

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

VERMETÍDEOS EM COSTÕES ROCHOSOS DE GUARAPARI, ES:
CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO NÍVEL RELATIVO DO
MAR E DA CIRCULAÇÃO MARINHA NO HOLOCENO

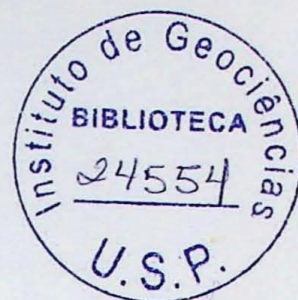
Priscila Cury Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini
Co-orientador: Dr. Daniel Rodrigues do Nascimento Junior

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2011 / 44)

SÃO PAULO
2011

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



VERMETÍDEOS EM COSTÕES ROCHOSOS DE GUARAPARI, ES:
CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO NÍVEL RELATIVO DO
MAR E DA CIRCULAÇÃO MARINHA NO HOLOCENO

Priscila Cury Ribeiro

Priscila Cury Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini
Co-orientador: Dr. Daniel Rodrigues do Nascimento Junior

De acordo

A handwritten signature in dark ink, likely belonging to Paulo César Fonseca Giannini, positioned below the word "De acordo".

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2011 / 44)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900030271

SÃO PAULO
2011

TF
R484
7C.V

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



VERMETÍDEOS EM COSTEIRAS ROCHOSAS DE GUARAPARÁ E
CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO NÍVEL RELATIVO DO
MAR E DA CIRCULAÇÃO MARINHA NO LITORAL

Priscila Cury Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Gomes
Co-orientador: Dr. Daniel Rodrigues de Lencastre Junior

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FÓRMULA
(17-2011-146)

SÃO PAULO
2011

No mistério do sem-fim
equilibra-se um planeta.

E, no planeta, um jardim,
e, no jardim, um canteiro;
no canteiro uma violeta,
e, sobre ela, o dia inteiro,

entre o planeta e o sem-fim,
a asa de uma borboleta.

(Canção Mínima, de Cecília Meireles)

Agradecimentos

Apesar de o presente trabalho caracterizar a minha Monografia de Trabalho de Formatura, o trabalho aqui apresentado é fruto de quase três anos de trabalho entre elaboração de um projeto, Iniciação Científica e Trabalho de Formatura. Durante estes três anos, muitos participaram e me ajudaram a fazer com que os objetivos desenhados fossem atingidos de forma satisfatória e que viessem a compor um trabalho da qual tenho muito orgulho.

Gostaria de agradecer, antes de tudo, à minha família, que esteve sempre ao meu lado me apoiando quando precisei e quando não precisei também, sem nunca deixar de acreditar na minha capacidade e nem me fazer duvidar dela. São meus maiores admiradores, tenho certeza, mas são quem eu mais admiro também.

Ao Mateus Rossi (Merendinha, Bubinho, Tchubão, ...) que durante toda a graduação foi meu amorzinho, melhor amigo, companheiro, sempre esteve ao meu lado, inclusive nos momentos mais difíceis. Sou eternamente grata por ter você comigo, e espero te levar comigo por todo o tempo, toda a vida.

Ao professor Giannini, pela orientação ao longo destes anos, por toda paciência, ajuda, e por tudo que me ensinou não apenas sobre geologia, etimologia, mas sobre a vida.

Ao Daniel Nascimento (Pegmatito), que foi muito mais do que meu co-orientador. Obrigada por ter coletado meus vermetídeos (por mais feinhos que eles sejam), pela paciência e por toda a ajuda.

Aos professores Chico Bill pelas discussões, Luiz Pessenda não apenas pela ajuda na preparação das minhas amostras, mas por ter acreditado no projeto e ajudado financeiramente com as datações, e Daniel Atencio pelos raios-x de urgência.

Ao Rodrigo Marques (Portuga), pela ajuda no campo e na identificação dos vermetídeos e outros organismos usados no zoneamento.

Agradeço aos colegas do LabSed e LabPetro (Vitor, Jordana, Elaine, Thaís), ao Isaac Sayeg (MEV), ao Osmar Antunes (LIE), que se mostraram muitos solícitos e me ajudaram durante as mais diversas etapas do projeto.

Aos amigos verdadeiros, que conquistei durante a graduação, estiveram comigo durante os momentos de risada e de tristeza, e que pretendo levar comigo sempre.

As minhas "irmãs" Camila e Karen, lindinhas, melhores amigas que alguém podia ter, agradeço simplesmente por existirem.

Por fim, agradeço a FAPESP pelo auxílio financeiro durante a Iniciação Científica.

Resumo

O nivelamento e datação de incrustações de vermetídeos (família de gastrópodos de hábito bentônico sésil), como ferramenta para reconstituir o paleonível do mar no Holoceno, é amplamente reconhecido por sua precisão. Contudo, o interesse por estudos deste tipo extrapola a questão do nível relativo do mar (NRM): nos últimos séculos, houve uma diminuição drástica no crescimento da espécie mais abundante até então no Brasil (*Petalochus (Macrophragma) varians*), verificada nas regiões Sul e Sudeste e atribuída a um resfriamento das águas costeiras. A caracterização geocronológica, morfológica e isotópica das incrustações de vermetídeos fósseis encontradas em Guarapari, litoral centro-sul do Espírito Santo, teve como objetivo contribuir para o entendimento destas questões. Na ausência de vermetídeo vivo, o referencial utilizado no nivelamento foi o poliqueta *Phragmatopoma sp.*, admitido como de mesmo nicho ecológico. A curva obtida para a variação do NRM no Espírito Santo condiz com as apresentadas para outras porções da costa sudeste e nordeste do Brasil, com máximo em torno de 4,0m, atingido cerca de 5700 anos atrás, e queda subsequente até os dias atuais. Morfologicamente, as incrustações mais velhas constituem-se por maior quantidade de material intersticial, menor quantidade de poros e maior quantidade de capas calcíticas ao redor das conchas aragoníticas. Esta tendência pode ser atribuída ao maior tempo de exposição aos agentes intempéricos responsáveis pelo preenchimento e cimentação graduais da bioconstrução. Quanto à caracterização isotópica de C e O, a tendência encontrada é de enriquecimento no isótopo pesado com o tempo. No caso do O, esta tendência é aparentemente indício de resfriamento das águas costeiras, devido a um aumento da influência da Corrente Costeira do Brasil na região, nos últimos 6000 anos.

