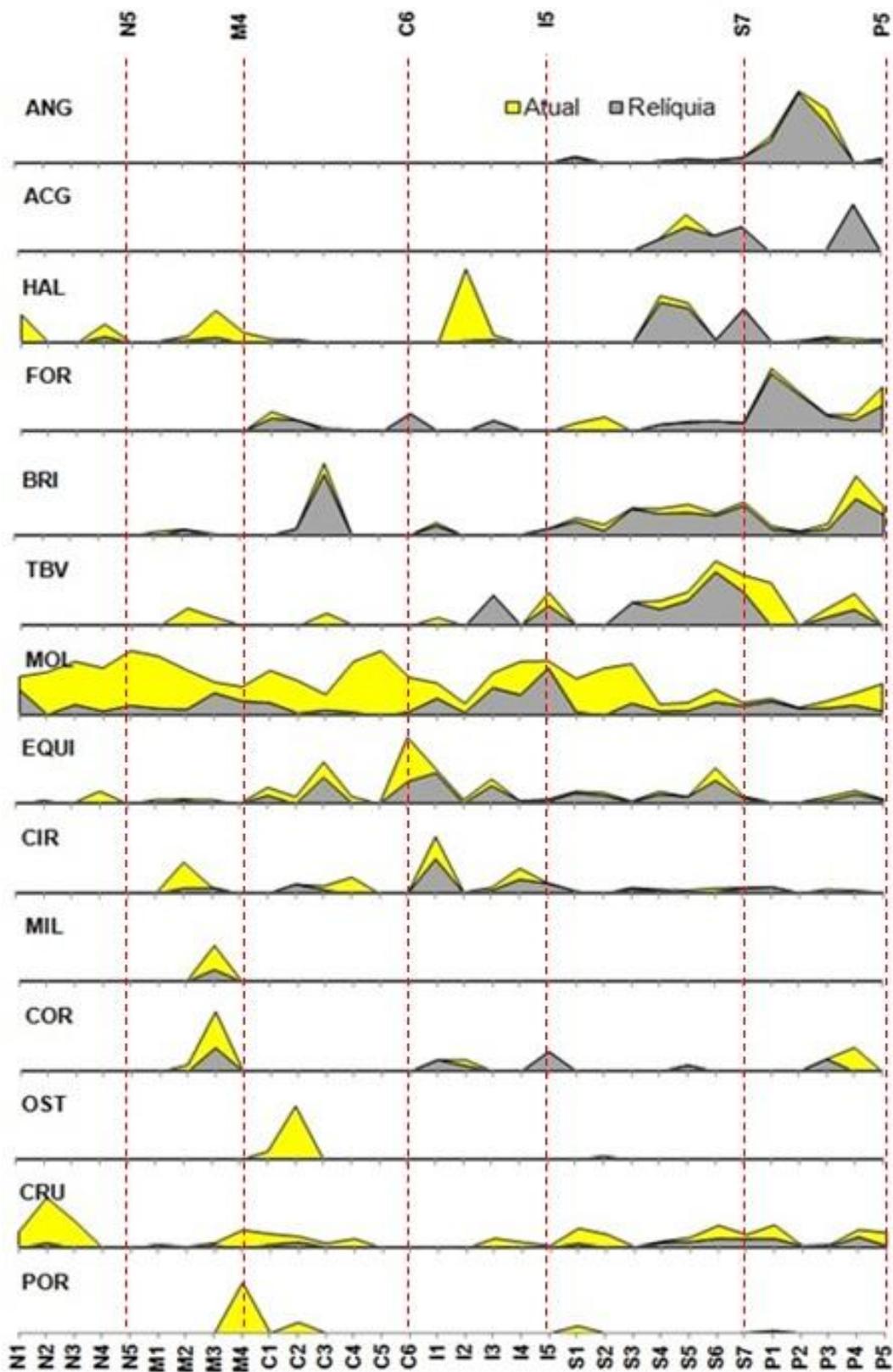


Figura 27 – Distribuição dos percentuais de cada componente biogênico dos sedimentos da Baía de Todos os Santos, nas assembleias atual e relíquia. Linhas tracejadas mostram os limites das regiões de coleta (N=norte, M=nordeste, C=central, I=Canal de Itaparica, S=Canal de Salvador, P=plataforma). Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos.

Tabela 4 – Correlação entre os biogênicos das assembleia atual e relíquia e as variáveis ambientais amostradas na Baía de Todos os Santos (*r* refere-se ao Coeficiente de Correlação e *p* refere-se à significância do teste). Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos.

| Biogênicos | PROFUNDIDADE | | CARBONATO | | LAMA | |
|---------------|--------------|-------------|-----------|-----------|----------|-------------|
| | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> |
| ANG Atual | 0,3301 | 0,0650 ns | 0,4224 | 0,0160 * | -0,4256 | 0,0152 * |
| ANG Relíquia | 0,4424 | 0,0112 * | 0,3017 | 0,0933 ns | -0,6314 | 0,0001 *** |
| ACG Atual | 0,1168 | 0,5245 ns | 0,0291 | 0,8740 ns | -0,2353 | 0,1949 ns |
| ACG Relíquia | 0,4272 | 0,0147 * | -0,2381 | 0,1894 ns | -0,5612 | 0,0008 *** |
| HAL Atual | -0,3284 | 0,0665 ns | -0,0458 | 0,8033 ns | -0,2356 | 0,1942 ns |
| HAL Relíquia | 0,1484 | 0,4176 ns | 0,1930 | 0,2899 ns | -0,4743 | 0,0061 ** |
| FOR Atual | 0,4424 | 0,0112 * | 0,2530 | 0,1623 ns | -0,3465 | 0,0520 ns |
| FOR Relíquia | 0,2028 | 0,2656 ns | 0,0733 | 0,6899 ns | -0,3426 | 0,0549 ns |
| BRI Atual | 0,4606 | 0,0080 ** | -0,0735 | 0,6893 ns | -0,4257 | 0,0151 * |
| BRI Relíquia | 0,6683 | <0,0001 *** | 0,2159 | 0,2353 ns | -0,6486 | <0,0001 *** |
| TBV Atual | 0,3603 | 0,0428 * | 0,1520 | 0,4063 ns | -0,5433 | 0,0013 ** |
| TBV Relíquia | 0,252 | 0,1641 ns | -0,0984 | 0,5919 ns | -0,5117 | 0,0028 * |
| MOL Atual | -0,1122 | 0,5409 ns | -0,2959 | 0,1001 ns | 0,5583 | 0,0009 *** |
| MOL Relíquia | -0,3353 | 0,0607 ns | 0,3211 | 0,0731 ns | -0,1543 | 0,3992 ns |
| EQUI Atual | 0,0532 | 0,7724 ns | -0,0139 | 0,9398 ns | -0,1158 | 0,5279 ns |
| EQUI Relíquia | 0,5735 | 0,0006 *** | 0,0813 | 0,6581 ns | -0,4443 | 0,0108 * |
| CIR Atual | 0,2024 | 0,2667 ns | 0,2641 | 0,1441 ns | -0,6005 | 0,0003 *** |
| CIR Relíquia | 0,1646 | 0,3681 ns | 0,4341 | 0,0130 * | -0,4342 | 0,0130 * |
| MIL Atual | -0,2724 | 0,1314 ns | 0,3015 | 0,0935 ns | -0,2353 | 0,1949 ns |
| MIL Relíquia | -0,2724 | 0,1314 ns | 0,3015 | 0,0935 ns | -0,2353 | 0,1949 ns |
| COR Atual | -0,1657 | 0,3646 ns | 0,1713 | 0,3487 ns | -0,2819 | 0,1180 ns |
| COR Relíquia | -0,2168 | 0,2332 ns | 0,5471 | 0,0012 ** | -0,4170 | 0,0176 * |
| OST Atual | -0,0645 | 0,7257 ns | -0,0731 | 0,6906 ns | 0,1066 | 0,5613 ns |
| OST Relíquia | – | – | – | – | – | – |
| CRU Atual | -0,0630 | 0,7316 ns | -0,3096 | 0,0846 ns | 0,2901 | 0,1073 ns |
| CRU Relíquia | 0,2653 | 0,1423 ns | -0,2215 | 0,2232 ns | -0,3143 | 0,0798 ns |
| POR Atual | 0,1479 | 0,4191 ns | -0,0052 | 0,9774 ns | 0,159 | 0,3848 ns |
| POR Relíquia | 0,0291 | 0,8740 ns | 0,1070 | 0,5600 ns | 0,1274 | 0,4870 ns |

(ns=não significativa; *=significativa; **=muito significativa; ***=altamente significativa)

5.4 Componentes biogênicos das amostras de 1974 e 1997

A composição biogênica dos sedimentos da BTS foi comparada entre as amostras coletadas nos anos de 1974 (Macedo, 1977) e 1997 (presente trabalho), com o intuito de verificar níveis de similaridades entre elas, que pudessem indicar alguma modificação na constituição biogênica dos sedimentos, quiçá causada por mudanças no ambiente, da referida baía. Essa comparação foi realizada levando-se em consideração a composição dos sedimentos nas frações cascalho e areia separadamente. Vale ressaltar que nesta etapa do trabalho as algas calcárias geniculadas e não geniculadas não foram distinguidas e por isso foram classificadas apenas como algas calcárias (ALC).

Os biogênicos identificados tanto nas amostras de 1974 quanto nas de 1997 praticamente foram os mesmos, com exceção dos radiolários que ocorreram apenas nas amostras de 1974 na fração areia, e dos tubos de verme que apareceram apenas nas amostras de 1997, tanto na fração areia como na fração cascalho.

Ao analisar a composição dos sedimentos biogênicos na **fração cascalho** foi possível verificar que os moluscos foram, em média, os principais constituintes tanto nas amostras de 1974 (63,54%) como nas amostras de 1997 (50,87%). Além disso, foi possível constatar que alga calcária, briozoário, molusco, equinodermo, cirrípede, coral e fragmento de vegetal foram mais abundantes, em média, na fração cascalho dos sedimentos de 1974; enquanto alga *Halimeda* e crustáceo foram mais abundantes nas amostras de 1997. Tubos de verme só apareceram na fração cascalho das amostras de 1997; já os foraminíferos e poríferos ocorreram apenas na fração cascalho das amostras de 1974 (Figura 28a; Anexo 13).

Na fração cascalho, não foram observadas diferenças significativas entre as médias dos componentes biogênicos que ocorreram em ambas as amostras (Anexo 14).

A análise da composição dos sedimentos biogênicos na **fração areia** mostrou também que os moluscos foram, em média, os principais constituintes tanto nas amostras de 1974 (44,42%) como nas amostras de 1997 (27,40%). Ao comparar as amostras foi possível verificar que alga *Halimeda*, foraminífero, molusco, equinodermo, coral e porífero foram mais abundantes, em média, na fração areia das amostras de 1974; e alga calcária, briozoário, cirrípede, ostracode, crustáceo e fragmento de vegetal foram mais abundantes nas amostras de 1997. Tubos de verme só apareceram na fração areia das amostras de 1997; enquanto os radiolários foram registrados apenas nas amostras de 1974 (Figura 28b; Anexo 13).

Na fração areia foram constatadas diferenças significativas entre as médias de oito dos componentes biogênicos que ocorreram em ambas as amostras: alga calcária (MW, $p=0,0016$), briozoário (MW, $p=0,0054$), molusco (t , $p=0,0102$), cirrípede (MW, $p=0,0164$), ostracode (MW, $p=0,0012$), crustáceo (MW, $p<0,0001$), grãos não identificados (MW, $p<0,0001$) e fragmento de vegetal (MW, $p=0,0002$) (Figura 28b; Anexo 14).

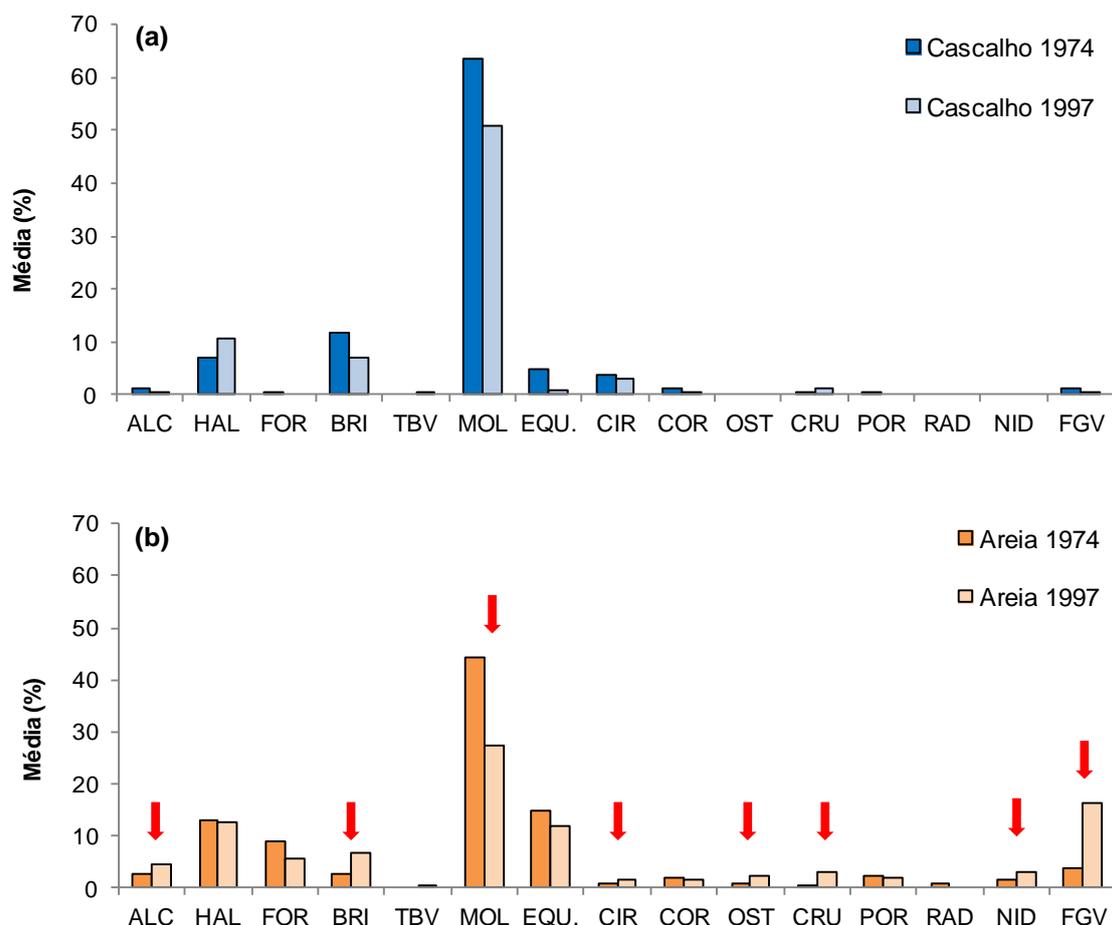


Figura 28 – Média da abundância relativa dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos, das amostras de 1974 e de 1997, na fração cascalho (a) e na fração areia (b). Setas apontam médias significativamente diferentes na fração areia (b). Onde: ALG=algas calcárias, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos, RAD=radiolários, NID=grãos não-identificados, FGV=fragmentos de vegetais.

A distribuição de cada componente biogênico dos sedimentos, na fração areia das amostras de 1974 e 1997, na área de estudo, mostrou que alguns deles nem sempre ocorreram nas mesmas áreas em ambas as amostras. Essa diferença foi observada especialmente entre aqueles biogênicos que apresentaram médias significativamente diferentes entre as amostras (Figura 29; Anexo 13).