Abstract

Leveling and dating of vermetids (family of gastropods with benthic sessile habit) is widely recognized for its accuracy as a tool to reconstitute sea paleolevel in the Holocene. However, the interest in this type of study goes beyond the question of relative sea level (RSL): in the last centuries, there was a drastic decrease in the growth of the most abundant vermetid species in Brazil (*Petalochus (Macrophragma) varians*), verified in south and southeast coast and attributed to a cooling of coastal waters. Geochronological, isotopic and morphological characterization of fossil vermetids found in Guarapari, south-central coast of Espírito Santo – Brazil, aimed to contribute to the understanding of these issues. In the absence of vermetids living, polychaete *Phragmatopoma sp.* was admitted to live in the same ecological niche and used as reference level. The curve obtained for the variation of RSL in Espírito Santo is consistent with those presented for other portions of southeastern and northeastern Brazil, with a maximum around 4.0m reached about 5700 years ago, and subsequent fall to present days. Morphologically, the older samples are constituted by a greater amount of interstitial material, fewer pores and most frequent calcite layers around aragonite shells. This trend can be attributed to longer exposure to weathering agents responsible for filling and gradual cementation of bio-construction. Concerning the isotopic characteristics, the tendency found is heavy isotope enrichment with time, which apparently evidences cooler coastal waters due to an increasing influence of Brazilian Coastal Current, in the last 6000 years.

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

Vermetídeos em costões rochosos de Guarapari, ES: contribuição para o estudo do nível relativo do mar e da circulação marinha no Holoceno

Sumário

1. Introdução	1
2. Metas e objetivos	1
3. Síntese bibliográfica	2
3.1. Caracterização da área de estudo	2
3.1.1. Localização	2
3.1.2. Aspectos climáticos	3
3.1.3. Geomorfologia e geologia	4
3.2. A família Vermetidae	7
3.3. Zoneamento biológico na costa brasileira	9
3.4. Circulação costeira e oceânica, dinâmica climática e composição isotópica	13
4. Atividades realizadas: materiais e métodos	15
4.1. Embasamento metodológico	15
4.1.1. Uso de vermetídeos na reconstituição do nível relativo do mar	15
4.1.2. Calibração dos resultados de datação por ^{14}C	17
4.1.3. Isótopos estáveis de oxigênio em carbonatos	17
4.2. Atividades de campo	18
4.2.1. Descrição e orientação espacial dos locais de coleta	19
4.2.2. Nivelamento dos vermetídeos fósseis	20
4.2.3. Amostragem	21
4.3. Atividades laboratoriais	22
4.4. Tratamento de resultados	25
4.4.1. Informações de campo	25
4.4.2. Resultados analíticos laboratoriais	25
5. Apresentação e discussão de resultados	26
5.1. Resultados de campo	26
5.1.1. Características gerais das praias e costões	26
5.1.2. Zoneamento biológico	26
5.1.3. Características gerais dos vermetídeos	28
5.1.4. Descrição dos locais de amostragem	29
5.1.5. Distribuição espacial das ocorrências de incrustações	40
5.1.6. Orientação do costão rochoso	43
5.2. Análise mineralógica por difração de raios X	44
5.3. Análise geocronológica	45
5.4. Observação à lupa binocular	48
5.5. Análise petrográfica	51
5.6. Microanálise morfológica ao MEV/EED	59
5.7. Análise isotópica	66
5.8. Análise granulométrica	71
6. Conclusões	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa geológico de Guarapari (ES), contendo as principais toponímias...	3
Figura 2. Distribuição mundial atual da família Vermetidae...	7
Figura 3. Zoneamento biológico na plataforma continental brasileira...	11
Figura 4. Zoneamento biológico nos costões rochosos do Brasil ...	11
Figura 5. Relação da zona de Vermetidae com o topo da zona do <i>Phragmatopoma</i> ...	12
Figura 6. Localização dos arcos praias amostrados, com indicação do tipo de material...	19
Figura 7. Critérios para medida da orientação relativa do ponto de fixação...	20
Figura 8. Nivelamento dos vermetídeos fósseis em relação ao <i>datum</i> biológico...	21
Figura 9. Perfil obtido a partir do zoneamento biológico realizado, considerando...	27
Figura 10. Distribuição percentual, por praia estudada, de amostras de vermetídeos...	28
Figura 11. Localização da praia de Setiba e do costão adjacente do morro do Cruzeiro...	29
Figura 12. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos coletadas...	30
Figura 13. Localização de costões com vermetídeos fósseis junto à praia das Conchas...	31
Figura 14. Locais de amostragem em costões da praia das Conchas, localidade...	31
Figura 15. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos coletadas...	32
Figura 16. Localização da praia do Ermitão, na face leste do costão rochoso...	33
Figura 17. Locais de amostragem no costão a norte na praia do Ermitão...	34
Figura 18. Locais de amostragem no costão a sul na praia do Ermitão...	34
Figura 19. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos fósseis...	35
Figura 20. Localização da praia do Diabo, na face oeste do costão rochoso do morro...	36
Figura 21. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos fósseis...	36
Figura 22. Localização da praia dos Padres. Notar o embaçamento local...	37
Figura 23. Locais de amostragem no costão a NE da praia dos Padres...	38
Figura 24. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos fósseis...	39
Figura 25. Ocorrência de bioconstruções justapostas, em forma de montículo...	39
Figura 26. Aspecto da foliação metamórfica de alto ângulo (mergulho para E)...	40
Figura 27. Aspecto da foliação metamórfica em baixo ângulo...	41
Figura 28. Fendas sub-verticais geradas em zona de contato entre pegmatito...	42
Figura 29. Grutas em rochas dos costões de Guarapari, associadas à intersecção...	42
Figura 30. Classificação dos pontos de fixação das incrustações carbonáticas...	43
Figura 31. Histograma circular para os rumos de mergulho das superfícies...	43
Figura 32. Rumos normais aos costões de coleta voltados para o mar...	44
Figura 33. Curva de variação do NRM para a região de Guarapari...	46
Figura 34. Envelope do nível do mar e reconstrução do paleonível do mar...	47
Figura 35. Curvas de variação do nível do mar para os últimos 6000 anos...	47
Figura 36. Envelope do nível do mar para a região entre Pernambuco e Paraná...	48
Figura 37. Conchas de vermetídeos da amostra ER-A, observadas sob luz refletida...	49
Figura 38. Grãos de material clástico, principalmente terrígeno, aglutinados...	49

Figura 39. Tipos de preenchimento, distintos quanto a cor e textura, e...	50
Figura 40. Diversos formatos de conchas observados ao microscópio...	52
Figura 41. Diversidade de formato das algas vermelhas associadas...	53
Figura 42. Placa de equinoderma rósea caracterizada pelo padrão microperfurado...	53
Figura 43. Material clástico (principalmente terrígeno) presente na amostra...	54
Figura 44. Tipos de porosidade observados: a) interconchas (amostra SET-9)...	55
Figura 45. Visão geral das lâminas da amostra de cota relativa mais alta...	57
Figura 46. Visão geral da lâmina da amostra de cota intermediária (3,1-4,0m)...	58
Figura 47. Visão geral da lâmina da amostra de cota intermediária (2,1-3,0m)...	58
Figura 48. Visão geral das amostras analisadas ao MEV, em imagens de elétrons...	60
Figura 49. Eletromicrografias de MEV, detector de elétrons secundários...	61
Figura 50. Eletromicrografias de MEV, detector de elétrons secundários...	62
Figura 51. Material micrítico, caracterizado por agregado aparentemente caótico...	63
Figura 52. Eletromicrografia de MEV, detector de elétrons secundários...	63
Figura 53. Detalhe dos microespatos romboédricos de calcita...	64
Figura 54. Capa de microespatos romboédricos ocos de calcita, formando...	64
Figura 55. Capa calcítica espessa na amostra de cota superior (ER-A)...	65
Figura 56. Conchas de vermetídeo revestidas por incrustação com textura...	65
Figura 57. Detalhe das microcavidades de provável alga vermelha...	66
Figura 58. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{18}\text{O}$ e cota relativa...	67
Figura 59. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{18}\text{O}$ e idade ^{14}C calibradas...	68
Figura 60. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{18}\text{O}$ e idades ^{14}C calibradas...	69
Figura 61. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{13}\text{C}$ e cota relativa...	70
Figura 62. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{13}\text{C}$ e idade ^{14}C ...	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da datação AMS ^{14}C das 11 amostras de vermetídeos...	46
Tabela 2. Estatísticas descritivas da distribuição granulométrica em massa...	71