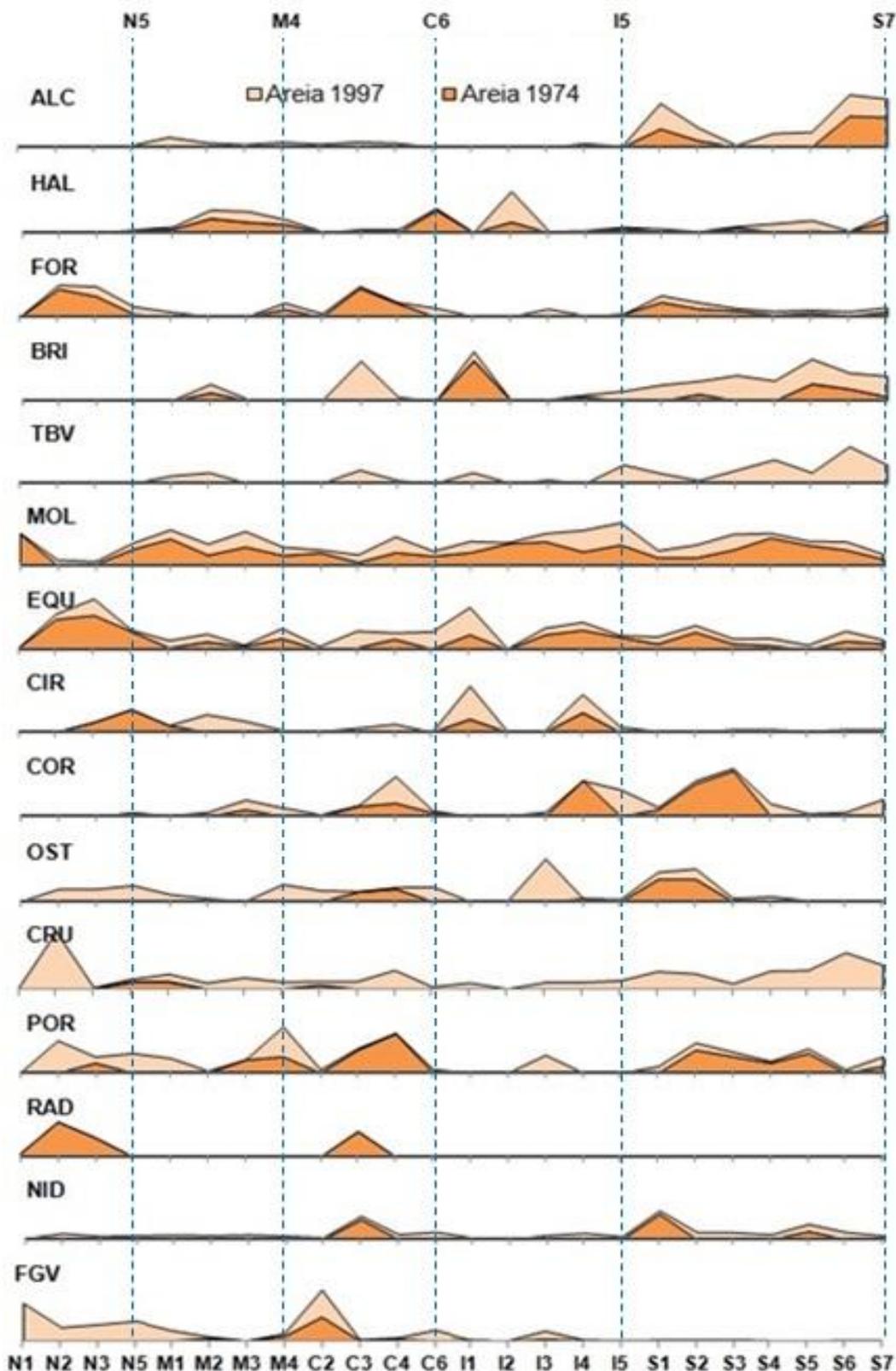


Figura 29 – Distribuição dos percentuais de cada componente biogênico dos sedimentos da Baía de Todos os Santos, na fração areia das amostras de 1997 e de 1974. Linhas tracejadas mostram os limites das regiões de coleta (N=norte, M=nordeste, C=central, I=Canal de Itaparica, S=Canal de Salvador). Onde: ALG=algas calcárias, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQU=equinodermos, CIR=cirrípedes, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos, RAD=radiolários, NID=grãos não-identificados, FGV=fragmentos de vegetais.

As algas calcárias, por exemplo, foram registradas nas amostras de 1974 apenas na saída da BTS, mais precisamente no Canal de Salvador; já nas amostras de 1997 elas foram observadas não só nesta região como também em outras áreas, no interior da baía. Os briozoários ocorreram nas mesmas regiões tanto em 1974 como em 1997, mas foram muito mais abundantes nas regiões central, Canal de Itaparica e Canal de Salvador nas amostras de 1997. Os cirrípedes não foram observados nas regiões nordeste e central (M, C) da baía em 1974, mas em 1997 eles foram registrados nestas regiões. Os ostracodes não foram observados ao norte-nordeste da baía e no Canal de Itaparica nas amostras de 1974, mas ocorreram nestes locais em 1997. Os crustáceos, em 1974, foram observados basicamente em algumas amostras ao norte-nordeste da baía, enquanto que em 1997 eles foram registrados em toda a BTS. Os fragmentos de vegetais, em 1974, foram observados essencialmente na amostra C2, já em 1997 eles foram registrados principalmente ao norte-nordeste da baía, na região central e no Canal de Itaparica. Os biogênicos que não apresentaram diferenças significativas entre as amostras mostraram distribuição semelhante na área de estudo, tanto em 1974 quanto em 1997 (Figura 29).

6.0 DISCUSSÃO

6.1 Composição e Distribuição dos Sedimentos

A composição dos sedimentos da Baía de Todos os Santos variou espacialmente, com predomínio de determinados componentes em regiões distintas da baía (ver Figura 7). Esse resultado foi condizente, em vários aspectos, com as fácies sedimentares apresentadas no mapa elaborado por Dominguez & Bittencourt (2009) (ver Figura 1). Este mapa foi construído por meio da compilação de dados dos trabalhos de Bittencourt *et al.* (1976) e Cruz (2008).

No presente trabalho foi possível observar uma maior abundância de grãos agregados e orgânicos na região norte da BTS, onde, de acordo com o mapa acima citado, predomina a fácies de lama. Estes grãos apresentaram correlação positiva com o teor de lama nos sedimentos, sugerindo que a participação deles é essencial na composição dos sedimentos lamosos naquela região da baía. Além disso, foi observado que os grãos agregados e principalmente os orgânicos apresentaram em sua constituição fragmentos de vegetais, tanto da vegetação costeira como de gramíneas marinhas, indicando uma origem tanto alóctone como autóctone destes grãos.

De acordo com Killops & Killops (2005) as principais fontes de matéria orgânica em sistemas aquáticos são o plâncton, a vegetação costeira e as bactérias heterotróficas consumidoras de detritos. Na BTS, Mendes (1999) acredita que a matéria orgânica seja regulada essencialmente pelo aporte fluvial. No presente estudo foi verificada uma alta correlação entre as concentrações de matéria orgânica e os teores de lama nos sedimentos ($r=0,8635$), sugerindo que, pelo menos em parte, estes parâmetros ambientais tenham origens semelhantes.

Nas regiões nordeste, central e no Canal de Itaparica observou-se uma maior representatividade de grãos biogênicos, que apresentaram uma correlação positiva com o teor de carbonato nos sedimentos, e nenhuma correlação com a profundidade, nem com o teor de lama. De acordo com o mapa de fácies, na região nordeste predomina a fácies lama, mas ocorre, pontualmente, a fácies de areia e cascalho biodetríticos, registrada também no Canal de Itaparica, onde predomina a fácies de areia quartzosa. Já na região central predomina a fácies mista, onde os biodetritos estão presentes juntamente com areia quartzosa e lama. Diferente dos outros componentes do sedimento, os biogênicos ocorreram em todas as amostras de sedimento analisadas, em diferentes proporções a

dependem da localidade. Eles predominaram em 53% das amostras, nas regiões citadas acima, e foram muito pouco representativos na região norte da baía, onde aparentemente sofreram diluição devido a maior abundância de outros tipos de grãos nesta área. O aporte terrígeno, segundo Milliman (1974), é uma das principais causas da diluição de grãos carbonáticos.

Na saída da baía predominaram os grãos siliciclastos, formados por fragmentos de rochas e minerais, estando de acordo com a fácies de areia quartzosa do mapa de Dominguez & Bittencourt (2009). Estes grãos apresentaram correlação positiva com a profundidade.

Vale destacar que a fácies de areia e cascalho biodetríticos, presentes no mapa, foi registrada, principalmente, ao redor das ilhas e recifes presentes em diversos pontos da baía. Esta fácies também foi descrita ao redor de lajes rochosas, que correspondem aos terraços de abrasão referentes a antigas ilhas que foram ou ainda estão sendo arrasadas pela ação das ondas, localizadas principalmente ao norte e noroeste da baía (Leão 1977, Dominguez & Bittencourt 2009). Os recifes, geralmente bancos recifais, são encontrados na região nordeste onde ocorrem, principalmente, entre as ilhas do Frade e de Maré, tomando direção sul e bordejando alguns pontos da costa oeste de Salvador. Já em direção à saída da baía eles ocorrem na costa leste e sudeste da ilha de Itaparica (Cruz *et al.* 2009). Pequenas manchas de recifes também já foram apontadas em mapas de fácies no interior do Canal de Itaparica (Cirano & Lessa 2007, Dutra & Haworth 2008, Lessa & Dias 2009), porém com incertezas a respeito de sua real ocorrência. De acordo com Lessa *et al.* (2009), a descarga de água doce relativamente pequena e o grande volume da BTS são características que permitem a ocorrência de uma expressiva extensão de recifes de corais nesta baía, não observada em nenhuma outra na costa brasileira.

Verifica-se, então, que os sedimentos da BTS são bastante heterogêneos e estão relacionados a uma ampla variedade de tipos de fundo que podem ser explorados e habitados por uma grande diversidade de organismos. No estudo realizado por Alves *et al.* (2004a) foi constatada uma relação positiva entre a riqueza faunística e a heterogeneidade dos sedimentos da BTS.

O tipo de substrato disponível é considerado uma das variáveis ambientais que mais influencia a ocorrência, a distribuição e a diversidade dos organismos no ambiente marinho (Ricklefs 2003, Ponzi 2004, Wright & Burgess 2005). Por sua vez, os próprios organismos muitas vezes tem importante papel na formação e modificação dos

substratos. Alguns podem construir recifes e muitos podem modificar a textura dos sedimentos através da disponibilização de suas estruturas rígidas (Ginsburg *et al.* 1963, Laporte 1975, Wilson 1979). De acordo com Ginsburg *et al.* (1963), as diferenças morfológicas de cada componente bioclástico proporcionam a eles resistência específica ao transporte e ao desgaste que irá sofrer no ambiente, bem como as características relacionadas ao desenvolvimento e ao tamanho específico de cada grupo taxonômico propiciam a formação de sedimentos de granulometria diferente.

A maior parte do cascalho registrado no presente estudo, especificamente na região nordeste, no Canal de Itaparica e na saída da BTS, foi composto basicamente por componentes biogênicos, principalmente por moluscos e pontualmente por algas *Halimeda*, algas coralinas e briozoários (ver Tabela 1). No Canal de Itaparica, os cascalhos estão dispostos em meio a uma fácies de areia quartzosa, e são formados principalmente pelo acúmulo de conchas de moluscos, que promovem uma heterogeneidade de habitats no local e servem de substrato para uma grande variedade de organismos sésseis. Inclusive, nesta região da baía foi encontrada uma diversidade considerável de organismos incrustando estes cascalhos, tais como poliquetas (tubo de verme), algas, briozoários, foraminíferos, ostras, corais e cirrípedes (ver Figura 20). Diversos registros científicos tratam da importância dos fundos conchíferos, tanto como formadores de substratos capazes de sustentar uma diversidade biológica (Kidwell & Jablonski 1983, Reise 2002), como uma ferramenta importante para a reconstituição de dinâmicas relacionada à deposição, erosão e transporte de sedimentos em ambientes aquáticos (Kidwell 1991, Kidwell & Bosence 1991). Na região nordeste, os cascalhos encontrados estão em meio a uma fácies de lama e na saída da baía estão em meio à fácies de areia quartzosa, mas de maneira semelhante, tanto em uma localidade como em outra, parecem estar associados à presença de estruturas recifais adjacentes, que proporcionam microhabitats particulares e protegidos para muitos dos seres marinhos.

6.2 Componentes Biogênicos e Biofácies

Os sedimentos da BTS, considerando toda a área amostrada e todas as frações analisadas (cascalho e areia), apresentaram como constituintes **principais** os moluscos e as algas *Halimeda*, formando pouco mais de 50% dos sedimentos biogênicos da baía. Juntamente com eles, estiveram dentro desta categoria (principais) equinodermos, briozoários, algas calcárias e foraminíferos. Com menor abundância, ocorreram os

componentes **acessórios**, como os crustáceos, cirrípedes e pelotas fecais; e os componentes classificados como **raros**, tais como tubos de verme, ostracodes, corais, poríferos, octocorais e o hidrocoral *Millepora* (ver Figura 9).

Os moluscos já foram citados como os principais organismos presentes, tanto na comunidade viva (Alves *et al.* 2004a), como constituindo os sedimentos da BTS (Macedo 1977). Além de terem sido bastante abundantes nos sedimentos, eles ocorreram em 100% das amostras analisadas. Em um estudo realizado por Ginsburg (1956) foi constatado também que os moluscos foram os constituintes principais dos sedimentos na Baía da Flórida, sul da Flórida; o mesmo ocorrendo no estudo realizado por Flessa *et al.* (1993), na Baía la Choya, no México; e em um outro estudo realizado por Brooks & Doyle (1998), na Baía de Tampa, costa oeste da Flórida. Este grupo de organismo tem uma variedade enorme de formas e hábitos, possuem uma ampla distribuição geográfica, e muitas espécies são notadamente comuns em baías e estuários. De acordo com Longhurst & Pauly (2007), os moluscos (gastrópodes e bivalves), os poliquetas e os crustáceos compreendem cerca de 85% de todos os organismos presentes nas comunidades bentônicas dos mares tropicais, formando a base para o fluxo de energia no bentos e para muitas outras espécies marinhas. Em estudos paleoecológicos, as diferenças morfológicas encontradas em suas conchas ajudam na interpretação paleoambiental. Nos bivalves, por exemplo, existe uma forte correlação entre a forma da concha e os seus hábitos de vida (Stanley 1975, Thomas 1975). Com base nisso, é possível fazer uma associação entre os aspectos morfofuncionais e a abundância dos espécimes com os hábitos de vida e tróficos para inferências batimétricas, bem como para salinidade, temperatura, condições de substrato e agitação da água (Mendes 1988, Machado *et al.* 2011).

Assim como os moluscos, as algas *Halimeda* também tiveram participação importante na constituição dos sedimentos da BTS. Elas ocorreram em quase toda a área amostral (97% das amostras), tanto em locais rasos como profundos, porém com menor abundância na região norte. De acordo com Ginsburg *et al.* (1963) e Flügel (1988), a alga *Halimeda* é frequentemente um dos constituintes mais abundantes em sedimentos de águas rasas. De fato, estas algas estavam entre os componentes dominantes nos pontos mais rasos da referida baía, principalmente naqueles localizados na região nordeste e no Canal de Itaparica, onde também foi verificado grande teor de carbonato nos sedimentos (ver Anexo 1 e 2). Nos locais profundos onde elas foram abundantes, como, por exemplo, no trecho mais estrito do Canal de Salvador, verificou-se que a

maioria de seus artigos representavam grãos relíquias, e estavam mal preservados e arredondados, sugerindo transporte (ver Figura 27).

Apesar da predominância dos moluscos e das algas *Halimeda* compondo os sedimentos biogênicos da BTS foi possível verificar a ocorrência de muitos outros constituintes. Essa diversidade biogênica é resultante da variabilidade das condições ambientais, principalmente daquelas relacionadas aos tipos de fundo, existentes nesta baía, como já foi comentado anteriormente. Essa relação é tão marcante que pode ser notada ao comparar os resultados da classificação dos biogênicos quanto à frequência de ocorrência e quanto à abundância relativa (ver Figura 9 e Tabela 2). Verifica-se que nem todos os grupos de organismos que ocorreram de forma constante (com frequência alta) na área total amostrada estão entre os principais constituintes dos sedimentos (com abundância alta). É o caso dos crustáceos e cirrípedes, que ocorreram de forma constante em toda a baía (acima de 50% das amostras), mas foram classificados, quanto à abundância, como constituintes acessórios e não como principais, apresentando menos do que 5% de abundância nos sedimentos analisados. De forma semelhante os tubos de verme, ostracodes e poríferos também ocorreram de forma constante em toda a área da baía, mas foram classificados como constituintes traços ou raros, apresentando menos do que 1% de abundância nos sedimentos. Isto significa que apesar da ampla distribuição destes *taxa* no ambiente estudado eles não contribuem tanto para a produção do sedimento biogênico na baía como um todo, mas podem contribuir pontualmente, em determinados locais, refletindo uma estrita relação com ambiente onde ocorrem. Os crustáceos, ostracodes e poríferos, por exemplo, foram mais abundantes na área norte da baía, onde existe bastante lama e matéria orgânica no sedimento. Os dois primeiros são típicos comedores de detritos, e as espículas dos poríferos encontradas nesta área são silicosas (ver Figura 10), características de espécies de esponjas que podem suportar variações de salinidade e que estão adaptadas a viverem ancoradas na lama (Ruppert *et al.* 2005, Carvalho *et al.* 2011, Fernandes 2011b). Os cirrípedes ocorreram principalmente no Canal de Itaparica, já os tubos de verme foram mais encontrados no Canal de Salvador, sugerindo que tanto em uma região como em outra devem existir substratos rígidos, já que são organismos que vivem comumente fixados neste tipo de substrato (Ruppert *et al.* 2005).