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Estádios da evolução paleogeográfica para o trecho do litoral...	6
Quadro 2. Revisão dos atributos ecológicos e da distribuição geográfica...	8
Quadro 3. Distribuição das amostras de vermetídeos fósseis em cinco grupos...	23
Quadro 4. Lista de peneiras utilizadas para análise granulométrica...	25
Quadro 5. Organismos identificados no zoneamento biológico e suas biozonas...	27

1. Introdução

O uso de vermetídeos (família de gastrópodos de hábito bentônico sésil) como indicadores de paleonível do mar a partir do nivelamento e datação de suas carapaças é amplamente reconhecido por sua suposta precisão. No Brasil, apesar da existência de 142 resultados de paleonível marinho baseados em vermetídeos holocênicos (Angulo *et al.* 2006), apenas um setor costeiro, situado na Região Sul (Laguna-Imbituba, SC: Angulo *et al.* 1999), possui base de dados numerosa (mais de 20 amostras em cerca de 40 km de costa). Existe carência, portanto, de levantamentos sistemáticos detalhados deste indicador em outras regiões do país.

O interesse por estudos deste tipo extrapola a questão do paleonível do mar: nos últimos séculos, uma diminuição drástica no crescimento da espécie mais abundante até então (*Petaloconchus (Macrophragma) varians* d'Orbigny 1839) no Brasil teria culminado na extinção de seus representantes a sul de Cabo Frio, possivelmente devido a um resfriamento das águas costeiras (Angulo *et al.*, 1999). Por se tratar de animal bentônico de mar aberto, a relação de isótopos estáveis de oxigênio contidos na carapaça carbonática dos vermetídeos pode trazer informações importantes sobre variações de temperatura e proveniência destas águas e permitir inferências sobre mudanças na sua circulação.

Face a estas questões, este trabalho de formatura tem por finalidade datar e caracterizar morfológica e isotopicamente as incrustações de vermetídeos fósseis encontradas em região costeira a norte de Cabo Frio. Como área de estudo, foi escolhido o município de Guarapari, no litoral centro-sul do Espírito Santo.

2. Metas e objetivos

As variações no nível relativo do mar (NRM) na costa brasileira durante o Holoceno têm sido objeto de intensa discussão no meio acadêmico, especialmente nas últimas três décadas, quando se iniciaram as tentativas sistemáticas de reconstituição do paleonível marinho ao longo desse intervalo de tempo. O uso de vermetídeos, desde a introdução do respectivo método de zoneamento biológico por Van Andel & Laborel (1964), vem-se constituindo na principal ferramenta para inferência dessas variações; em paralelo, análises de $\delta^{18}\text{O}$ nas carapaças deste gastrópode têm-se mostrado fonte de dados promissora para contribuir com os modelos sobre mudanças recentes na composição isotópica e, por extensão, na temperatura das águas costeiras (Angulo *et al.* 1999, Giannini 2007, Fornari *et al.*

2008), com possíveis implicações no entendimento de variações climáticas em escala regional.

O presente trabalho de formatura propõe-se a contribuir para o melhor entendimento dos vermetídeos como ferramenta para interpretações paleoclimáticas e de variações no nível do mar, priorizando as seguintes metas: 1. estabelecer correlações com estudos prévios realizados em diferentes regiões do Brasil no que diz respeito às variações do paleonível marinho durante o Holoceno; 2. verificar a possibilidade de inferir mudanças de circulação costeira ou aporte hídrico na costa sul-sudeste, integradas a alterações climáticas regionais.

Perante o problema científico e as metas colocadas, os objetivos específicos estabelecidos no plano inicial foram: 1. analisar a composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$) das carapaças carbonáticas de espécimes de vermetídeos em diferentes costões rochosos do município de Guarapari (Estado do Espírito Santo) e avaliar sua variação espacial; 2. obter uma curva de variação de NRM e de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$, nos últimos 5 a 6 mil anos, para o Espírito Santo, se possível com quantidade de dados igual ou maior à reunida a sul (costa de Santa Catarina) por Angulo *et al.* (1999); 3. examinar possíveis variações de morfologia e constituição das carapaças de vermetídeo em função da idade da bioconstrução; 4. integrar os dados resultantes dos objetivos anteriores, tendo em vista a elaboração de um modelo de mudança do padrão de circulação ou fonte das águas costeiras no Holoceno superior e de possíveis alterações climáticas associadas.

3. Síntese bibliográfica

3.1. Caracterização da área de estudo

3.1.1. Localização

O município de Guarapari situa-se aproximadamente 50 km a sul da capital do estado, Vitória, entre as latitudes 20°35' – 20°45'S e as longitudes 40°35' - 40°22'30"W (Figura 1).

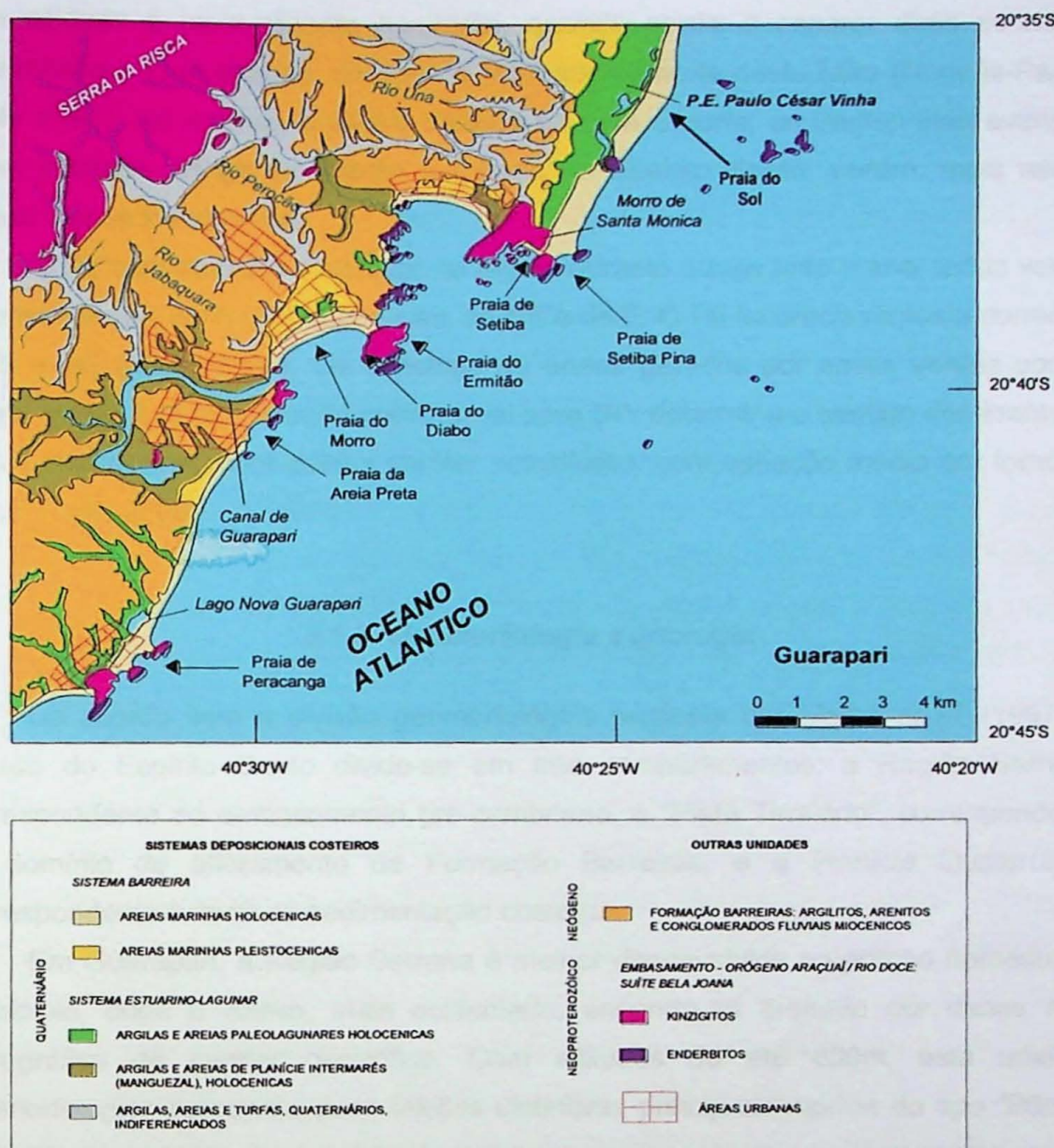


Figura 1. Mapa geológico de Guarapari (ES), contendo as principais toponímias citadas neste trabalho. Baseado em Martin *et al.* (1996), Nascimento (2004) e Silva *et al.* (2004).

3.1.2. Aspectos climáticos

A separação transicional entre as áreas de influência das massas de ar Equatorial (Ea) e Tropical Atlântica (Ta), ao norte, e Tropical Atlântica e Polar Atlântica (Pa), ao sul, define uma faixa semi-permanente NW-SE de condensação e nebulosidade, que intercepta a costa brasileira na Região Sudeste (Monteiro 1973, Satyamurti *et al.* 1998). Esta faixa, relacionada à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), define aproximadamente o máximo alcance médio das frentes frias, zonas de baixa pressão e instabilidade formadas no encontro da Pa com a Ta. Devido à influência sazonal das monções de NW e à trajetória mais oceânica da Pa, a faixa de

nebulosidade é mais atuante no verão, quando passa a separar duas zonas de pluviosidades contrastadas: chuvosa a sul e seca a norte desta faixa (Nogués-Paegle & Mo 1997). No inverno, a ZCAS desloca-se para o norte; as frentes frias avançam mais, podendo atingir facilmente o Estado do Espírito Santo, porém, mais secas, geram menos instabilidade.

A Ta, com atuação constante na região durante quase todo o ano, induz ventos e consequentes correntes superficiais de NE e de E. O Pa favorece ventos e correntes de S e SE (Maia, 2006). Os sistemas de ondas gerados por esses ventos podem atingir quase 2 m, e a direção preferencial para SW determina o sentido dominante da deriva litorânea. A maré possui caráter semidiurno, com variação média em torno de 82 cm (DHN 2009).

3.1.3. Geomorfologia e geologia

De acordo com a divisão geomorfológica proposta por Martin *et al.* (1997), o Estado do Espírito Santo divide-se em três compartimentos: a Região Serrana, correspondente ao embasamento pré-cambriano, o "Platô Terciário", correspondente ao domínio de afloramento da Formação Barreiras, e a Planície Quaternária, correspondente à zona de sedimentação costeira.

Em Guarapari, a Região Serrana é melhor desenvolvida na porção noroeste do município, onde o relevo, mais acidentado, encontra-se drenado por densa rede hidrográfica de caráter dendrítico. Com altitudes de até 800m, esta unidade geomorfológica apresenta duas feições distintivas principais: morros do tipo "Pão de Açúcar", desprovidos de vegetação por inteiro ou nas escarpas mais abruptas, porém sempre com manto raso de intemperismo; e morros menores de topografia branda, recobertos por solos vermelhos profundos (métricos), com escarpas ligadas à reativação de falhas no Cenozóico (Coutinho 1962).

O "Platô Terciário" caracteriza-se por formas tabulares ("tabuleiros") de até poucas dezenas de metros de altitude, com superfície suavemente inclinada para o mar. Possui ampla rede de vales subparalelos, com até vários quilômetros de extensão e centenas de metros de largura, de morfologia dendrítica. No fundo aplainado destes vales, desenvolve-se vegetação pantanosa (arbustos e plantas higrófilas). Eles encontram-se preenchidos por lagos ou drenados por cursos de água de porte muito reduzido (até pouco mais de uma dezena de metros de largura) em relação a sua largura total. A partir desta relação, Martin *et al.* (1983) interpretaram

que estes vales teriam sido escavados em condições climáticas e de NRM diferentes das atuais.

A Planície Quaternária é a mais baixa (menos de 12m) e mais estreita (até 1km de extensão) dentre as três unidades geomorfológicas reconhecidas na região. Encontra-se entremeada por elevações decamétricas esparsas de rochas do embasamento e/ou remanescentes do Platô "Terciário", que por vezes subdividem, na forma de costões, praias do tipo "bolso". Apresenta-se, na região de Guarapari, melhor desenvolvida próximo a desembocaduras de rios de porte pequeno (Ubu, Jabaquara etc). Possui cobertura vegetal abundante, de restinga, composta principalmente por arbustos e plantas psamófitas e xerófitas (Nascimento, 2004).

No que tange à geologia regional, a área pode ser dividida em dois tipos de terrenos quanto à idade, correlacionáveis aos compartimentos geomorfológicos previamente citados: os quaternários e os pré-quaternários, estes últimos por sua vez subdivididos em embasamento pré-cambriano e sedimentos da Formação Barreiras (Martin *et al.* 1997).