Interpretações semelhantes podem ser feitas com os demais *taxa* que apresentaram frequência de ocorrência baixa na área total amostrada, tais como os, corais, o hidrocoral *Millepora* e os octocorais, que apresentaram uma distribuição também restrita em regiões

propícias as suas existências. Os corais e os hidrocorais foram registrados nos sedimentos do Canal de Itaparica, do Canal de Salvador e da plataforma adjacente, estando completamente ausentes na região norte da baía. Eles são grupos bastante exigentes em termos de características ambientais, e estão adaptados às águas marinhas tropicais relativamente rasas, bem iluminadas e oxigenadas, além de exigirem a presença de um substrato rochoso para a fixação das larvas e desenvolvimento das colônias. Já os octocorais ou corais moles são menos restritivos, podendo suportar temperaturas mais frias, além de poder ocorrer em locais profundos e também ancorados em sedimentos finos (Ruppert *et al.* 2005, Fernandes 2011a). Estes, além de ocorrerem nas mesmas regiões que os fragmentos de coral, foram observados também na região central da BTS e na plataforma adjacente (ver Anexo 2), por isso é importante considerar seus grupos separadamente na análise de componentes biogênicos.

A relação dos biogênicos com o substrato também ficou bastante evidente no diagrama de ordenação obtido no presente estudo. Nele puderam ser identificados dois grandes conjuntos de biogênicos, um relacionado ao sedimento lamoso e outro ao sedimento arenoso (ver Figura 13). No primeiro estiveram presentes crustáceos, equinodermos, octocorais, poríferos, foraminíferos, ostracodes e pelotas fecais, representando os *taxa* indicadores de substrato lamoso. Já o segundo conjunto foi formado por briozoários, tubos de vermes, todas as algas calcárias, o hidrocoral *Millepora*, cirrípedes, corais e moluscos, representando os *taxa* indicadores de substrato arenoso. Esse resultado mostra uma relação estreita entre o ambiente de vida dos organismos produtores de sedimento e o ambiente deposicional, sugerindo pouco ou nenhum transporte destes componentes.

Kidwell (1986) propôs três classificações para as assembleias de biogênicos: autóctones, aquelas compostas por espécimes preservadas na posição de vida e no seu hábitat original; parautóctones, aquelas compostas por espécimes que sofreram retrabalhamento biológico (ação de bioturbadores) ou físico (ação de ondas e correntes), mas não foram transportadas para longe de seu hábitat original; ou alóctones, aquelas compostas por espécimes transportadas para longe de seu hábitat de vida. Levando-se em conta estas características, a identificação dessas assembleias pode ajudar a interpretar o ambiente no qual elas são encontradas. Segundo Callender *et al.* (1992), as assembleias autóctones são características de ambientes com baixa energia e/ou protegidos, que possibilita a permanência dos espécimes na posição de vida; as assembleias parautóctones, são típicas de ambientes de plataforma interna, onde seus

espécimes podem frequentemente sofrer algum transporte, principalmente com a ação de ondas de tempestades, causando uma redistribuição regional, mas permanecendo em seu hábitat original; e as assembleias alóctones são características de ambiente com energia alta o suficiente para o transporte e a concentração dos bioclastos, tais como praias e canais de maré.

Apesar da BTS se tratar de uma baía e, portanto, de um ambiente semi-fechado, ela é bastante extensa. Segundo Lessa *et al.* (2001), ela apresenta correntes com diversas intensidades, que geralmente são fracas, mas ganham força nos canais e constrictões topográficas, principalmente na saída da mesma. Em vista disso, as assembleias biogênicas que compõem os sedimentos da BTS podem ser classificadas como parautóctones, pelo menos em sua maioria. Essa classificação é melhor aplicada, e pode ser confirmada, com a análise tafonômica dos grãos (Callender *et al.* 1992), que será discutida mais adiante no presente estudo.

Dada a grande diversidade de componentes biogênicos e a variabilidade das condições ambientais da BTS foi possível estabelecer quatro **biofácies** bem definidas, representadas por quatro diferentes grupos ou associações de grãos biogênicos (ver Figura 11). Estas associações ocorreram em diferentes regiões ou setores da baía com características ambientais distintas.

O **primeiro grupo**, composto principalmente por algas calcárias associadas a moluscos, briozoários e foraminíferos, compreende uma mistura de assembleias parautóctones e alóctones. Este grupo foi formado entre as amostras localizadas na saída da baía, ou seja, entre o Canal de Salvador e a plataforma. Nelas foram registradas, em média, as maiores profundidades e os maiores teores de areia, cascalho e siliciclastos, bem como os menores teores de lama, matéria orgânica, grãos agregados e orgânicos nos sedimentos, indicando que estas características podem ter influenciado a formação deste primeiro grupo (Figura 30 e Quadro 1). Os moluscos presentes neste grupo geralmente apresentaram conchas espessas e resistentes. Foram encontrados também escafópodes, aqueles moluscos que comumente ocorrem em profundidades além dos 6m (Ruppert *et al.* 2005). Também foi possível constatar neste grupo as maiores médias percentuais de grãos incrustados (12%), grãos com coloração ocre (32%) e preta (2%), assim como grãos inteiros (12%), arredondados (23%) e muito arredondados (2%), quando comparados aos demais grupos.

De acordo com Stanley (1975), a espessura da concha dos moluscos pode indicar condições ambientais. Conchas finas são características de espécies que ocorrem

soterradas em substrato lamoso e estável, e conchas espessas são comuns em espécies que habitam substratos arenosos móveis ou estáveis. Bivalves perfuradores de rochas também podem apresentar conchas espessas, resistentes e com rugosidades que auxiliam a ação mecânica nesse tipo de substrato (Mendes 1988). É bastante reconhecida a importância da variabilidade das conchas de bivalves na interpretação ambiental em estudos (paleo)ecológicos (Mendes 1988, Machado *et al.* 2011).

O **segundo grupo**, constituído essencialmente por moluscos associados a algas *Halimeda* e a equinodermos, inclui assembleias parautóctones, e foi formado entre as amostras do Canal de Itaparica e as amostras mais internas do Canal de Salvador. Nestas localidades foram registradas, em média, as melhores condições de transparência da água, os maiores teores de carbonato e os maiores percentuais de componentes biogênicos nos sedimentos, podendo todas estas características estarem associadas à formação deste segundo grupo (Figura 30 e Quadro 1). Os moluscos presentes neste grupo foram principalmente bivalves, apresentando muitas vezes conchas espessas, resistentes e ornamentadas com espinhos e estrias (Família Plicatulidae), típicas de moluscos adaptados a um substrato arenoso ou rochoso. Houve presença de ostras, aqueles moluscos que vivem fixos a um substrato. Observa-se que o substrato preferencial dos espécimes dominantes das biofácies exerce controle primário para a sua formação, e que a energia do ambiente e o transporte dos biogênicos parecem ter papel secundário (Meldahl & Flessa 1990). Foi possível verificar, também neste grupo, os maiores percentuais médios de grãos com bioerosão (32%) e de grãos apresentando coloração cinza (36%), em comparação com os demais grupos.

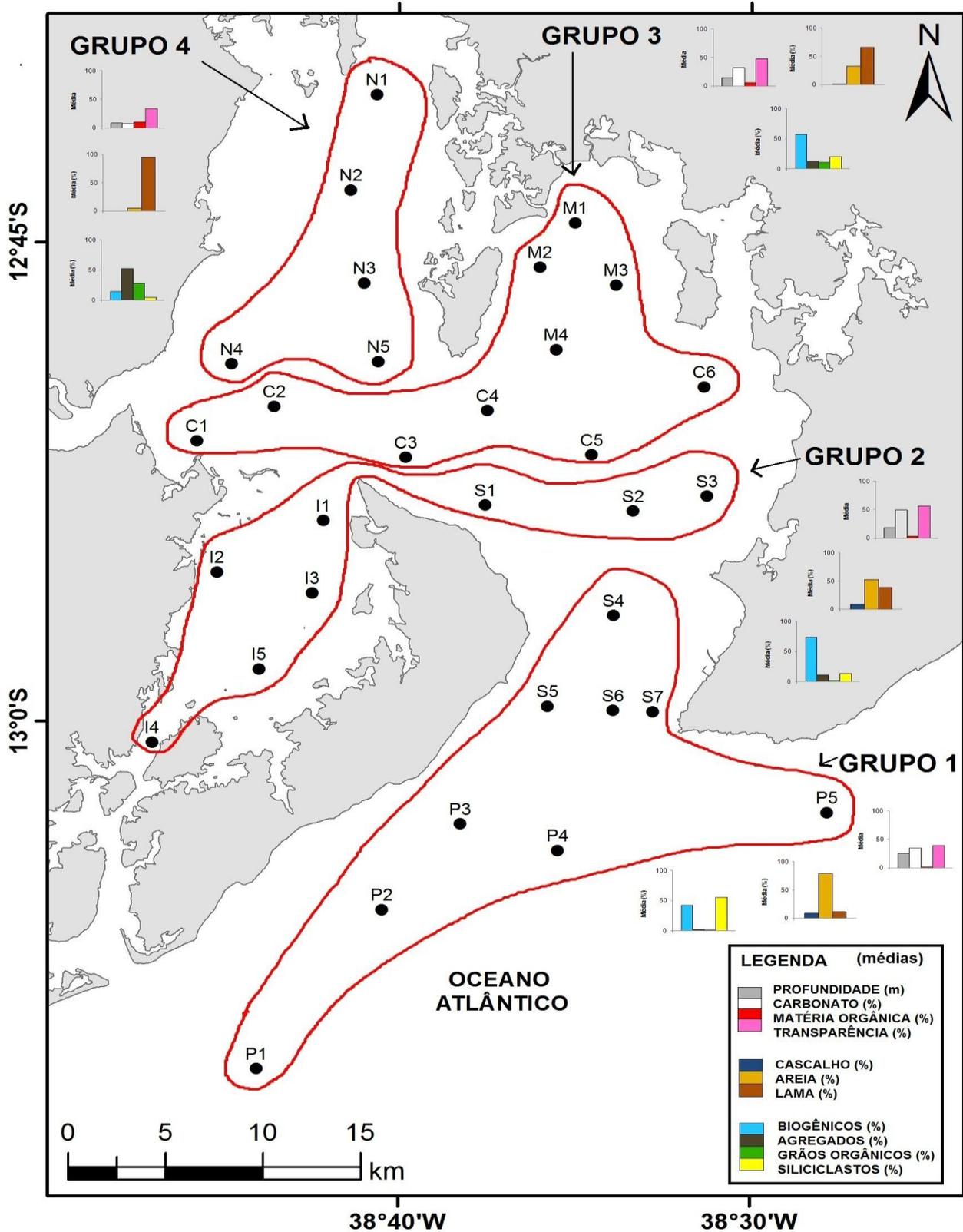


Figura 30 – Comportamento das variáveis ambientais e dos componentes dos sedimentos em relação a cada grupo (associação) de grãos biogênicos da Baía de Todos os Santos.

Quadro 1 – Caracterização dos grupos formados pelos grãos biogênicos dos sedimentos da Baía de Todos os Santos com relação aos parâmetros ambientais, principais biogênicos e à tafonomia. Onde: 0= grão inteiro, 1= muito pouco arredondado, 2= pouco arredondado, 3= arredondado e 4= muito arredondado. Em negrito estão os maiores valores.

| Caracterização dos Grupos | | | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
|---------------------------|----------------------|-------------|--|---|---|---|
| LOCALIZAÇÃO | | | Canal de Salvador e Plataforma | Canal de Itaparica e Canal de Salvador | Regiões central e nordeste da baía | Região norte da baía |
| PARÂMETROS AMBIENTAIS | | | | | | |
| Média | Profundidade (m) | | 25 | 18 | 14 | 8 |
| | Carbonato (%) | | 34 | 50 | 32 | 7 |
| | Matéria Orgânica (%) | | 1 | 3 | 6 | 10 |
| | Transparência (%) | | 39 | 56 | 48 | 33 |
| | Cascalho (%) | | 9 | 9 | 1 | 0 |
| | Areia (%) | | 79 | 53 | 33 | 5 |
| | Lama (%) | | 12 | 39 | 66 | 95 |
| PRINCIPAIS BIOGÊNICOS (%) | | | Algas calcárias (44%) Moluscos (18%) Briozoários (13%) | Moluscos (38%) <i>Halimeda</i> (19%) Equinodermos (18%) | <i>Halimeda</i> (34%) Moluscos (33%) | Moluscos (26%) Foraminíferos (20%) Equinodermos (17%) |
| TAFONOMIA | | | | | | |
| Média (%) | Condições | Brilho | 6 | 20 | 29 | 12 |
| | | Dissolução | 55 | 44 | 45 | 68 |
| | | Bioerosão | 28 | 32 | 24 | 19 |
| | | Incrustação | 12 | 4 | 3 | 0 |
| | Coloração | Branca | 2 | 3 | 9 | 1 |
| | | Amarela | 32 | 57 | 76 | 91 |
| | | Ocre | 32 | 3 | 1 | 1 |
| | | Cinza | 32 | 36 | 15 | 7 |
| | | Preta | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | Arredondamento | 0 | 12 | 10 | 10 | 0 |
| | | 1 | 18 | 48 | 58 | 36 |
| | | 2 | 45 | 37 | 28 | 49 |
| | | 3 | 23 | 4 | 3 | 16 |
| | | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 |

O **terceiro grupo**, composto principalmente por algas *Halimeda* e moluscos, compreende assembleias parautóctones. Foi formado entre as amostras das regiões central e nordeste da baía, onde foram verificados, em média, teores altos de lama e matéria orgânica, porém com uma grande representatividade de biogênicos no sedimento (Figura 30 e Quadro 1). As conchas dos moluscos bivalves variaram bastante, com ocorrência de conchas delicadas, mas também de conchas resistentes, e algumas ostras. De certa forma, este grupo foi o que menos apresentou uma indicação clara das condições ambientais que pudessem estar associadas a sua formação, provavelmente devido ao agrupamento de amostras com uma ampla distribuição espacial. Foi possível

observar, neste grupo, os maiores percentuais médios de grãos apresentando brilho (29%), de grãos com a coloração branca (9%) e grãos muito pouco arredondados (58%), quando comparado com os outros grupos.

O **quarto e último grupo**, composto principalmente por moluscos, associados a foraminíferos, equinodermos e crustáceos, inclui assembleias parautóctones. Foi formado entre as amostras da região norte da baía, onde foram verificados, em média, os maiores teores de lama e matéria orgânica, juntamente com os maiores percentuais de grãos agregados e orgânicos, e por outro lado os menores teores de carbonato, as piores condições de transparência da água, menores percentuais de biogênicos e as menores profundidades (Figura 30 e Quadro 1). Neste grupo, os moluscos bivalves apresentaram, em sua maioria, conchas mais delicadas, delgadas e lisas (Família Tellinidae), típicas de moluscos adaptados a viverem em substrato lamoso. Houve também presença de ostras. Foram verificados, também neste grupo, os maiores percentuais médios de grãos com dissolução (68%), de grãos com a coloração amarela (91%) e grãos pouco arredondados (49%), em relação aos demais grupos.

A distinção destas biofácies, portanto, indica que os componentes biogênicos contribuíram de forma diferenciada para a produção de sedimentos na BTS, a ponto de sinalizar diferentes setores na baía conforme determinadas características do ambiente. Foi possível observar também uma clara transição da composição biogênica do interior da BTS, onde na maioria das vezes os moluscos predominaram nos sedimentos, em direção à plataforma adjacente, onde as algas calcárias passaram a ser o componente principal. Uma transição semelhante foi verificada por Ginsburg (1956), nos sedimentos biogênicos, existentes entre a Baía da Florida e a barreira recifal, estudados por ele. Foi constatado por este pesquisador que os constituintes típicos do ambiente recifal, algas e corais, desapareceram gradativamente nos sedimentos à medida que adentrava a baía, vindo a predominar moluscos e foraminíferos. Destaca-se aqui a importância da utilização dos componentes biogênicos como indicadores da condição ambiental do local onde são encontrados, partindo do princípio que diversos fatores ambientais possam influenciar a sua ocorrência, bem como a formação das associações biogênicas (Ginsburg 1956, Scoffin 1988, Pomar *et al.* 2004, Wright & Burgess 2005).

6.3 Tafonomia dos Componentes Biogênicos

a) Condições gerais dos grãos

Durante a análise do estado de preservação dos grãos foram considerados processos físicos, químicos e biológicos, tais como abrasão, dissolução, bioerosão e incrustação, que agem como filtros tafonômicos, responsáveis pela alteração do tamanho e da forma desses grãos (Martin 1999).

De maneira geral, os sedimentos biogênicos analisados no presente estudo apresentaram aspecto mais conservado do que desgastado, indicando uma sedimentação ativa por parte dos principais organismos produtores de sedimento encontrados na baía. Entretanto, os processos tafonômicos que predominaram entre os grãos foram aqueles relacionados ao seu desgaste, como a abrasão, a dissolução e a bioerosão. Já as incrustações, que caracterizam incremento de carbonato, e a condição brilho, típica de grãos conservados, foram pouco observadas e geralmente ocorreram de forma pontual nos sedimentos (ver Figuras 14, 15, 18).

A **abrasão** ocorreu em todas as amostras analisadas e em todos os grãos biogênicos (100%), em diversos níveis, desde ranhuras, sem muitos danos às estruturas, até fragmentações importantes capazes de causar sua descaracterização. De acordo com Powell *et al.* (1989), a abrasão tende a ser alta em ambientes de alta energia, porém a fragmentação não necessariamente, pois em ambientes de baixa energia ela pode ocorrer pela ação de predadores. Ainda segundo os autores, outros processos tafonômicos, tais como a dissolução e a bioerosão, podem enfraquecer os grãos e facilitar sua fragmentação. Estes também foram comuns nos sedimentos da BTS, como será discutido em seguida. Sendo assim, todos estes fatores devem ter contribuído para que os biogênicos da referida baía fossem encontrados, em sua maioria, fragmentados (89%), e não inteiros (11%). Em relação ao nível de energia do ambiente e ao consequente transporte, Swinchatt (1965) acredita que a condição de arredondamento dos grãos pode proporcionar uma melhor análise a respeito desta questão.

A **dissolução** foi observada em mais da metade (64%) dos grãos analisados nos sedimentos da BTS, em níveis diferentes, ocorrendo de forma parcial ou total nos biogênicos. Considerando a ação da dissolução em cada grupo de organismo foi possível verificar que a maioria deles apresentou mais de 50% dos grãos com esta condição. Os mais atingidos foram os fragmentos de *Millepora*, as algas calcárias não-geniculadas e

geniculadas (rodófitas), algas *Halimeda* (clorófitas), os corais, equinodermos, briozoários, cirrípedes e moluscos. Os grupos que menos apresentaram grãos dissolvidos foram os foraminíferos, tubos de verme, crustáceos e poríferos. Os ostracodes foram os únicos que não apresentaram grãos dissolvidos. Essa diferença observada na ocorrência de dissolução nos diferentes grupos de organismos pode estar relacionada tanto à morfologia, quanto à microestrutura e à mineralogia do grão biogênico, bem como ao seu tempo de permanência na interface água-sedimento (Behrensmeyer *et al.* 2000, Smith & Nelson 2003).

Os minerais mais comuns que constituem as partes duras dos organismos produtores de sedimento são: a opala, que é a sílica amorfa hidratada; a calcita, um dos mais estáveis e que pode conter variados teores de magnésio para formar a calcita magnesiana (> 4%); e a aragonita, considerada o mais instável de todos (Mendes 1988). Observa-se que entre aqueles grupos citados que apresentaram uma menor quantidade de grãos com dissolução, os foraminíferos, tubos de verme, crustáceos e ostracodes contêm o mineral calcita na composição de seus esqueletos, de acordo com o quadro 2. Esqueletos de aragonita tendem a ser mais suscetíveis à dissolução do que os de calcita, principalmente quando aliado a uma morfologia e estrutura também propícias a este fator (Chave *et al.* 1962, Moissette 2000, Smith & Nelson 2003). A presença de arestas e poros, que aumentam a superfície de contato do grão com o ambiente, por exemplo, contribui muito para que a dissolução ocorra (Walter & Morse 1984). No presente estudo aqueles componentes mais atingidos pela dissolução como os fragmentos de *Millepora*, as algas calcárias não-geniculadas e geniculadas (rodófitas), algas *Halimeda*, corais e briozoários são exemplo de biogênicos que possuem grãos bastante porosos. Em um estudo realizado por Smith & Nelson (1992), eles concluíram que os esqueletos de briozoários compostos de aragonita juntamente com os morfotipos coloniais mais frágeis tendem a ser dissolvidos mais rapidamente antes e durante o soterramento.

Os poríferos também estavam entre aqueles que apresentaram uma menor quantidade de grãos com dissolução nos sedimentos analisados, porém, diferente dos demais *taxa*, suas estruturas biomineralizadas, representadas por espículas, podem ser constituídas tanto por carbonato de cálcio, na forma de calcita ou aragonita; quanto por sílica, na forma de opala (Quadro 2). Vale salientar que as condições de dissolução da sílica e do carbonato de cálcio são diferentes, enquanto o primeiro é solúvel sob condições alcalinas (pH>7), o segundo dissolve sob condições de acidez (pH<7) (Mendes 1988).

Quadro 2 – Composição mineralógica dos esqueletos dos principais organismos produtores de sedimento (Lee 1980, Mendes 1988, Reviere 2006, Vinn *et al.* 2008a, Vinn *et al.* 2008b, Farina & Amado Filho 2009, Fernandes 2011a, Fernandes 2011b).

| COMPOSTO | MINERAL | TÁXON |
|---|------------------------------|--|
| Carbonato de cálcio (CaCO ₃) | Calcita | Cocolitoforídeos (cocólitos) Foraminíferos planctônicos Braquiópodes articulados Ostracodes (alguns) Cirrípedes Crustáceos decápodos Rodófitas (algumas) |
| | Calcita magnésiana | Foraminíferos bentônicos Ostracodes (alguns) Equinodermos Escleritos de gorgônias Rodófitas (algumas) |
| | Aragonita | Mileporídeos Hexacorais Poliplacóforos Esfafópodes Pterópodes Cefalópodes <i>Halimeda</i> (clorófita) Otólitos de vertebrados |
| | Calcita e aragonita | Briozoários (alguns) Esponjas calcárias Tubos de verme (poliquetas) |
| | Calcita ou aragonita | Briozoários (alguns) Gastrópodes Bivalves Esclerospôngias (esqueleto basal) Tubos de verme (poliquetas) |
| Fosfato de cálcio (Ca ₃ (PO ₄) ₂) | Hidroxiapatita (+ carbonato) | Braquiópodes inarticulados Ossos e dentes de vertebrados |
| Sílica (SiO ₂) | Opala | Diatomáceas Silicoflagelados Radiolários Hexactinélídeos (espículas) Demospongias (espículas) Esclerospôngias (espículas) |

Na BTS foi possível verificar um predomínio de espículas silicosas entre as amostras analisadas, principalmente naquelas localizadas ao norte da baía tendendo a desaparecer em direção à plataforma. Em uma estimativa realizada por Tréguer *et al.* (1995), foi sugerido que a maior parte da sílica disponível no ambiente marinho provém do aporte fluvial em zonas costeiras. Dessa forma, os ambientes aquáticos próximos à costa, quando saturados em sílica, proporcionam a preservação da sílica biogênica nos sedimentos. Somando-se a isso, os grãos sedimentares originados pelos poríferos,

ostracodes e crustáceos foram classificados, em média e em sua maioria, como atuais, ou seja, estavam bem conservados e, provavelmente, permaneceram menos tempo na interface água-sedimento.

Os demais grupos de organismos que apresentaram uma maior proporção de grãos com dissolução, ou são constituídos de aragonita (Quadro 2), como os mileporídeos, os corais e as algas *Halimeda*; ou apresentaram grãos que foram classificados, em média e em sua maioria, como relíquias e que, provavelmente, tiveram um maior tempo de permanência na interface água-sedimento, como as algas calcárias não-geniculadas e geniculadas, os equinodermos, briozoários e cirrípedes. Os moluscos foram os únicos que apresentaram um percentual considerável de grãos dissolvidos (53%) e que, ainda assim, também apresentaram, em média, a maioria dos grãos classificados como atuais, indicando sua importância na produção de sedimentos na BTS. Assim, esqueletos com formas mais robustas e compactas, com menor porosidade e permeabilidade, com composição mineralógica mais estável e com menor tempo de exposição na interface água-sedimento tendem a sofrer menos com a dissolução.

Segundo Powell *et al.* (1989), a dissolução é um processo comumente observado em baías, pois trata-se de um ambiente costeiro semi-fechado, que pode apresentar condições quimicamente mais corrosivas para os grãos carbonáticos do que o ambiente marinho aberto. Entretanto, às vezes, evidências de dissolução em grãos carbonáticos podem ser interpretadas como ocorrência de desequilíbrio químico na água de diversas origens. De acordo com Brett & Baird (1986), a dissolução é comum entre os grãos sob condições de baixa saturação de carbonato ou pH baixo. Processos, tais como a bioturbação, também podem provocar e acelerar a dissolução, pois uma vez exumados das camadas inferiores do sedimento, os grãos passam a sofrer mais fortemente com os fatores externos que ocorrem nas camadas superficiais (Smith & Nelson 2003). A ação de bioturbadores, além de misturar as camadas sedimentares e exumar as partículas carbonáticas, permite a aeração do sedimento provocando a atividade aeróbica, a decomposição de matéria orgânica e a produção de ácidos que causam a dissolução (Aller 1982). Além disso, é muito comum ocorrer dissolução onde há níveis consideráveis de lama e matéria orgânica nos sedimentos (Aller 1982, Brett & Baird 1986).

Na BTS a dissolução foi verificada em todas as amostras, mas não foi possível constatar correlações significativas entre a dissolução e as variáveis ambientais profundidade, teor de carbonato e teor de lama. Aparentemente, a dissolução tem causas variadas na área de estudo, pois ela ocorre intensamente na região norte da baía, onde

foi observado o maior percentual médio de grãos com esta condição (68%), juntamente com as maiores médias percentuais de lama (95%) e matéria orgânica (10%) nos sedimentos (Quadro 1). Mas, por outro lado, a dissolução também ocorre consideravelmente no Canal de Itaparica, no Canal de Salvador e na plataforma, onde são encontrados muitos grãos classificados como relíquias, sugerindo um maior tempo de exposição desses grãos na interface água-sedimento.

Apesar de não ter sido verificada correlação da dissolução com o teor de carbonato, ela foi mais observada, em média, nas estações amostrais com mais de 50% de carbonato nos sedimentos (66%) (Tabela 5).

Tabela 5 – Tafonomia dos grãos (média %) em relação ao tipo de sedimento quanto ao teor de carbonato, na BTS (classificação do sedimento segundo Best *et al.* 2007). Onde: BRI=brilho, DIS=dissolução, BIO=bioerosão, IN=incrustação, B=branca, A=amarela, O=ocre, C=cinza, P=preta, 0=inteiro, 1=muito pouco arredondado, 2=pouco arredondado, 3=arredondado, 4=muito arredondado.

| TAFONOMIA | | SILICICLÁSTICO | MISTO | CARBONÁTICO |
|----------------|-----|--------------------|---------------------|--------------------|
| | | < 30% de carbonato | 30-50% de carbonato | > 50% de carbonato |
| | | Média (%) | | |
| CONDIÇÕES | BRI | 17 | 26 | 18 |
| | DIS | 57 | 48 | 66 |
| | BIO | 24 | 34 | 59 |
| | IN | 5 | 8 | 10 |
| CORES | B | 2 | 10 | 4 |
| | A | 69 | 47 | 55 |
| | O | 9 | 16 | 9 |
| | C | 20 | 26 | 31 |
| | P | 0 | 2 | 1 |
| ARREDONDAMENTO | 0 | 7 | 10 | 12 |
| | 1 | 47 | 41 | 27 |
| | 2 | 34 | 34 | 51 |
| | 3 | 11 | 14 | 10 |
| | 4 | 0 | 1 | 0 |
| Atual | | 65 | 52 | 52 |
| Relíquia | | 35 | 48 | 48 |

Foi possível constatar que a dissolução foi bastante pronunciada em locais muito rasos e com altos teores de carbonato, como nas amostras M3 (3m; 99,9%) e I2 (1,5m; 71,6%), onde a maior parte dos grãos foram classificados como atuais e os teores de lama foram relativamente baixos (0 e 41%, respectivamente). Nestas amostras também foram verificados percentuais altos de grãos com bioerosão (83 e 76%, respectivamente).

Segundo Powell *et al.* (1989), algumas vezes a bioerosão microbiológica produz efeitos semelhantes à dissolução, dificultando a distinção dos dois processos. Nas amostras onde a dissolução foi menos observada, não ultrapassando 40% de grãos atingidos (M1, M2, M4, C4, C5, S1, S2), estes também foram classificados como atuais, sugerindo um menor tempo de permanência na interface água-sedimento.

A **bioerosão** foi observada em 47% dos grãos analisados. Entre os agentes comuns da bioerosão estão algumas espécies de esponjas, moluscos, equinodermos, cirrípedes, vermes e peixes, bem como alguns microbioerodidores tais como fungos e microalgas. Estes organismos modificam ou destroem os grãos carbonáticos mecanicamente ou com a utilização de ácidos durante o processo alimentar ou quando estão á procura de abrigo (Powell *et al.* 1989, Smith & Nelson 2003).

Na área de estudo, os biogênicos que apresentaram mais de 50% de grãos bioerodidos foram os fragmentos de *Millepora*, as algas *Halimeda*, os corais e as algas calcárias não-geniculadas. Trata-se de grãos relativamente porosos, e quando o organismo está vivo sua matriz orgânica se encontra facilmente acessível. De acordo com Perry (1998), o tipo de substrato disponível pelo organismo e pelo grão produzido por ele é um fator determinante para a ocorrência da bioerosão. Quanto mais poroso e maior for o grão, e quanto mais matriz orgânica o organismo disponibilizar, este será mais suscetível à ação de bioerodidores (Perry 1998, Smith & Nelson 2003).

Na BTS a bioerosão esteve presente em 94% das amostras e apresentou correlação positiva com o teor de carbonato nos sedimentos, significando que os organismos bioerodidores estão presentes principalmente nas regiões da baía onde o sedimento tem altos teores de carbonato (Tabela 5). Ambientes com essas características geralmente são rasos e bem iluminados e por isso são propícios à proliferação de algas e fungos microendolíticos, que comumente colonizam o substrato do grão carbonático, agindo na sua degradação por meio da bioerosão (Brett & Baird 1986, Best & Kidwell 2000). Somando-se a isso, os ambientes carbonáticos estão relacionados a uma ampla variedade de substrato e possuem grande biodiversidade, por isso dispõem de ampla variedade de itens alimentares, inclusive para organismos bioerodidores (Milliman 1974, Kidwell & Jablonski 1983, Scoffin 1992). Em um estudo realizado por Alves *et al.* (2004b), foi constatado que o teor de carbonato no sedimento favorece a biodiversidade do sedimento de fundo da BTS.

Apesar da bioerosão não ter apresentado correlação significativa com a profundidade, foi observado um alto percentual de grãos bioerodidos em pontos muito

rasos da baía, como nas amostras I2, que apresentou 76% de bioerosão e profundidade de 1,5m; e M3, onde foi verificado 83% de grãos bioerodidos e profundidade de 3m. Nestas amostras também foi observado altos teores de carbonato (72 e 100%, respectivamente) e 100% de transparência na água.

A bioerosão apresentou também correlação com o teor de lama no sedimento, porém esta foi negativa, sugerindo que a presença de bioerodidores pode está mais relacionada à presença de substrato duro. Fürsich & Flessa (1987), também acreditam que o padrão de bioerosão esteja ligado à presença de substrato duro, assim como ao tempo de residência do grão na superfície, mas não deixam de citar que é comum ocorrer microbioerosão (por algas e fungo) em substratos lamosos. Best & Kidwell (2000), em um estudo realizado na costa do Panamá, observaram que a bioerosão em conchas de moluscos apresentou uma ocorrência baixa em ambientes lamosos e que houve uma alta diversidade de bioerodidores em ambientes com a presença de substrato duro, sugerindo que a bioerosão estivesse condicionada ao tipo de substrato disponível no ambiente.

A **incrustação** esteve presente em apenas 11% dos grãos na BTS. Diferente dos outros processos tafonômicos anteriormente descritos, que retratam a perda de carbonato, a incrustação significa incremento de carbonato, e também pode proporcionar proteção aos grãos frente aos processos destrutivos, aumentando suas chances de preservação (Smyth 1989, Nebelsick *et al.* 1997). No estudo realizado por Smyth (1989), por exemplo, ele observou que conchas incrustadas por algas calcárias sofreram menos bioerosão. Já Nebelsick *et al.* (1997), contataram que as incrustações observadas no esqueleto de equinoides agiram como uma proteção contra a abrasão.