O embasamento pré-cambriano local é composto basicamente por rochas metamórficas, principalmente kinzigitos do Complexo Paraíba do Sul (Liandrat 1972, Silva & Ferrari 1976, Machado Filho *et al.* 1983), além de ocorrências menores e melhor evidenciadas na zona costeira de enderbitos, charnockitos, noritos e gnaisses granulíticos pertencentes às suítes Bela Joana e Muniz Freire. Os kinzigitos relacionam-se às demais rochas por cavalgamentos E-W, ligados à coalescência inicial do Gondwana (Féboli, 1997), cuja foliação com forte mergulho (mais de 40°) predominantemente para E aparenta condicionar o padrão de fraturamentos e fendas evidentes nas rochas da orla costeira (Daniel R. Nascimento Jr., com. pessoal).

Suguio *et al.* (1982, 1985, 1988) e Martin *et al.* (1987) estendem ao Espírito Santo a presença de registros deposicionais dos dois níveis do mar quaternários mais altos que o atual, por eles identificados previamente em outras áreas das regiões Sul, Sudeste e Nordeste. O primeiro destes níveis, de 8 ± 2 m acima do presente, é representado por terraços arenosos atribuídos ao interglacial de aproximadamente 120 mil anos atrás. O segundo, de até 4 ± 1 m e aproximadamente 5100 anos AP segundo aqueles autores, é registrado no estado não somente por terraços arenosos, mas também por depósitos lagunares e bioconstruções de algas, corais e vermetídeos. Em modelo de evolução paleogeográfica proposto para o litoral do Brasil entre Alagoas e Rio de Janeiro, Martin *et al.* (1983) reconhecem sete estádios evolutivos, cujo sumário encontra-se apresentado, com modificações, no Quadro 1.

Quadro 1. Estádios da evolução paleogeográfica para o trecho do litoral brasileiro entre Macaé (RJ) e Maceió (AL), modificados de Martin *et al.* (1983).

Estádio evolutivo	Nível relativo do mar (NRM) e/ou linha de costa	Sedimentação/Erosão	Feição morfológica na região de Guarapari (ES)
Estádio 1	NRM mais baixo que o atual	Sedimentação correspondente à Fm. Barreiras: formação de amplas faixas de leques aluviais e depósitos fluviais e costeiros, cujos sedimentos cobriram a plataforma continental por completo.	Terraços areno-argilosos de até 25m de altura
Estádio 2	NRM mais alto que o atual	Erosão da porção externa da Fm Barreiras, com provável esculpimento de falésias (posteriormente erodidas).	Fase não representada no registro atual
Estádio 3	Fase regressiva subsequente à máxima inundação do Estádio 2	Sedimentação de leques aluviais no sopé das escarpas esculpidas sobre a Fm. Barreiras.	Fase com evidências não conhecidas no trecho estudado
Estádio 4	NRM mais alto que o atual (transgressão de 123000 anos A.P.)	Erosão total ou parcial dos depósitos continentais do estágio anterior, com formação de nova linha de falésias na Fm. Barreira. Alagamento de vales incisos, gerando estuários e lagunas.	Falésias sobre a Fm. Barreiras, no limite interior de praias e planícies litorâneas
Estádio 5	Regressão subsequente ao Estádio 4	Construção progradacional dos terraços marinhos pleistocênicos, com tubos de <i>Callichirus</i> . Dissecção do relevo até a plataforma continental, com formação de vales incisos.	Terraços arenosos marinhos com até 10m de altura. Vales de dissecção fluvial dendrítica com até 10m de profundidade.
Estádio 6	NRM mais alto que o do Estádio 5 (transgressão holocênica)	Invasão do mar sobre o relevo dissecado. Desenvolvimento de ilhas-barreiras, com sistemas lagunares à retaguarda, ou de estuários.	Barreira arenosa de até 4m de altitude, na região da praia do Sol
Estádio 7	NRM mais alto que o atual, declinante	Construção de terraços marinhos holocênicos ancorados em terraços anteriores, falésias da Fm. Barreiras ou no embasamento cristalino. Transformação gradual das lagunas em lagos de águas doce e finalmente em pântanos, favoráveis a formação de turfeiras.	Assoreamento da paleolaguna à retaguarda da barreira arenosa da praia do Sol

Ainda no que diz respeito aos depósitos quaternários, encontram-se, também no litoral do Espírito Santo, sedimentos continentais (aluviais, coluviais e eólicos), depósitos clásticos com cimentação carbonática (*"beach-rocks"*), areias lamosas do substrato de manguezais e carbonatos marinhos e lagunares. Dentre estes, destacam-se na região de Guarapari os depósitos associados a manguezais, cujo maior desenvolvimento local se relaciona à maior extensão do sistema paleoestuarino-lagunar, os *beach-rocks*, visíveis por exemplo nas praias de Peracanga e do Morro, e os carbonatos bioconstruídos, correspondentes às crostas desenvolvidas por algas, corais e vermetídeos em costões rochosos ou sobre os depósitos da Fm. Barreiras.

3.2. A família Vermetidae

Grupo de gastrópodes surgido durante o Eoceno, a família Vermetidae encontra-se em áreas tropicais e subtropicais, tendo ocorrência relatada principalmente em águas rasas e quentes com salinidade normal, da zona entremarés (Vescogni *et al.* 2008). Desse modo, sua distribuição geográfica é limitada entre as latitudes 44°N e 44°S (Safriel 1975 *apud* Oliveira, 2007: Figura 2). Em termos morfológicos, distingue-se de outros gastrópodes pela concha aderida ao substrato, regular ou irregularmente espiralada, e que no indivíduo adulto assume o formato de um tubo.

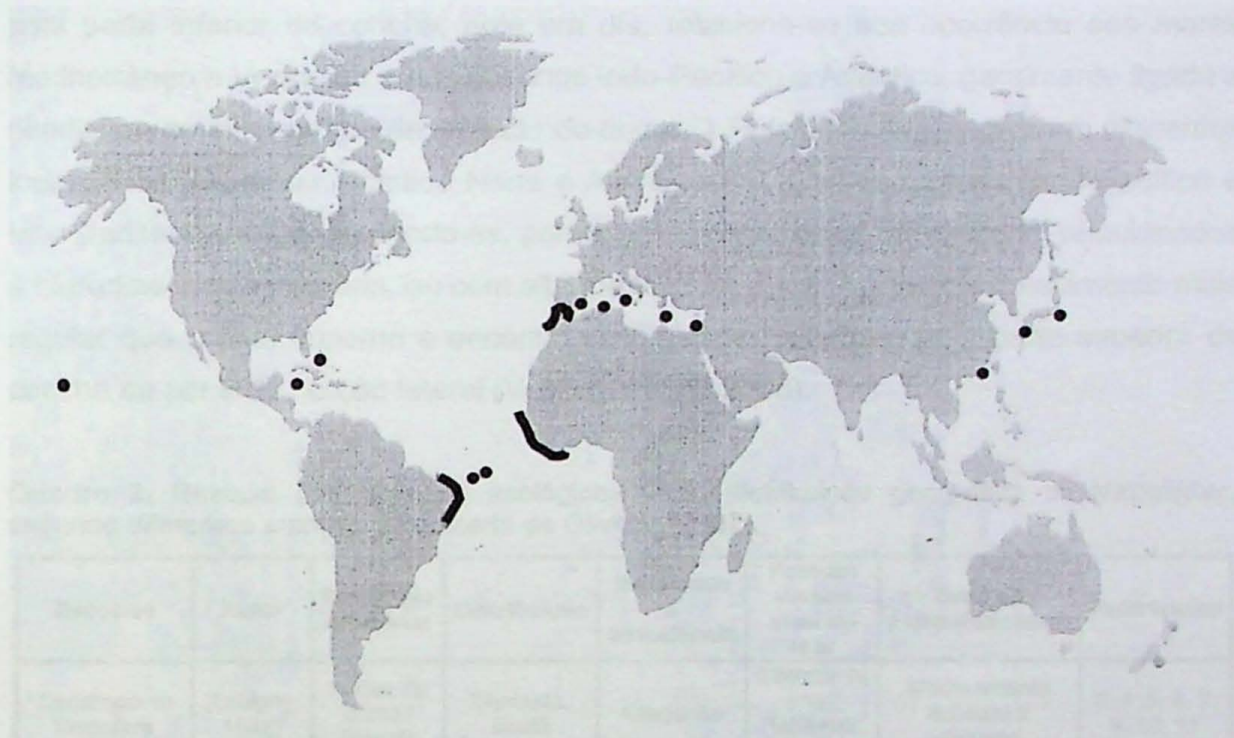


Figura 2. Distribuição mundial atual da família Vermetidae. Extraído de Oliveira (2007).

As conchas de vermetídeos apresentam-se frequentemente cimentadas umas às outras e formando rígidas estruturas incrustadas no substrato rochoso, onde podem associar-se com corais e algas calcárias (Oliveira 2007). Tais estruturas atendem à definição mais geral de recifes (bioconstruções atadas ao fundo, resistentes a ondas e correntes: James 1976), com grande variedade de formas e tamanhos (milimétricos a centimétricos) de concha, cuja composição original é aragonítica. O padrão e a taxa de crescimento variam na dependência de fatores como forma e rugosidade do substrato, condições hidrodinâmicas e competição entre espécies. Em geral, as conchas apresentam-se com eixo de espiralamento perpendicular ao substrato (Shier 1969 *apud* Oliveira 2007). Possuem grande resistência à erosão biológica, exceto quando

em populações com poucos indivíduos. Podem, porém, ter a parte inferior destruída e em seguida reconstruída com orientação diferente, como resposta a obstáculos físicos impostos durante o crescimento e/ou a mudanças ambientais (Laborel 1996).

A família dos vermetídeos subdivide-se em quatro gêneros principais *Vermetus*, *Serpulorbis*, *Petalconchus* e *Dendropoma*, os dois últimos com destaque como construtores de recifes e foco de interesse deste projeto devido a sua importância como indicadores do paleonível marinho. No Brasil, estes gêneros são representados pelas espécies *Dendropoma irregulare* e *Petalconchus varians* (Quadro 2) (Laborel 1986). O *Dendropoma* pode ser reconhecido pelo seu comportamento quanto à fixação, já que cresce parcialmente embutido no substrato pela parte inferior da concha; hoje em dia, relaciona-se sua ocorrência aos mares Mediterrâneo e Vermelho e aos oceanos Indo-Pacífico e Atlântico, geralmente ligada a condições de alta energia de impacto de onda. O *Petalconchus* ocorre em diferentes localidades (Oceanos Atlântico Norte e Atlântico Sul, Caribe, Oceano Indo-Pacífico e Mar Mediterrâneo), estendendo-se, porém a *habitats* menos energéticos, relacionados à hidrodinâmica moderada, ou com alta turbidez da água. Apresenta crescimento mais regular que o *Dendropoma* e encontra-se preso ao substrato pela parte superior da concha ou por toda porção lateral (Vescogni *et al.* 2008).

Quadro 2. Revisão dos atributos ecológicos e da distribuição geográfica de Vermitidae, segundo diferentes autores. Modificado de Oliveira (2007).

Espécies	Autor	Estratégia alimentar	Distribuição	Densidade e abundância	Posição versus nível do mar	Grau de hidrodinamismo	Referências
<i>Dendropoma irregulare</i>	(Orbigny, 1842)	Redes de muco / filtração	Bermuda, Brasil	Gregários	Intermarés (mas também até +2 m)	Moderamente exposto a exposto	3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11
<i>Petalconchus varians</i>	(Orbigny, 1841)	-	Brasil	-	Intermarés inferior	-	1, 2, 6, 7, 8, 13
<i>Serpulorbis decussatus</i>	(Gmelin, 1971)	Redes de muco / filtração	Brasil	-	Intermarés	-	12

Referências bibliográficas: [1] Abbott (1974), [2] Angulo *et al.* (1999), [3] Calvo *et al.* (1998), [4] Focke (1977), [5] Jonas & Hunter (1996), [6] Kempf & Laborel (1968), [7] Laborel (1977), [8] Laborel & Delibrias (1976), [9] Morton (1965), [10] Safriel (1974), [11] Safriel (1975) [12], Simone (2001), [13] Verdinelli & Verdinelli (1996)

Os recifes de vermetídeos ocorrem geralmente restritos a uma estreita região de menos de 0,5m de largura vertical, possibilitando sua utilização como indicadores de paleonível do mar e potenciais marcadores para estudos paleoceanográficos, e, por extensão, paleoclimáticos, a partir de análises isotópicas de suas conchas carbonáticas (Oliveira 2007). Tais aplicações já foram documentadas em diversas regiões do mundo como: Bermudas (Stephenson & Stephenson 1954), Curaçao (Focke 1977) e Gran Cayman (Jones & Hunter 1995), no Atlântico tropical; Senegal

(Laborel e Delibrias 1976), no leste do Atlântico; Brasil (Martin *et al.* 1997; Angulo *et al.* 1999), no Atlântico ocidental; Sul da Itália (Vescogni *et al.* 2008), no Mediterrâneo; e Hawaí (Hadfield *et al.* 1972), no Pacífico norte.

No último milênio, os vermetídeos desenvolveram-se ativamente na costa brasileira, com dominância da espécie *Petaloconchus (Macrophragma) varians* (Laborel 1977). Porém, atualmente, poucos são os casos onde se encontra o *Petaloconchus* vivo; aparentemente, um declínio no crescimento destes vermetídeos culminou na extinção populacional da espécie, especialmente na região a sul de Cabo Frio (Angulo *et al.* 1999). Na Região Sudeste, há informações de apenas dois locais nos quais se encontram espécimes vivos de vermetídeos: Angra dos Reis (Moysés *et al.*, 2007) e Armação de Búzios. No primeiro caso, a espécie é considerada bioinvasora (de rápida ocupação e distribuição restrita) e oportunista, já que se desenvolveu nas imediações das usinas nucleares, onde a descarga no mar das águas de resfriamento das turbinas aquece as águas costeiras (canalciencia.ibict.br, 2011). No segundo caso, em visita pessoal a Praia Azeda, foram encontrados clastos rudáceos de incrustações de vermetídeos ainda com a coloração rosada, indicativa de morte ou exposição recente; além disso, no mesmo município, espécimes vivos já foram descritos e coletados na Praia do Forno (José Carlos Sícoli Seoane, com. pessoal).