Os biogênicos apresentaram um percentual baixo de incrustações, que variou de 0%, ou seja, grãos sem incrustações, como foi o caso dos fragmentos de *Millepora*, dos ostracodes e das espículas dos poríferos; à no máximo 29%, como no caso dos fragmentos de tubos de verme. Os corais (25%), as algas calcárias não-geniculadas (19%) e os crustáceos (15%) também apresentaram percentuais de grãos incrustados próximo ao valor máximo encontrado. Sugere-se que a ocorrência das incrustações esteja estreitamente relacionada às condições do ambiente e ao tempo de exposição do grão na interface água-sedimento (Brett & Baird 1986, Fürsich & Flessa 1987, Meldahl & Flessa 1990). Ambientes que apresentam substrato disponível e baixa taxa de sedimentação, por exemplo, são extremamente favoráveis à ocorrência de organismos incrustantes (Lescinsky *et al.* 2002).

Na BTS as incrustações estiveram presentes em 59% das amostras, e apesar de não apresentarem correlação com o teor de carbonato, foram mais abundantes, em média (10%), nas estações amostrais com mais de 50% de carbonato nos sedimentos (Tabela 5). Elas apresentaram correlação negativa com o teor de lama. De acordo com Taylor (1990), ambientes lamosos são considerados hostis para organismos incrustantes, uma vez que há pouca disponibilidade de substrato para sua fixação. Para que a incrustação ocorra o substrato deve estar exposto, por isso a sua ocorrência está relacionada ao tempo de permanência do grão na interface água-sedimento (Meldahl & Flessa 1990, Lescinsky *et al.* 2002). Best & Kidwell (2000), sugerem que a baixa frequência de incrustação em ambientes lamosos parece refletir o pouco tempo de exposição do grão, que, por sua vez, deve ter relação com as altas taxas de produção de sedimento nestes ambientes. Ainda segundo os autores, a turbidez da água pode ser um fator adicional para os incrustantes dependentes de luz, tais como corais, algas e foraminíferos; e para aqueles sensíveis à presença de sedimento em suspensão, tais como os briozoários, que ocorrem preferencialmente em locais sem lama. Na BTS os principais organismos incrustantes foram tubo de verme (38%), alga (20%), briozoário (15%) e foraminífero (10%), os quais foram encontrados principalmente incrustando os sedimentos na área do Canal de Salvador e da plataforma, onde o teor de lama não ultrapassa, em média, 21%.

A condição **brilho** foi observada em apenas 16% dos grãos analisados. Powell & Davies (1990) acreditam que o brilho e a coloração dos biogênicos são as características que refletem melhor o tempo de morte dos organismos produtores de sedimentos. De acordo com eles o brilho e a cor natural estão presentes em grãos recentemente depositados. Mapes *et al.* (2010) também observaram que as conchas por eles estudadas com cor e brilho preservados indicavam morte recente do animal. Na BTS os biogênicos que apresentaram percentuais altos de grãos com brilho foram os poríferos (38%) e os moluscos (31%), possivelmente indicando que estes taxa contribuam ativamente para a produção de sedimento recente na baía. Essa condição foi observada em 84% das amostras analisadas, mas não apresentou correlação com as variáveis ambientais profundidade, teor de carbonato e teor de lama nos sedimentos. Ela foi mais pronunciada em sedimentos mistos (26%) (Tabela 5), e principalmente nas porções nordeste e central da BTS.

b) Coloração dos grãos

A cor que predominou nos sedimentos biogênicos da BTS foi a amarela, enquanto a cor preta foi a menos observada (ver Figuras 14, 16, 21). Considerando que as cores branca (ou natural) e amarela representaram grãos sem alteração de cor; e as cores ocre, cinza e preta, grãos com alteração de cor; os biogênicos da BTS apresentaram pouco mais da metade dos grãos (53%) sem alteração de cor. Dentre os *taxa*, os que mais contribuíram com esta última condição foram os fragmentos de *Millepora*, os ostracodes, poríferos, moluscos, crustáceos, algas *Halimeda*, corais e cirrípedes (Tabela 6).

Tabela 6 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos com e sem alteração da cor. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos.

| Biogênicos | COLORAÇÃO (%) | |
|------------|---------------|---------------|
| | Sem alteração | Com alteração |
| ANG | 15 | 85 |
| ACG | 22 | 78 |
| HAL | 54 | 46 |
| FOR | 23 | 77 |
| BRI | 22 | 78 |
| TBV | 45 | 55 |
| MOL | 68 | 32 |
| EQUI | 34 | 66 |
| CIR | 51 | 49 |
| MIL | 100 | 0 |
| COR | 54 | 46 |
| OST | 100 | 0 |
| CRU | 64 | 36 |
| POR | 92 | 8 |

A coloração branca ou amarelada dos grãos pode estar associada a uma condição oxidante no ambiente e/ou a uma baixa taxa de retrabalhamento do sedimento; enquanto as cores cinza, ocre e preta podem indicar que o sedimento está muito retrabalhado, ou seja, grãos que estavam soterrados estão sendo exumados periodicamente (Maiklem 1967, Leão & Machado 1989). Acredita-se que os organismos produtores de sedimento mortos recentemente mantêm alguma evidência da cor original de suas carapaças (Powell & Davies 1990, Mapes *et al.* (2010). Wilson (1988) ao observar a coloração dos carbonatos ao redor das Ilhas Britânicas, noroeste da Europa, verificou que aqueles

grãos que apresentaram cor quase sem alterações eram mais jovens em idade absoluta do que aqueles com a cor alterada.

Pode-se sugerir que os taxa anteriormente citados que não apresentaram alteração de cor podem estar permanecendo na superfície do sedimento sem sofrer retrabalhamento, e muitos deles, que apresentaram a coloração natural, possivelmente tiveram morte recente, como os poríferos (15%), ostracodes (14%) e moluscos (9%), e por isso devem contribuir ativamente para a produção de sedimento na BTS.

Ao comparar a coloração dos grãos nos ambientes com diferentes tipos de sedimentos, siliciclástico, misto ou carbonático, foi possível observar que o ambiente siliciclástico apresentou 71% dos grãos sem alteração de cor (brancos e amarelados) (Tabela 5). Essa condição foi observada principalmente entre os biogênicos das regiões norte, nordeste e central da BTS. A cor amarela apresentou correlação positiva com o teor de lama no sedimento, sugerindo que a presença de lama pode estar favorecendo a ocorrência de grãos sem alteração de cor e, possivelmente, a preservação dos mesmos. Já as cores que representaram a condição alterada dos grãos (cinza, ocre e preta) apresentaram correlação negativa com o teor de lama no sedimento, e foram mais abundantes no Canal de Itaparica, no Canal de Salvador e na plataforma, sugerindo um maior retrabalhamento do sedimento nestes locais. A condição de preservação de grãos biogênicos em ambientes lamosos, com influência terrígena, também foi verificada por Best & Kidwell (2000).

Sugere-se, então, que o nível de retrabalhamento do sedimento foi menor nas regiões onde foi verificada a presença de grãos sem alteração de cor e significativos teores de lama nos sedimentos, como nas regiões norte, nordeste e central da baía. Já a presença de grãos com alteração de cor possivelmente indica que o retrabalhamento do sedimento é mais intenso, e estaria ocorrendo no Canal de Itaparica, no Canal de Salvador e na plataforma.

c) Grau de arredondamento dos grãos

O grau de arredondamento dos grãos biogênicos da BTS foi estimado de acordo com uma escala visual proposta por Pilkey *et al.* (1967), na qual a classificação é baseada na condição de arredondamento em que se encontra o contorno dos grãos. De acordo com estes autores o arredondamento, juntamente com a fragmentação, é proporcional à energia do ambiente, sendo assim a ocorrência de grãos inteiros e/ou

numa escala menor de arredondamento indicaria baixa energia no ambiente. Swinchatt (1965) já defendia a ideia de que o grau de arredondamento poderia ajudar a identificar o nível de energia do ambiente e a possibilidade de transporte dos grãos, por isso, segundo o autor, sua utilização proporcionaria uma análise mais controlada do ambiente.

Poucos grãos biogênicos na área de estudo foram encontrados inteiros (11%), a maior parte estava fragmentada (89%), porém na categoria pouco arredondada (45%) (ver Figuras 14, 17, 23), sugerindo que, no geral, a BTS é um ambiente de baixa a moderada energia. Esse resultado corrobora com a informação prestada por Lessa *et al.* (2001), que caracterizou a BTS como uma baía que apresenta correntes geralmente fracas, confirmando também que a maioria das assembleias da BTS podem ser classificadas como parautóctones, ou seja, aquelas que frequentemente sofrem algum transporte, provocando uma redistribuição regional de seus componentes, mas, ainda assim, permanecem em seu hábitat original (Callender *et al.* 1992).

Dentre os biogênicos identificados, os ostracodes e os foraminíferos foram os que mais se conservaram inteiros nos sedimentos (Tabela 7). O fato deles possuírem conchas e testas naturalmente pequenas deve ter favorecido esta condição. Segundo Smith & Nelson (2003), grãos biogênicos grandes são mais suscetíveis à quebra devido a sua maior área superficial. Além disso, grãos grandes tendem a ser transportados por arrasto ou rolamento, aumentando a probabilidade de fragmentação, enquanto grãos pequenos tendem a ser transportados em suspensão na coluna d'água (Pilkey *et al.* 1967).

Outra possível causa da abundância de ostracodes e foraminíferos na condição intacta seria a permanência deles em ambientes calmos o suficiente que favorecesse esta condição. No resultado apresentado no diagrama de ordenação já discutido no presente trabalho (item 6.2), estes dois grupos de biogênicos estavam entre aqueles que foram considerados indicadores de substrato lamoso, vindo a corroborar, portanto, com a suposição descrita acima. Os poríferos, que também estavam entre os indicadores de substrato lamoso, apresentaram a maior parte de seus grãos no estado pouco arredondado contribuindo também com aquela sugestão. Os fragmentos de todas as algas calcárias, incluindo as não-geniculadas, as *Halimeda* e as geniculadas, foram os que mais se apresentaram em uma escala avançada de arredondamento (Tabela 7), e as geniculadas foram predominantemente encontradas no estado polido. Todos os grupos de algas estavam entre aqueles biogênicos relacionados ao substrato arenoso, e foram encontradas, principalmente, em regiões da baía onde ocorrem correntes fortes, como no

Canal de Salvador e na plataforma adjacente, áreas já caracterizadas assim por Lessa *et al.* (2001). A assembleia biogênica (primeiro grupo) formada nestas regiões da baía compreende uma mistura de assembleias classificadas como parautóctone e alóctone.

Tabela 7 – Percentual dos componentes biogênicos da Baía de Todos os Santos inteiros, pouco arredondados e arredondados. Onde: ANG=algas calcárias não-geniculadas, ACG=algas calcárias geniculadas, HAL=algas *Halimeda*, FOR=foraminíferos, BRI=briozoários, TBV=tubos de verme, MOL=moluscos, EQUI=equinodermos, CIR=cirrípedes, MIL=hidrocoral *Millepora*, COR=corais, OST=ostracodes, CRU=crustáceos, POR=poríferos.

| Biogênicos | ARREDONDAMENTO (%) | | |
|------------|--------------------|-------------------|-------------|
| | Inteiro | Pouco arredondado | Arredondado |
| ANG | 0 | 67 | 33 |
| ACG | 0 | 11 | 89 |
| HAL | 10 | 61 | 29 |
| FOR | 30 | 54 | 16 |
| BRI | 8 | 79 | 13 |
| TBV | 5 | 89 | 5 |
| MOL | 14 | 79 | 8 |
| EQUI | 14 | 70 | 16 |
| CIR | 23 | 73 | 4 |
| MIL | 0 | 100 | 0 |
| COR | 17 | 83 | 0 |
| OST | 43 | 57 | 0 |
| CRU | 0 | 76 | 24 |
| POR | 0 | 100 | 0 |

Grãos biogênicos inteiros (0) foram observados em 75% das amostras, apesar da sua baixa abundância (11%). Eles apresentaram correlação positiva com a profundidade e com o teor de carbonato, e negativa com o teor de lama no sedimento. Alguns fatores parece contribuir com este resultado. A ausência de bioturbadores e/ou a diminuição da ação das correntes nos locais mais profundos podem ter fornecido com a manutenção dos grãos inteiros. E considerando-se que os ambientes carbonáticos favorecem a diversidade (Milliman 1974, Kidwell & Jablonski 1983, Scoffin 1992, Alves *et al.* 2004b), eles devem favorecer também a produção de grãos biogênicos e a sua reposição mais frequente, o que possibilitaria verificar uma maior abundância de grãos inteiros neste tipo de ambiente (Tabela 5). Já o motivo da baixa ocorrência de grãos inteiros onde há lama no sedimento, provavelmente, está relacionado à presença de atividade biológica intensa nestes locais, já que a energia do ambiente não deve ser suficiente para a fragmentação dos grãos. Como também foi verificada uma correlação positiva dos grãos fragmentados e pouco arredondados (grau 1) com a presença de lama no sedimento, esta suposição pode ser verdadeira. De acordo com Swinchatt (1965), a causa da fragmentação de

grãos biogênicos pode ser mecânica ou biológica. A mecânica está relacionada com o nível de energia do ambiente e a biológica está relacionada com a ação de organismos bioturbadores e/ou a predação.

Os grãos com um nível maior de arredondamento (graus 3 e 4) apresentaram correlação negativa com a lama, confirmando, mais uma vez, que os teores altos de lama nos sedimentos de algumas regiões da BTS indicam que a energia no ambiente é baixa. Eles foram mais abundantes nas regiões do Canal de Salvador e da plataforma, onde também foram encontrados grãos extremamente polidos (grau 4). Estes últimos apresentaram correlação positiva com a profundidade, sugerindo que eles sofrem algum transporte até ficarem aprisionados nos locais mais profundos daquelas regiões. Observa-se, ainda, que as assembleias biogênicas acumuladas no trecho mais estrito e profundo do Canal de Salvador podem ser classificadas como alóctones, originárias dos ambientes recifais adjacentes e da plataforma.

Ao verificar a composição dos grãos das amostras localizadas entre o Canal de Salvador e a plataforma, foi possível constatar, inclusive, que o transporte desses grãos ocorre preferencialmente em direção ao interior da baía, mas como o Canal de Salvador apresenta trechos muito profundos ele acaba funcionando como uma barreira natural, impedindo que os grãos avancem para o interior da mesma. Este fato deve ter contribuído bastante para a formação do primeiro grupo, obtido na análise de classificação realizada no presente estudo, o qual apresentou as algas calcárias, principalmente as não-geniculadas (19%) e as *Halimeda* (17%), como os principais componentes biogênicos das amostras localizadas entre o referido canal e a plataforma.

6.4 Assembleias biogênicas atual e relíquia

O conceito de sedimento relíquia foi proposto inicialmente por Shepard (1932), que ao verificar um padrão de distribuição de sedimentos mais grossos nas plataformas continentais, com características próprias, notou que estes representavam as relíquias daqueles ambientes, chamando-os, então, de “Sedimentos Relíquia”. Com o passar do tempo este conceito passou a ser considerado um modelo, e Emery (1968) os definiu como “sedimentos antigos, depositados há muito tempo, e que podem ser reconhecidos pela sua composição e pelos aspectos da superfície dos grãos”. Em seguida, quando Swift *et al.* (1971) observaram que alguns dos sedimentos relíquias revelavam mais as características do ambiente passado do que outros, que estavam sendo modificados

progressivamente pelas condições atuais, eles introduziram o conceito de “Sedimento Palimpsesto”. Estes seriam, então, os sedimentos relíquia retrabalhados e, por isso, apresentariam uma mistura de sedimentos de várias idades.

No presente estudo os componentes biogênicos dos sedimentos da BTS foram classificados como atual ou relíquia de acordo com o seu estado de preservação, ou seja, levando-se em consideração a aparência física dos grãos, seguindo os critérios adotados por Carter (1975), Nelson *et al.* (1982), Nelson & Hancock (1984), Powell & Davies (1990) e Poggio *et al.* (2009), sem considerar, necessariamente, a idade dos mesmos.

Analisado a baía como um todo, os sedimentos biogênicos foram classificados, em sua maioria, como atual (60%). Eles foram encontrados no estado bem preservado, sugerindo uma sedimentação ativa por parte dos organismos ou, pelo menos, por parte de alguns deles. As assembleias atual e relíquia apresentaram praticamente a mesma composição de grãos biogênicos, com uma única exceção dos ostracodes que apareceram apenas na assembleia atual. Apesar de tal semelhança, os biogênicos predominaram de forma diferente entre as assembleias, mas apenas os moluscos e os crustáceos apresentaram diferenças significativas entre elas. Pelo fato de moluscos e crustáceos terem predominado significativamente e dos ostracodes aparecerem exclusivamente na assembleia atual, é possível que estes sejam os grupos que mais ativamente produzem sedimentos na BTS (ver Figuras 25, 26, 27).