Fenômeno de extinção populacional parecido tem sido observado em regiões como o leste africano e o Caribe (Laborel 1979). No Brasil, as espécies extintas foram substituídas ou por outro vermetídeo (*Dendropoma*), ou por algas calcárias, ou pelo poliqueta de hábito bentônico aglutinante *Phragmatopoma lapidosa* (Angulo *et al.* 1999), o qual constrói sua morada com clastos terrígenos ou carbonáticos de granulação entre areia muito fina e grânulo. Os motivos exatos desta mudança de *taxon* no zoneamento biológico permanecem em discussão, sendo aventados fatores como variações oceanográficas (Angulo *et al.* 1999, Giannini 2007, Fornari *et al.* 2008), influência de atividades humanas, competição entre espécies e mudanças de nível do mar (Vescogni 2008).

3.3. Zoneamento biológico na costa brasileira

A expressão “zoneamento biológico”, neste estudo, é utilizada, conforme proposto por Laborel (1979), para denotar a distribuição vertical dos organismos em faixas sub-horizontais (de altura ou profundidade) paralelas entre si, como resposta a uma ou mais variáveis ecológicas. Esse autor propôs um modelo de zoneamento para a costa tropical do Brasil, entre Santos (SP) e Fortaleza (CE), em que se sucedem

quatro zonas ou estágios verticais maiores. Da mais baixa (plataforma continental) para a mais alta (costão rochoso), estas quatro zonas, baseadas na subdivisão de Molinier & Picard (1953) e Peres & Picard (1964) em outras regiões, recebem as designações de circalitoral, infralitoral, mesolitoral e supralitoral (Figuras 3 e 4). Elas podem ser descritas na costa sudeste-nordeste brasileira, conforme segue:

- ❖ *Circalitoral*: tem limite superior marcado pelo desaparecimento de *Halophila*, abaixo de aproximadamente 40 a 50m de profundidade, e estende-se costa afora até o limite de crescimento de algas bentônicas, correspondendo assim a porção mais profunda da plataforma.
- ❖ *Infralitoral*: possui distribuição vertical controlada pela variação gradual de absorção da luz pela água do mar, em função da profundidade. Apesar de seus animais e plantas serem adaptados a estarem continuamente submersos, os níveis mais altos desta zona ficam emersos durante as marés de sizígia. Assim, ela estende-se desde 0,5m acima da mais baixa das marés de sizígia até 40m de profundidade. Pode ser dividida em três subzonas, do topo para a base: alga calcária – vermetídeo, *Serpulae* – *Sargassum* e recifes de coral.
- ❖ *Mesolitoral*: submetida à alternância regular de períodos de imersão e emersão pela ação das ondas e marés. Sua largura vertical depende diretamente da amplitude de maré e da altura de arrebentação das ondas. Apresenta duas subzonas, do topo para a base, determinadas respectivamente pelos cirrípedes *Chthamalus* e *Tetraclita*, com os bivalves *Brachydontes* e *Crassostrea* ocorrendo em posição intermediária (Figura 4).
- ❖ *Supralitoral*: descrita como a zona de respingo (*splash*) ou de supramaré, é afogada apenas por ondas excepcionalmente fortes. Pode apresentar largura vertical de vários metros e ser bem desenvolvida em zonas de surfe intenso ou bem discreta em locais calmos. *Littorina zigzag brasiliensis*, um gastrópodo bentônico vágil, e crustáceos do gênero *Ligia* (barata-do-mar) são característicos desta região (Figura 4).

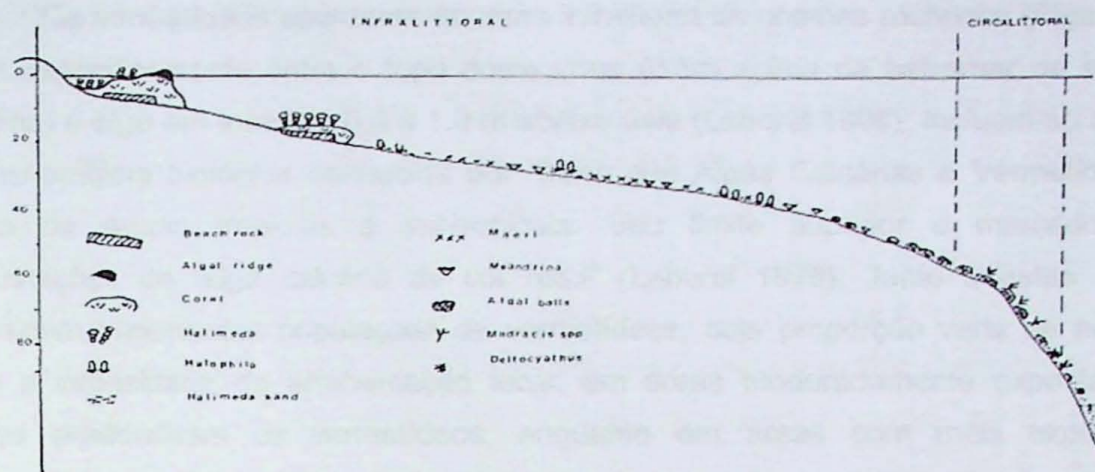


Figura 3. Zoneamento biológico na plataforma continental brasileira. Esquema extraído de Laborel (1979).