Acredita-se que as conchas dos moluscos estão entre os componentes biogênicos mais resistentes aos desgastes, devido, principalmente, às características relacionadas à sua microestrutura (Chave 1964, Swinchatt 1965, Powell *et al.* 1989). No entanto, eles foram observados, no presente estudo, na maioria das vezes, fragmentados (86%) e apresentaram mais de 50% dos grãos com dissolução, e ainda assim, predominaram na assembleia atual. Além disso, eles estavam entre os biogênicos que mais apresentaram a condição brilho (31%) considerada, por Powel & Davies (1990), como uma das melhores indicações de morte recente do organismo produtor de sedimento. Sendo assim, não é o fato dos moluscos apresentarem conchas resistentes que eles ocorreram de forma significativa na assembleia atual, e sim porque eles realmente têm uma produção ativa de sedimentos, ou seja, eles são importantes membros nas comunidades bentônicas vivas na BTS. Os crustáceos, de forma semelhante, apresentaram os grãos fragmentados (100%) e muito deles dissolvidos (50%), e mesmo assim, predominaram na assembleia atual, sugerindo que eles também são produtores ativos de sedimentos nesta baía atualmente.

Com relação aos fatores ambientais que podem influenciar a abundância de grãos atuais ou relíquias, pesquisas apontam que a abundância de grãos relíquia tende a aumentar proporcionalmente com a profundidade (Nelson *et al.* 1982, Nelson & Hancock 1984, Nelson *et al.* 1988). Na BTS não foi possível verificar esta correlação de forma significativa, apesar dos grãos relíquias terem sido abundantes em muitos pontos amostrais onde a profundidade ultrapassava os 20m. Em contrapartida os grãos atuais apresentaram correlação positiva com o teor de lama nos sedimentos.

Alguns trabalhos mostram uma ideia formada de que ambientes sedimentares siliciclásticos ou aqueles mistos (carbonático-siliciclástico) não são propícios à preservação de grãos carbonáticos, principalmente por causa da perda dos grãos por dissolução (Less 1975, Aller 1982, James 1997, Sanders & Krainer 2005). Contudo o presente estudo mostrou que grãos atuais, bem preservados, foram abundantes em regiões da baía onde o teor de carbonato estava abaixo de 50% nos sedimentos, e que condições tais como dissolução e bioerosão foram menos pronunciadas, em média, nestas regiões (Tabela 5). No presente estudo, a classificação do sedimento em relação ao teor de carbonato levou em consideração o trabalho de Best *et al.* (2007), onde: sedimento siliciclástico tem menos do que 30% de carbonato, sedimento misto tem entre 30 e 50% e sedimento carbonático tem mais de 50%.

Uma maior atenção tem sido dada aos estudos envolvendo processos tafonômicos em ambientes sedimentares siliciclásticos e/ou mistos, e tem-se constatado que nestes ambientes a preservação de grãos carbonáticos não só é possível como também, muitas vezes, é melhor do que em ambientes carbonáticos (Best & Kidwell 2000, Perry & Taylor 2006, Best *et al.* 2007). Best & Kidwell (2000) verificaram que as conchas de moluscos analisadas por eles foram encontradas em um estado mais preservado no ambiente lamoso siliciclástico, sugerindo duas possíveis causas: ou os processos tafonômicos ocorreram em baixa intensidade e/ou estavam ocorrendo altas taxas de sedimentação naquele ambiente resultando em pouca mistura temporal. Já Perry & Taylor (2006) verificaram que a dissolução de grãos biogênicos foi menor no ambiente carbonático sob a influência de sedimento siliciclástico, constatando uma melhor preservação dos grãos nesta condição.

Outra observação feita na área de estudo foi que a distribuição de cada biogênico constituinte das assembleias atual e relíquia mostrou que alguns deles nem sempre ocorreram ou predominaram nas mesmas estações amostrais em ambas as assembleias, sugerindo que alguma condição no ambiente estava influenciando esta distribuição.

Então, foram realizados testes de correlação entre os biogênicos de cada assembleia com as variáveis ambientais. Estes testes foram importantes, principalmente, para verificar o comportamento daqueles biogênicos que apresentaram abundância média significativamente diferente entre as assembleias atual e relíquia, como ocorreu com os moluscos e os crustáceos. Os moluscos, por exemplo, predominaram na assembleia atual e apresentaram correlação positiva com o teor de lama. Provavelmente o substrato lamoso, ou alguma característica associada a ele, e que no caso da BTS pode ser o teor de matéria orgânica no sedimento, vem favorecendo o estabelecimento de suas populações nas comunidades bentônicas. Já com os crustáceos, não foi possível verificar uma relação clara com as características ambientais analisadas. Os ostracodes, que só apresentaram grãos atuais, também não apresentaram correlações com as variáveis ambientais. No entanto, tanto os crustáceos como os ostracodes são consumidores de detritos e por isso devem ter sido também beneficiados com os teores de lama e matéria orgânica nos sedimentos da BTS. Eles foram mais abundantes em amostras onde os teores de lama ultrapassaram 60%, e isso inclui as regiões norte e central da baía.

Uma característica que chama a atenção na BTS é a presença comum de recifes de coral no seu interior e adjacências. No presente estudo foi possível identificar fragmentos de corais classificados como atuais e relíquias em alguns setores da BTS, como na região nordeste, entre o Canal de Salvador e a plataforma, e também no Canal de Itaparica. Nas três primeiras regiões citadas, onde foram registrados fragmentos de coral atuais e relíquias, há presença de ambientes recifais bem documentados (Dutra & Haworth 2008, Cruz *et al.* 2009), e que cada vez mais têm chamado a atenção da comunidade científica. Já no Canal de Itaparica, ainda não há registros de trabalhos específicos sobre a ocorrência de recifes de coral. No entanto mapas apresentados nos trabalhos de Dutra & Haworth (2008) e Lessa & Dias (2009) mostram uma suposta ocorrência deles, ainda que pontual, na entrada e no interior deste canal. No presente trabalho foi possível verificar a presença de fragmentos de coral predominantemente relíquias e raros atuais naquela área, sugerindo realmente a presença de recifes. Porém como predominaram grãos relíquias é provável que estes recifes estejam em um estado avançado de degradação ou até mesmo estejam sendo soterrados. Nas demais regiões da BTS onde os fragmentos de coral são encontrados as proporções entre grãos atuais e relíquias são bastante equilibradas. De acordo com Dutra *et al.* (2006), Dutra & Haworth (2008) e Cruz (2008), os ecossistemas recifais da referida baía vêm sofrendo danos

devido às mudanças que há muito tempo vêm ocorrendo em seu ambiente. Mudanças estas relacionadas ao intenso desenvolvimento de atividades urbanas e industriais no entorno da mesma, e também no seu interior. Dutra *et al.* (2006) acreditam que as causas principais da degradação dos recifes nesta baía estão relacionadas ao aumento da turbidez na água e da sedimentação.

Uma das mudanças que vem acontecendo na BTS está relacionada ao desaparecimento de grandes áreas de manguezal. Segundo Wasserman & Queiroz (2004) isso vem ocorrendo em consequência da ocupação humana descontrolada no entorno da baía. De acordo com Moberg & Folke (1999), os manguezais agem como verdadeiros tampões, retendo nutrientes e sedimentos finos, reduzindo a chegada desses elementos aos recifes. Com sua retirada este filtro deixa de existir. O barramento do Rio Paraguaçu, principal tributário da BTS, iniciado em 1986 (Lessa *et al.* 2009), e a consequente redução do suprimento de água doce para a baía, também devem ter prejudicado os manguezais (Dutra *et al.* 2006), uma vez que estes dependem da variação da salinidade para seu desenvolvimento (Rico-Gray 1993).

6.5 Componentes biogênicos das amostras de 1974 e 1997

A composição biogênica dos sedimentos da BTS foi comparada entre as amostras realizadas em 1974 (Macedo 1977) e as amostras utilizadas no presente trabalho, realizadas em 1997. Foi possível verificar que basicamente os mesmos biogênicos ocorreram em ambas as amostras, com exceção dos radiolários e dos tubos de verme.

Os radiolários foram identificados apenas nas amostras de sedimentos de 1974. Eles são protistas planctônicos, comuns em ambiente de mar aberto onde vivem na coluna d'água, da superfície até grandes profundidades (Kochhann 2011). Ocasionalmente alguns indivíduos podem ser transportados pela ação das correntes até as áreas costeiras, inclusive para o interior de grandes baías (Campbell 1954), o que pode explicar a sua ocorrência nas amostras de 1974 dos sedimentos da BTS.

Os tubos de verme foram identificados apenas nas amostras de sedimentos de 1997. Eles são construídos por algumas espécies de poliquetas, que geralmente se fixam em uma superfície dura e calcificam o tubo, algumas vezes perfurando esta superfície, ou até mesmo podem ser encontrados livres nos sedimentos (Vinn *et al.* 2008a, Vinn *et al.* 2008b). Ocorrem em locais rasos e com certa exposição, até grandes profundidades (Ruppert *et al.* 2005). Nas amostras de 1997 eles só não apareceram nos sedimentos da

região norte da BTS, onde predominou o substrato lamoso. Como já foi comentado anteriormente, ambientes lamosos não são favoráveis para a ocorrência de organismos incrustantes (Taylor 1990).

Apesar da semelhança na composição dos sedimentos da BTS nos diferentes anos, foram constatadas diferenças significativas entre as médias de alguns dos componentes biogênicos, especificamente na fração areia (ver Figura 28). Os moluscos, por exemplo, foram mais abundantes significativamente, em média, nas amostras de 1974 (44%) do que nas amostras de 1997 (27%). Apesar de ter sido constatada essa diferença, as conchas dos moluscos encontradas no ano de 1997 estavam, em sua maioria, em um estado bom de preservação e foram classificadas, no presente estudo, como atuais. Por causa disso foi sugerido que os moluscos estavam entre os grupos que mais ativamente produzem sedimentos na BTS. Caso o grupo tenha sofrido algum prejuízo que pudesse ter causado o desaparecimento de indivíduos vivos ou de suas conchas após o ano de 1974, e que viesse a contribuir com a diminuição do seu percentual nos sedimentos amostrados em 1997, atualmente ele pode estar passando por um estágio de recuperação ou adaptação, pois ainda assim o seu papel na produção de sedimentos na BTS se destaca em relação aos demais componentes biogênicos encontrados na baía.

Ao contrário dos moluscos, as algas calcárias, os briozoários, os cirrípedes, os ostracodes, os crustáceos e os fragmentos de vegetais predominaram significativamente nas amostras de 1997. É interessante notar que os fragmentos de algas calcárias, briozoários e cirrípedes foram representados, em sua maioria, por grãos classificados como relíquias nas amostras de 1997, de acordo com os resultados da classificação dos grãos, baseada no grau de preservação, obtidos no presente estudo (ver Figura 26). Algumas diferenças na distribuição dos grãos desses componentes puderam ser observadas, como por exemplo: as algas calcárias que em 1974 apareceram somente no Canal de Salvador, em 1997 elas foram identificadas não só nesta região, mas também em outras, no interior da baía; os cirrípedes, em 1974 não ocorreram nas regiões nordeste e central da baía como aconteceu em 1997; e os briozoários tiveram distribuição semelhante tanto em um ano como em outro (ver Figura 29).

Os ostracodes apresentaram 100% de grãos atuais e os crustáceos também foram significativamente melhor representados por grãos atuais. Por isso estes grupos também foram considerados, juntamente com os moluscos, aqueles que mais produzem sedimentos na BTS atualmente, não porque eles são mais resistentes aos processos tafonômicos e sim porque são mais ativos na produção do que os demais. Algumas

diferenças na distribuição dos grãos desses componentes também puderam ser observadas. Os ostracodes em 1974 não foram observados nas regiões norte-nordeste da baía nem no Canal de Itaparica como aconteceu em 1997. E os crustáceos que em 1974 ocorreram basicamente nas regiões norte-nordeste, em 1997 eles foram observados em toda a baía. É provável que estes biogênicos que apresentaram a maioria dos grãos classificados como atuais (ostracodes, crustáceos e moluscos), estejam melhor adaptados às condições ambientais da baía atualmente do que aqueles que apresentaram a maioria dos grãos classificados como relíquia (algas calcárias, briozoários e cirrípedes).

Perry (1996) realizou um trabalho semelhante em um ambiente recifal ao norte da Jamaica, quando comparou os componentes biogênicos de suas amostras realizadas em 1994 com os sedimentos amostrados, na mesma região, por outro pesquisador em 1982. Com base na premissa de que a composição das assembleias mortas pode refletir a biota viva da qual são derivadas (Miller 1988, Pandolfi & Minchin 1995), eles concluíram que a composição dos sedimentos nos recifes da Jamaica mudou em resposta aos danos sofridos na estrutura das comunidades deste ambiente recifal.

No presente estudo, os fragmentos de vegetais também predominaram significativamente nas amostras de 1997. No ano de 1974 eles foram observados apenas na região central da baía, enquanto que em 1997 eles ocorreram em quase toda a baía, só não foram registrados no Canal de Salvador. Vale lembrar que dentre os fragmentos de vegetais identificados no presente trabalho muitos são típicos da vegetação costeira, e que eles apresentaram correlação altamente significativa com o teor de lama nos sedimento.

A distribuição de ostracodes e crustáceos nas regiões norte-nordeste, central e Canal de Itaparica nos sedimentos de 1997 pode ter alguma relação com um possível aumento da concentração de fragmentos destes vegetais nestas regiões verificado no mesmo ano. Vale lembrar que ostracodes e crustáceos possuem muitas espécies consumidoras de detritos (Ruppert *et al.* 2005, Coimbra e Bergue 2011), e eles foram considerados como indicadores de substrato lamoso no resultado da análise de ordenação obtido no presente estudo. Por sua vez, a lama da BTS está altamente correlacionada com o teor de matéria orgânica nos sedimentos. De acordo com Lessa & Dias (2009), os sedimentos lamosos no centro-norte da baía operam o processo natural de colmatação, ou seja, preenchimento da BTS, mas os autores reconhecem que a progradação da lama está em fase acelerada atualmente.

Mendes (1999) ao comparar os resultados do teor de matéria orgânica nos sedimentos da BTS obtidos em seu trabalho com os resultados de Bittencourt *et al.* (1976), sugere que o conteúdo de matéria orgânica pode ter aumentado ao longo dos anos nesta baía. De acordo com o autor essa mudança pode ter ocorrido devido ao aumento de atividades antrópicas no entorno da mesma.

A BTS parece estar passando por uma nova fase ambiental, talvez um pouco diferente daquela que existiu antes da ocupação humana em seu entorno. Dada a grande complexidade ambiental desta baía, é importante que novos estudos sejam realizados para melhor compreender sua atual situação e, que assim possam gerar subsídios para que seus recursos naturais possam ser utilizados, pelo menos, de forma racional e, se possível, de forma sustentável.

7.0 CONCLUSÕES

- Os sedimentos da Baía de Todos os Santos são bastante heterogêneos. Sua composição variou bastante espacialmente, com predomínio de determinados componentes em regiões distintas da baía.
- A composição biogênica dos sedimentos está fortemente relacionada a uma ampla variedade de tipos de fundo, que podem ser explorados e habitados por uma grande diversidade de organismos resultando, conseqüentemente, em uma grande diversidade de componentes biogênicos nesta baía.
- Dada a grande diversidade de componentes biogênicos e a variabilidade das condições ambientais da BTS foi possível estabelecer quatro biofácies bem definidas, que permitiram verificar uma transição da composição biogênica do interior da BTS, onde, na maioria das vezes, os moluscos predominaram nos sedimentos, em direção à plataforma adjacente, onde as algas calcárias passaram a ser o componente principal. No grupo 1 predominaram as algas calcárias, incluindo as geniculadas, as não-geniculadas e as algas *Halimeda*, juntamente com os moluscos; no grupo 2 predominaram os moluscos e as algas *Halimeda*; no grupo 3 predominaram as algas *Halimeda* e os moluscos; e por fim, no grupo quatro predominaram os moluscos e os foraminíferos.
- De acordo com a análise das condições tafonômicas dos grãos biogênicos a **abrasão** foi a assinatura tafonômica mais comum e menos específica, pois não apresentou uma relação clara nem com os diferentes biogênicos nem com as características ambientais da baía; a **dissolução** foi a segunda característica tafonômica mais observada, considerada comum em baías, e na BTS parece estar condicionada à mineralogia do grão e ao tempo de permanência deles na interface água-sedimento, mas não foram observadas correlações com o ambiente, supondo-se causas variadas para a sua ocorrência; a **bioerosão** foi mais comum em grãos porosos e está condicionada à presença de substrato duro; a **incrustação** sugere maior tempo de exposição do grão na interface água-sedimento e está condicionada à presença de substrato disponível, ou seja,

exposto; e a condição **brilho** indicou produção ativa de sedimentos por parte dos moluscos e poríferos.

- Os resultados referentes à coloração dos biogênicos sugeriram que os taxa que não apresentaram alteração de cor podem estar permanecendo na superfície do sedimento sem sofrer retrabalhamento, e muitos deles, que apresentaram a coloração natural, possivelmente tiveram morte recente, como os poríferos, ostracodes e moluscos, e por isso devem contribuir ativamente para a produção de sedimento na BTS.
- A análise do grau de arredondamento dos biogênicos indicou que o estado inteiro de alguns deles pode estar relacionado tanto ao seu tamanho natural como as condições do ambiente onde eles foram encontrados, como foi o caso dos ostracodes e foraminíferos. Indicou também que o estado fragmentado da maioria dos biogênicos da BTS parece estar relacionado à ação de predadores e bioturbadores, além da ação das correntes.
- As assembleias biogênicas que compõem os sedimentos da BTS podem ser classificadas, em sua maioria, como parautóctones, ou seja, aquelas que não são transportadas para longe de seu hábitat original.
- De maneira geral, os sedimentos biogênicos analisados no presente estudo apresentaram aspecto mais conservado do que desgastado, indicando uma sedimentação ativa por parte de alguns organismos produtores de sedimento encontrados na baía, tais como moluscos, crustáceos, ostracodes e poríferos.
- Na BTS, os locais com altos teores de carbonato não favoreceram a preservação dos grãos, ao contrário daqueles locais com sedimentos classificados como mistos e siliciclásticos, muitas vezes contendo altos teores de lama, onde, em média, a dissolução e a bioerosão foram menos pronunciadas.

- O estudo da tafonomia e do arredondamento dos grãos biogênicos realizados no presente estudo vieram reforçar a importância da sua utilização para uma melhor caracterização das condições do ambiente quando se pretende utilizar os componentes biogênicos com este objetivo.

- Ao comparar a composição biogênica dos sedimentos da BTS das amostras realizadas em 1974 (Macedo 1977) com a das amostras utilizadas no presente trabalho, realizadas em 1997, foram observadas algumas diferenças na abundância de alguns dos biogênicos, sugerindo que a referida baía pode estar passando por uma nova fase ambiental, talvez um pouco diferente daquela que existiu antes da ocupação humana desordenada em seu entorno.

- A análise da composição e da tafonomia dos componentes biogênicos dos sedimentos da BTS mostraram-se como boas ferramentas para a caracterização e avaliação das condições gerais do ambiente da referida baía, principalmente relacionadas aos tipos de fundo e substratos disponíveis, aos níveis de energia do ambiente, transporte e retrabalhamento dos sedimentos, assim como ao estado de preservação atual do ambiente, uma vez que os sedimentos biogênicos guardam em seus grãos assinaturas do ambiente para serem interpretadas, levando a conclusão de que sua utilização seja recomendada para tais finalidades.

8.0 REFERÊNCIAS

ALLER R C 1982. Carbonate dissolution in nearshore terrigenous muds: the role of physical and biological reworking. **Journal of Geology** 90: 79-95.

ALVES OFS 2002. **Geologia das comunidades bentônicas infralitorais da Baía de Todos os Santos (BA, Brasil): diversidade biótica e sedimentológica**. Tese de Doutorado. Instituto de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 110p.

ALVES OFS, MANSO CLC, ABSALÃO RS, PAIVA PC 2004a. Geoecology of sublittoral benthic communities in Todos os Santos Bay (Bahia, Brazil): biotic and sedimentological diversity. **Journal of Coastal Research** SI 39: 1152-1155.

ALVES OFS, MUEHE D, DOMINGUEZ JML 2004b. Carbonate contents of bottom sediments of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. **Journal of Coastal Research** SI 39: 1671-1675.

AMINI ZZ, ADABI MH, BURRET CF, QUILTY PG 2004. Bryozoan distribution and growth form associations as a tool in environmental interpretations, Tasmania, Australia. **Sedimentary Geology** 167: 1-15.

ARAÚJO UC 2000. A Baía de Todos os Santos: um sistema geo-histórico resistente. **Bahia Análise & Dados** 9: 10-23.

BARROS FC 1976. **Estudo dos sedimentos biogênicos das enseadas dos Tainheiros e do Cabrito**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 94p.

BENNINGTON JB & ARANSON MFJ 2012. Reconciling scale in paleontological and neontological data: dimensions of time, space and taxonomy. Cap. 4. In: J. Louys. **Paleontology in ecology and conservation**. Springer, p. 39-67.

BEHRENSMEYER AK & KIDWELL SM 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. **Paleobiology** 11: 105-119.

BEHRENSMEYER AK, KIDWELL SM, GASTALDO RA 2000. Taphonomy and Paleobiology. **Paleobiology** 26(S1): 103-147.

BEST MMR & KIDWELL SM 2000. Bivalve taphonomy in tropical mixed siliciclastic-carbonate settings: I. Environmental variation in shell condition. **Paleobiology** 26: 80-102.

BEST MMR, KU TCW, KIDWELL SM, WALTER LM 2007. Carbonate preservation in shallow marine environments: unexpected role of tropical siliciclastics. **The Journal of Geology** 115: 437-456.

BITTENCOURT ACSP, FERREIRA YA, DI NAPOLI E 1976. Alguns aspectos da sedimentação na Baía de Todos os Santos, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências** 6: 246-262.

BLAIR SM & NORRIS JN 1988. The deep-water of *Halimeda* from San Salvador Island, Bahamas: species compositions, distribution and depth records. **Coral Reefs** 6: 227-236.

BONETTI C, EICHLER BB, DEBENAY JP 2001. Evolução temporal da impactação do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SP, Brasil) analisadas através das populações de foraminíferos sub-recentes. **Pesquisas em Geociências** 28(2): 273-283.

BOSELLINI FR 2006. Biotic changes and their control on Oligocene-Miocene reefs: a case study from the Apulia Platform margin (southern Italy). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 241: 393-409.

BOSS SK & LIDDELL WD 1987. Patterns of sediment composition of Jamaican fringing reef facies. **Sedimentology** 34: 77-87.

BRANDANO M & CORDA L 2002. Nutrients, sea level and tectonics: constraints for the facies architecture of a Miocene carbonate ramp in central Italy. **Terra Nova** 14: 257-262.

BRASIER MD 1980. **Microfossils**. George Allen & Unwin Ltda, London, 193p.

BRETT CE & BAIRD GC 1986. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. **Palaios** 1: 207-227.

BRITO RRC 1997. Ambientes Aquáticos. Capítulo 1. *In*: GERMEN/UFBA-NIMA. **Baía de Todos os Santos. Diagnóstico Sócio Ambiental e Subsídios para a Gestão. Parte II. A Baía de Todos os Santos Hoje. Cenário Natural**. Edições GERMEN, Salvador-BA, p. 71-78.

BROOKS GR & DOYLE LJ 1998. Recent sedimentary development of Tampa Bay, Florida: a microtidal estuary incised into Tertiary platform carbonates. **Estuaries** 21: 391-406.

CALLEGARI-JACQUES SM 2004. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Artmed Editora SA, 255p.

CALLEENDER WR, POWELL EN, STAFF GM, DAVIES DJ 1992. Distinguishing autochthony, parautochthony and allochthony using taphofacies analysis: can cold seep assemblages be discriminated from assemblages of the nearshore and continental shelf? **Palaios** 7: 409-421.

CAMPBELL AS 1954. Radiolaria. *In*: RC Moore (Ed.). **Treatise on Invertebrate Paleontology**. Part D, Protista 3: Protozoa (Radiolaria and Tintinnina). Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence, p. 11-163.

CARANNANTE G, ESTEBAN M, MILLIMAN JD, SIMONE L 1988. Carbonate lithofacies as paleolatitude indicators: problems and limitations. **Sedimentary Geology** 60: 333-346.

CAREY JS, MOSLOW TF, BARRIE JV 1995. Origin and distribution of Holocene temperate carbonates, Hecate Strait, western Canada continental shelf. **Journal of Sedimentary Research** A65 (1): 185-194.

CARTER L 1975. Sedimentation on the continental terrace around New Zealand: a review. **Marine Geology** 19: 209-237.

CARVALHO IS & FERNADES ACS 2011. Icnofósseis. Capítulo 12. *In*: IS Carvalho (Ed.). **Paleontologia**. 3ª Edição, Volume 1, Interciência, p.195-227.

CARVALHO IS, VICALVI MA, CARVALHO MGP 2011. Artrópodes. Capítulo 21. *In*: IS Carvalho (Ed.). **Paleontologia**. 3ª Edição, Volume 1, Interciência, p.371-407.

CBPM 2002. **Mapa geológico digital do Estado da Bahia**. Companhia Baiana de Pesquisa Mineral, Salvador, Ba: CD-Room.

CHAVE KE 1964. Skeletal durability and preservation. *In*: J IMBRIE & N NEWELL (Eds.). **Approaches to Palaeoecology**. John Wiley and Sons Inc., p. 377-387.

CHAVE KE, DEFFEYES KS, WEYL PK, GARRELS RM, THOMPSON ME 1962. Observations on the solubility of skeletal carbonates in aqueous solutions. **Science** 137: 33-34.

CIRANO M & LESSA GC 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica** 25: 363-387.

COIMBRA JC & BERGUE CT 2011. Ostracodes. Capítulo 2. *In*: IS Carvalho (Ed.). **Paleontologia**. 3ª Edição, Volume 2, Interciência, p. 35-51.

COLLEN JD & GARTON DW 2004. Large foraminífera and sedimentation around Fongatale Island, Funafuti Atoll, Tuvalu. **Coral Reefs** 23: 445-454.

COUTO VA, AZIZ C, ROCHA AGP 1997. Caracterização Sócio-econômica. Capítulo 7. *In*: GERMEN/UFBA-NIMA. **Baía de Todos os Santos. Diagnóstico Sócio Ambiental e Subsídios para a Gestão. Parte II. A Baía de Todos os Santos Hoje**. Cenário Natural. Edições GERMEN, Salvador-BA., p. 167-184.

CRUZ ICS 2008. **Áreas prioritárias para conservação dos recifes de corais da Baía de Todos os Santos**. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Universidade Federal da Bahia, 102p.

CRUZ ICS, KIKUCHI RKP, LEÃO ZMAN 2009. Caracterização dos recifes de coral da área de preservação ambiental da Baía de Todos os Santos para fins de manejo, Bahia, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada** 9: 3-23.

DAJOZ R 1983. **Ecologia Geral**. 4ª Ed. Petrópolis, Vozes, 472p.

DIETL GP & FLESSA KW 2009. An introduction to conservation paleobiology. *In*: GP DIETL & KW FLESSA (Eds.). **Conservation Paleobiology: using the past to manage for the future**. The Paleontology Society Papers. Copyright, The Paleontology Society, p xiii.

DOMINGUEZ JML & BITTENCOURT ACSP 2009. Geologia. Capítulo II. *In*: V Hatje & JB Andrade (Org). **Baía de Todos os Santos. Aspectos Oceanográficos.** EDUFBA, BA, p. 25-66.

DUTRA LXC & HAWORTH RJ 2008. Human disturbance, natural resilience and management futures: the coral reefs of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. **Journal of Sustainable Development** 1: 13-30.

DUTRA LXC, KIKUCHI RKP, LEÃO ZMAN 2006. Todos os Santos Bay coral reefs, Eastern Brazil, revisited after 40 years. **Proceedings of 10th International Coral Reef Symposium** 1090-1095.

EMERY KO 1968. Relict sediments on continental shelves of the world. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin** 52: 445-464.

FARINA M & AMADO FILHO GM 2009. Biomineralização em organismos marinhos. Capítulo 7. *In*: RC PEREIRA & A SOARES-GOMES (Ed.). **Biologia Marinha.** 2^a Edição, Interciência, p. 155-182.

FERGUSON CA 2008. Nutrient Pollution and the Molluscan Death Record: use of mollusc shells to diagnose environmental change. **Journal of Coastal Research** 24(1A): 250-259.

FERNADES ACS 2011a. Cnidários. Capítulo 18. *In*: IS Carvalho (Ed.). **Paleontologia.** 3^a Edição, Volume 2, Interciência, p. 315-331.

FERNADES JMG 2011b. Poríferos. Capítulo 16. *In*: IS Carvalho (Ed.). **Paleontologia.** 3^a Edição, Volume 2, Interciência, p. 289-298.

FLESSA KW, CUTLER AH, MELDAHL KH 1993. Time e taphonomy: quantitative estimates of time-averaging and stratigraphic disorder in a shallow marine habitat. **Paleobiology** 19: 266-286.

FLÜGEL (1988). *Halimeda*: paleontological record and palaeoenvironmental significance. **Coral Reefs** 6: 123-130.

FOLK RL 1968. **Petrology of sedimentary rocks.** The University of Texas, 170p.

FÜRSHICH FT 1990. Fossil concentrations and life and death assemblages. Chapter 3(3.5). *In*: DEG BRIGGS & PR CROWTHER (Eds.). **Paleobiology: a synthesis.** Blackwell Science, p.235-239.

FÜRSHICH FT & FLESSA KW 1987. Taphonomy of tidal flat mollusks in the northern Gulf of California: paleoenvironment analysis despite the perils of preservation. **Palaios** 2: 543-559.

GABRIÉ C & MONTAGGIONI L 1982. Sediments from fringing reefs of Reunion Island, Indian Ocean. **Sedimentary Geology** 31: 281-301.

GENZ F 2006. **Avaliação dos efeitos da Barragem de Pedra do Cavalo sobre a circulação estuarina do Rio Paraguaçu e Baía de Iguape**. Tese de doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, Brasil, 266p.

GINSBURG RN 1956. Environmental relationship of grains size and constituent particles in some South Florida carbonates sediments. **American Association Geological of Petroleum Geologists Bulletin** 40: 2381-2427.

GINSBURG RN, LLOYD RM, STOCKMAN KW, McCELLUM JS 1963. Shallow-water carbonates sediments. *In*: MN HILL (Ed.). **The sea: ideas and observations on progress in the study of the seas. The earth beneath the sea history**, Vol.3. Interscience publishers, p. 554-582.

GROSS ME 1971. Carbon determination. *In*: RE CARVER (Ed.). **Procedures in sedimentary petrology**. Wiley-Interscience, NY, p. 573-596.

HALFAR J, GODINEZ-ORTA L, INGLE JR. JC 2000. Microfacies analysis of Recent Carbonate Environments in the Southern Gif of California, Mexico – A model for warm-temperate to subtropical carbonate formation. **Palaios** 15: 323-342.

HARNEY JN, GROSSMAN EE, RICKMOND BM 2000. Age and composition of carbonate shoreface sediments, Kailua Bay, Oahu, Hawaii. **Coral Reefs** 19: 141-154.

ILLING LV 1954. Bahaman calcareous sands. **American Association Geological of Petroleum Geologists Bulletin** 38: 1-95.

JAMES NP 1997. The cool-water carbonate depositional realm. *In*: NP James & JAD Clarke (Eds). **Cool-Water Carbonates**. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM), Special Publications 56: 1-20.

KIDWELL SM 1986. Taphonomic feedback in Miocene assemblages: Testing the role of dead hardparts in benthic communities. **Palaios** 1: 239-255.

KIDWELL SM 1991. The stratigraphy of shell concentrations. *In*: PA Allison and DEG Briggs (Eds). **Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**. Plenum Press, New York. Topics in Geobiology 9: 211-290.

KIDWELL SM 1998. Time-averaging in the marine fossil record: overview of strategies and uncertainties. **Geobios** 30: 977-995.

KIDWELL SM & BOSENCE DWJ 1991. Taphonomy and time averaging of marine shelly faunas. *In*: PA Allison and DEG Briggs (Eds). **Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**. Plenum Press, New York. Topics in Geobiology 9: 115-209.

KIDWELL SM, FÜRSICH FT, AIGNER T 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. **Palaios** 1: 228-238.

KIDWELL SM & JABLONSKI D 1983. Taphonomic feedback: Ecological consequences of shell accumulation. *In*: MJS Tevesz and PL McCall (Eds.). **Biotic Interactions in Recent and Fossil Benthic Communities**. New York, Plenum Press, 195-248.

KIDWELL SM, ROTHFUS TA, BEST MMR 2001. Sensitivity of taphonomic signatures to samples size, sieve size, damage scoring system and target taxa. **Palaios** 16: 25-52.

KILLOPS S & KILLOPS V 2005. **Introduction to organic geochemistry**. 2ª Ed. Blakwell Publishing Ltda, 393p.

KOCHHANN KGD 2011. Radiolários: estado do conhecimento e aplicações às geociências. **Terra e Didática** 7: 18-28.

KOWALEWSKI M & LABARBERA M 2004. Actualistic Taphonomy: death, decay, and disintegration in contemporary settings. **Palaios** 19: 423-427.

LAPORTE LF 1975. **Ambientes Antigos de Sedimentação**. Série de Textos Básicos de Geociências. Edgard Blücher, SP, 145p.

LAWRENCE DR 1971. The nature and structure of paleoecology. **Journal of Paleontology** 45: 593-607.

LEÃO ZMAN 1977. **Um depósito conchífero do fundo da Baía de Todos os Santos próximo à Lage do Ipeba**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 56p.

LEÃO ZMAN & BITTENCOURT ACSP 1977. A fração biodetrítica dos sedimentos de fundo da Baía de Aratu (BA). **Revista Brasileira de Geociências** 7: 115-130.

LEÃO ZMAN & MACHADO AJ 1989. Variação da cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. **Revista Brasileira de Geociências** 19(1): 87-91.

LESCINSKY HL, EDINGER E, RISCK MJ 2002. Mollusc shell encrustation and bioerosion rates in a modern epeiric sea: taphonomy experiments in the Java Sea, Indonesia. **Palaios** 17: 171-191.

LEE RE 1980. **Phycology**. 2ª edição. Cambridge University Press, NY, 645p

LEPS J & SMILAUER P 1999. **Multivariate Analysis of ecological data**. Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, 110p.

LESS A 1975. Possible influence of salinity and temperature on modern shelf carbonate sedimentation. **Marine Geology** 19: 159-198.

LESS A & BULLER AT 1972. Modern temperate-water and warm-water shelf carbonate sediments contrasted. **Marine Geology** 13:M67-M73.

LESSA GC, BITTENCOURT ACSP, BRICHTA A, DOMINGUEZ JML 2000. A reevaluation of the late Quaternary sedimentation in Todos os Santos Bay (BA), Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 72 (4): 573-590.

LESSA GC, CIRANO M, GENZ F, TANAJURA CAS, SILVA RR 2009. Oceanografia Física. *In*: V Hatje & JB Andrade (Org). **Baía de Todos os Santos. Aspectos Oceanográficos**. EDUFBA, BA, p. 67-119.

LESSA G & DIAS K 2009. Distribuição espacial das litofácies de funda da Baía de Todos os Santos. **Quaternary and Environmental Geosciences** 01:84-97.

LESSA GC, DOMINGUEZ JML, BITTENCOURT ACSP, BRICHTA A 2001. The tidal and tidal circulation of Todos os Santos Bay, Northeast Brazil: a general characterization. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 73: 245-261.

LIMA GMP & LESSA GC 2001. The freshwater discharge in Todos os Santos Bay and its significance to the general water circulation. **Revista Pesquisas em Geociências** 28: 85-96.

LITTLER MM, LITTLER DS, LAPOINTE BE 1988. A comparison of nutrient and light limited photosyntheses in pasammophytic versus epelithic forms of *Halimeda* (Caulerpales, Halimedaceae) from Bahamas. **Coral Reefs** 6: 212-225.

LONGHURST AR & PAULY D 2007. **Ecologia dos Oceanos Tropicais**. Edusp, 427p.

MACHADO DMC, KOTZIAN CB, ERTHAL F 2011. Moluscos. Capítulo 22. *In*: IS Carvalho (ed.). **Paleontologia**. 3ª Edição, Volume 2, Interciência, p. 409-447.

MACEDO MHF 1977. **Estudo sedimentológico da Baía de Todos os Santos**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 75p.

MAIKLEM WR 1967. Black and brown speckled foraminiferal sand from the southern part of the Great Barrier Reef. **Journal of Sedimentary Petrology** 37: 1023-1030.

MAIKLEM WR 1968. Some hydraulic properties of bioclastic carbonate grains. **Sedimentology** 10: 101-109.

MAPES RH, LANDMAN NH, COCHRAN K, GOIRAN C, FORGES BR, RENFRO A 2010. Early taphonomy and significance of naturally submerged *Nautilus* shells from the New Caledonia region. **Palaos** 25: 597-610.

MARTIN RE 1999. **Taphonomy a process approach**. Cambridge Paleobiology Series, v.4. Cambridge University Press, Cambridge, 508p.

MEDEIROS RA & PONTES FC 1981. **Roteiro geológico da Bacia do Recôncavo (Bahia)**. Salvador, PETROBRAS, SEPES, DIVEN, SENBA. 63p.

MELDAHL KH & FLESSA KW 1990. Taphonomic pathways and comparative biofacies and taphofacies in Recent intertidal shallow shelf environment. **Lethaia** 23: 43-60.

MENDES GM 1999. **Distribuição e característica da matéria orgânica na Baía de Todos os Santos, Bahia**. Monografia de graduação. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 50p.

MENDES JC 1988. **Paleontologia Básica**. Editora da USP, 347p.

McCUNE B & GRACE JB 2002. **Analysis of Ecological Communities**. MJM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, 300p.

MILLER AI 1988. Spatial resolution in subfossil molluscan remains: implications for paleobiological analyses. **Paleobiology** 14: 91-103.

MILLIMAN JD 1974. **Marine carbonates**. Springer-Verlag, 375p.

MOISSETTE P 2000. Changes in bryozoans assemblages and bathymetric variations. Examples of the Messinian northwest of Algeria. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 155: 305-326.

MOISSETTE P, DULAI A, ESCARGUEL G, KÁZMÉR M, MÜLLER P, MARTIN JPS 2007. Mosaic of environments recorded by bryozoans faunas from the Middle Miocene of Hungary. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 252: 530-556.

MOBERG F & FOLKE C 1999. Ecological goods and services of coral reefs ecosystems. **Ecological Economics** 29: 215-233.

NEBELSICK JH & KIENE WE 1997. Taphonomy: an ecological tool for studies and fossil reefs. *In*: HA Lessios and IG Macintyre (Eds.). **Proceedings 8th International Coral Reefs Symposium**, Volume 2. Smithsonian Tropical Research Institute, Panama, p. 1787-1788.

NEBELSICK JH, SCHMID B, STACHOWITSCH M 1997. The encrustation of fossil and recent sea-urchin tests: ecological and taphonomic significance. **Lethaia** 30: 271-284.

NELSON CS & HANCOCK GE 1984. Composition and origin of temperate skeletal carbonate sediments on South Maria Ridge, northern New Zealand. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research** 18:221-239

NELSON CS, HANCOCK GE, KAMP PJJ 1982. Shelf to basin, temperate skeletal, carbonate sediments, Three Kings Plateau, New Zealand. **Journal of Sedimentary Petrology** 52: 717-732.

NELSON CS, HYDEN FM, KEANE SL, LEASK WL, GORDON DP 1988. Application of bryozoans zoarial growth-form studies in facies analysis of non-tropical carbonate deposits in New Zealand. **Sedimentary Geology** 60: 301-322.

OLIVEIRA WF 1997. Evolução Sócio-Econômica do Recôncavo Baiano. Capítulo 3. *In: GERMEN/UFBA-NIMA. Baía de Todos os Santos. Diagnóstico Sócio Ambiental e Subsídios para a Gestão.* Parte I. Evolução Fisiográfica e da Ocupação do Território do Entorno da Baía de Todos os Santos. GERMEN, Salvador-BA, p. 43-56.

PANDOLFI JM & MINCHIN PR 1995. A comparison of taxonomic composition and diversity between reef coral life and death assemblages in Madang Lagoon, Papua New Guinea. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 119: 321-341.

PERRY CT 1996. The response of reef sediments to changes in community composition: implications for time-averaging and sediment accumulation. **Journal of Sedimentary Research** 66(3): 459-467.

PERRY CT 1998. Grains susceptibility to the effects of microboring: implications for the preservation of skeletal carbonates. **Sedimentology** 45: 39-51.

PERRY CT & TAYLOR KG 2006. Inhibition of dissolution within shallow water carbonate sediments: impacts of terrigenous sediment input on syn-depositional carbonate diagenesis. **Sedimentology** 53: 495-513.

PIELOU EC 1984. **The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination.** John Wiley & Sons, New York, 263p.

PILKEY OH, MORTON RW, LUTERNAWER J 1967. The carbonate fraction of beach and dune sands. **Sedimentology** 8: 311-327.

POGGIO CA, SOUZA FBC, ALVES OFS, DOMINGUEZ JML 2009. Distribuição dos componentes biogênicos nos sedimentos da área do Canal de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. **Quaternary and Environmental Geosciences** 01(1): 10-15.

POMAR L, BRANDANO M, WESTPHAL H 2004. Environmental factors influencing skeletal grain sediment associations: a critical review of Miocene examples from the western Mediterranean. **Sedimentology** 51: 627-651.

PONZI VRA 2004. Sedimentologia marinha. Cap. 9. *In: JA BAPTISTA NETO, VRA PONZI & SE SICHEL (Org.). Introdução á geologia marinha.* Interciência, p. 217-241.

POWELL EN, STAFF GM, DAVIES DJ, CALLENDER WR 1989. Macrobenthic death assemblages in modern marine environments: formation, interpretation and application. **Reviews in Aquatic Sciences** 1:555-589.

POWELL EN & DAVIES DJ 1990. When is an "old" shell really old. **Journal of Geology** 98: 823-844.

PURDY EG 1963. Recent calcium carbonate facies of the Great Bahama Bank. 2. Sedimentary facies . **The Journal of Geology** 71: 472-497.

REVIERS B 2006. **Biologia e filogenia das algas**. Artmed, SC, 280p.

REISE K 2002. Sediment mediated species interactions in coastal Waters. **Journal of Sea Research** 48: 127-141.

RICKLEFS RE 2003. **A economia da natureza**. Guanabara-Koogan SA, RJ, 5ª edição, 503p.

RICO-GRAY V 1993. Origen y rutas de dispersion de los mangles: uma revision com enfasis en lãs espécies de America. **Acta Botánica Mexicana** 25: 1-13.

RODRIGUES SC, SIMÕES MG, PIRES-DOMINGUES RA 2009. Viés analítico em estudos tafonômicos com macroinvertebrados: implicações (paleo) ambientais e (paleo) ecológicas. **Revista do Instituto de Geociências USP** 9: 101-114.

RUPPERT EE, FOX RS, BARNES RD 2005. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. 7ª edição, Roca, SP, 1145p.

RÜTZLER K & RIEGER G 1973. Sponge burrowing: fine structure of *Cliona lampa* penetrating calcareous substrata. **Marine Biology** 21; 144-162.

SALOMON MA, GORZELAC P, FERRÉ B, LACH R 2010. Roveacrinids survived the Cretaceous-Paleogene extinction event. **Geology** 38: 883-885.

SANDERS D & KRAINER K 2005. Taphonomy of Early Permian benthic assemblages: carbonate dissolution versus biogenic carbonate precipitation. **Facies** 51: 522-540.

SANTOS CB, CARVALHO RC, LESSA G 2003. **Distribuição dos manguezais na Baía de Todos os Santos e seu impacto no balanço hídrico**. In: IX Cong. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife-Pe, *Anais*, p. 78-201.

SCOFFIN TP 1988. The environments of production and deposition of calcareous sediments on the shelf West of Scotland. **Sedimentary Geology** 60: 107-124.

SCOFFIN TP 1992. Taphonomy of coral reefs: a review. **Coral Reefs** 11: 57-77.

SEN GUPTA BK 2002. Systematics of modern Foraminifera. In: BK Sen Gupta (Ed.). **Modern Foraminifera**. Kluwer Academic Publishers, p. 7-36.

SHEPARD FP 1932. Sediments of the Continental Shelves. **Geological Society of America Bulletin** 43: 1017-1040.

SKOVSTED CB 2006. Small shelly fauna from the upper lower Cambrian Bastion and Ella Island Formations, North-East Greenland. **Journal of Paleontology** 80: 1087-1112.

- SMITH AM & NELSON CS 1992. Selectivity in sea-floor processes: taphonomy of bryozoans. *In*: Olsen & Olsen (Eds). **Proceedings 9th International Bryozoology Conference. International Symposium Series**, Fredensborg, p.177-180.
- SMITH AM & NELSON CS 2003. Effects of early sea-floor processes on the taphonomy of temperate shelf skeletal carbonate deposits. **Earth-Science Reviews** 63:1-31.
- SMYTH MJ 1989. Bioerosion of gastropod shells: with emphasis on effects of coralline algal cover and shell microstructure. **Coral Reefs** 8: 119-125.
- SUGUIO K 1973. **Introdução à Sedimentologia**. Editora Blücher, São Paulo, 318p.
- SUGUIO K 2003. **Geologia Sedimentar**. Editora Blücher, São Paulo, 400p.
- STAFF GM, STANTON Jr. RJ, POWELL EN, CUMMINS H 1986. Time-averaging, taphonomy and their impact on paleocommunity reconstruction: death assemblages in Texas Bays. **Geological Society of America Bulletin** 97: 428-443.
- STANLEY SM 1975. Adaptive Themes in the Evolution of the Bivalvia (Mollusca). **Annual Review of Earth and Planetary Sciences** 3: 361-385.
- STÖHR S 2005. Who's who among baby brittle stars: postmetamorphic development of some North Atlantic forms. **Zoological Journal of the Linnean Society** 143: 543-576.
- SWIFT DJP, STANLEY DJ, CURRAY JR 1971. Relict sediments on continental shelves: a reconsideration. **The Journal of Geology** 79: 322-346
- SWINCHATT JP 1965. Significance of constituent composition, texture and skeletal breakdown in some recent carbonate sediments. **Journal of Sedimentary Petrology** 35(1): 71-90.
- TÁVORA VA & NETO ILAN 2011. Briozoários. Capítulo 17. *In*: IS Carvalho (Ed.). **Paleontologia**. 3^a Edição, Volume 2, Interciência, p. 299-314.
- TAYLOR PD 1990. Encrusters. Chapter 4(4.9). *In*: DEG BRIGGS & PR CROWTHER (Eds.). **Paleobiology: a synthesis**. Blackwell Science, p. 346-351.
- THOMAS RDK 1975. Functional morphology, ecology and evolutionary conservatism in the Glycymerididae (Bivalvia). **Paleontology** 18: 217-254.
- TINOCO IM 1989. **Introdução aos estudos dos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes**. Recife, Editora Universitária da UFPE, 221 p.
- TRÉGUER P, NELSON DM, Van BENNEKOM AJ, DeMASTER DJ, LEYNAERT A, QUEGUINER B 1995. The silica balance in the world ocean: a reestimate. **Science** 268: 375-379.
- TUCKER ME & WRIGHT VP 1990. **Carbonate Sedimentology**. Blackwell Science, 482p.

VALENTIN JL 2000. **Ecologia Numérica. Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Editora Interciência, 117p.

VILAS BOAS GS & BITTENCOURT ACSP 1992. Variação da energia e sua repercussão nas características composicionais e texturais em sedimentos praias atuais: exemplo da costa leste da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências** 22: 311-320.

VILAS BOAS GS & NASCIMENTO MAM 1979. Evolução paleogeográfica e paleoclimática da região das enseadas dos Tainheiros e do Cabrito, BA, nos últimos 5.000 anos. **Revista Brasileira de Geociências** 9: 159-168.

VILELA C G 2011. Foraminíferos. Capítulo 3. *In*: IS Carvalho (Ed.). **Paleontologia**. 3ª Edição, Volume 2, Interciência, p. 53-69.

VITOUSEK PM, MOONEY HÁ, LUBCHENCO J, MELILLO JM 1997. Human domination of earth's ecosystems. **Science** 277: 494-499.

VINN O, HOVE HA & MUTVEI H 2008a. On the tube ultrastructure and origin of calcification in sabellids (Annelida, Polichaeta). **Paleontology** 51: 295-301.

VINN O, HOVE HA, MUTVEI H, KIRSIMAE K 2008b. Ultrastructure and mineral composition of serpulid tubes (Annelida, Polichaeta). **Zoological Journal of the Linnean Society** 154: 633-650.

WALTER LM & MORSE JW 1984. Reactive surface area of skeletal carbonates during dissolution: effect of grain size. **Journal of Sedimentary Petrology** 54: 1081-1090.

WASSERMAN JC & QUEIROZ L 2004. The attenuation of concentrations model: a new method for assessing mercury mobility in sediments. **Química Nova** 27: 17-21.

WILSON JB 1979. Biogenic carbonate sediments on the Scottish continental shelf and on Rockall bank. **Marine Geology** 33: M85-M93.

WILSON JB 1988. A model for temporal changes in the faunal composition of Shell gravels during a transgression on the continental shelf around the British Isles. **Sedimentary Geology** 60: 95-105.

WILSON MEJ & VECSEI A 2005 The apparent paradox of abundant foraminiferal facies in low latitudes: their environmental significance and effect on platform development. **Earth Science Reviews** 69: 133-168.

WRIGHT VP & BURGESS PM 2005. The carbonate factory continuum, facies mosaics and microfácies: an appraisal of some of some of the key concepts underpinning carbonate sedimentology. **Facies** 51: 17-23.

ZUCHSIN M, HOHENEGGER J, STEININGER FF 2000. A comparison of living and dead mollusks on coral reef associated hard substrata in the northern Red Sea – implications for the fossil record. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 159: 167-190.