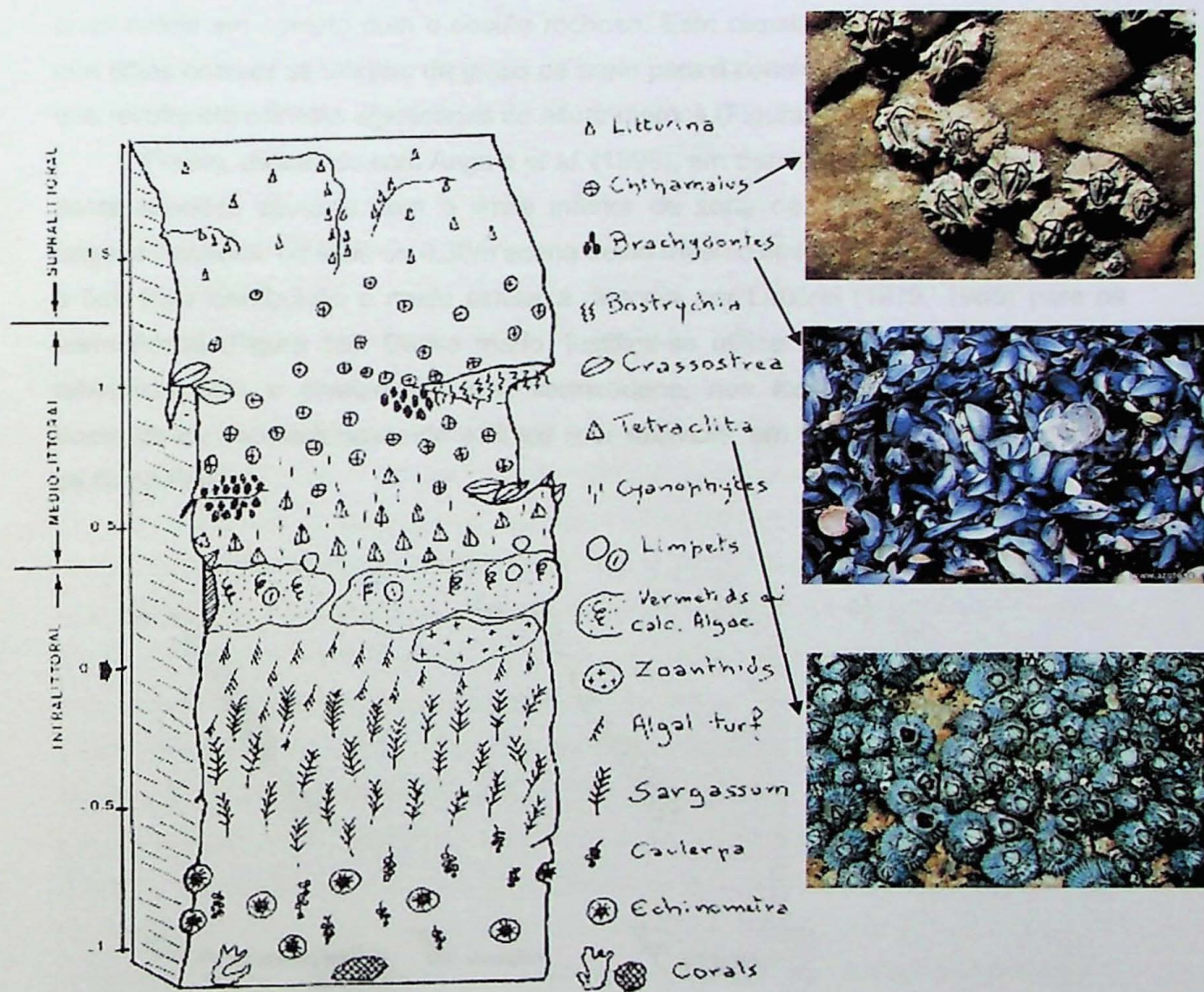


Figura 4. Zoneamento biológico nos costões rochosos do Brasil. Desenho esquemático, à esquerda, extraído de Laborel (1979).

Os vermetídeos aparecem na zona infralitoral de costões rochosos (Figura 4), mais especificamente entre o topo desta zona (0,5m acima da baixamar de sizígia mínima) e algo em torno de 0,3 a 1,0 m abaixo dele (Laborel 1996). Incluem-se assim na assembleia biológica conhecida por "Zona das Algas Calcárias e Vermetídeos", típica de águas tropicais a subtropicais. Seu limite superior é marcado por incrustações de "alga calcária de cor rosa" (Laborel 1979). Junto a estas algas aparecem importantes populações de vermetídeos, cuja proporção varia de acordo com a intensidade da arrebentação local: em áreas moderadamente expostas às ondas predominam os vermetídeos, enquanto em áreas com mais exposição prevalecem as algas. Na zona inferior à dos vermetídeos, ainda segundo Laborel (1979), podem aparecer anelídeos do gênero *Phragmatopoma*, desde que a areia da praia esteja em contato com o costão rochoso. Este requisito está ligado ao fato de que estes animais se utilizam de grãos de areia para a construção de suas moradas, o que resulta em colônias aglutinadas de altura métrica (Figura 5a).

Porém, de acordo com Angulo *et al.* (1999), em Santa Catarina o limite superior deste anelídeo coincide com o limite inferior de zona de *Tetracrita*, na região de Laguna-Imbituba; ou situa-se 0,30m acima deste mesmo limite, em Itapoá (Figuras 5b) e 5c). Esta distribuição é muito similar à descrita por Laborel (1979, 1986) para os vermetídeos (Figura 5a). Desse modo, justifica-se utilizar o *Phragmatopoma* como referência para o nivelamento dos vermetídeos, nos locais onde estes estejam ausentes ou populacionalmente extintos (por exemplo, em maior parte da área a sul de Cabo Frio).

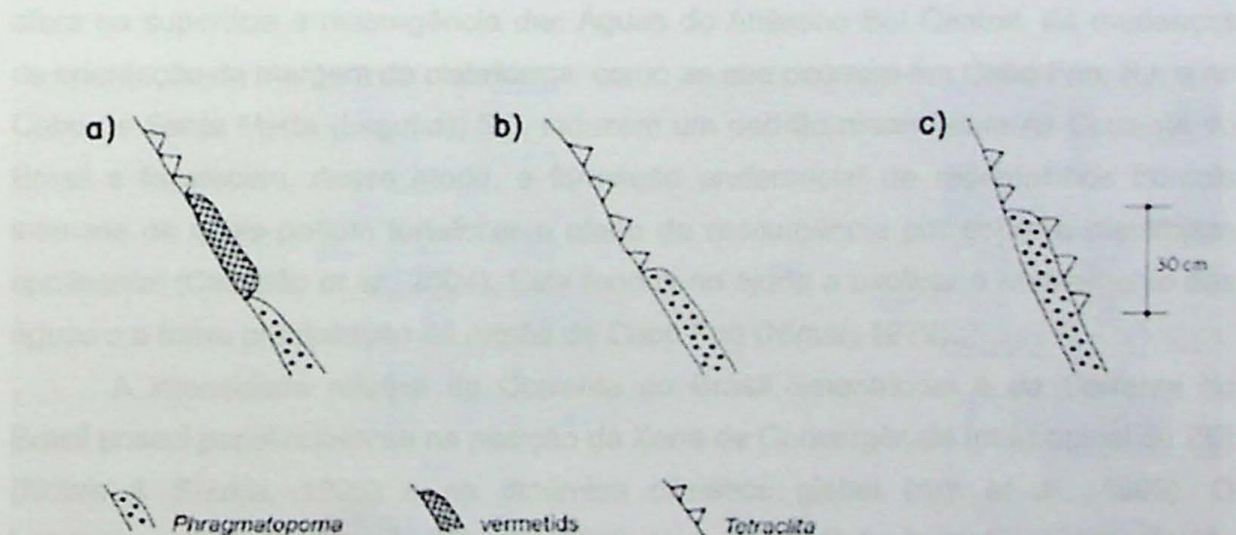


Figura 5. Relação da zona de Vermetidae com o topo da zona do *Phragmatopoma* e o limite inferior da zona de *Tetracrita*: a) na costa brasileira, segundo Laborel (1979); b) na região de Laguna-Imbituba, SC, segundo Angulo *et al.* (1999); c) em Itapoá, SC, segundo Angulo *et al.* (1999). Extraído de Angulo *et al.* (1999).

3.4. Circulação costeira e oceânica, dinâmica climática e composição isotópica

Dinâmica climática e circulação oceânica são interatuantes e intimamente relacionadas, na faixa oriental brasileira. A energia de atuação da Massa Equatorial Atlântica e dos alísios de SE determina a intensidade da Corrente Oceânica Sul-Equatorial e de suas ramificações na margem da plataforma continental nordestina, a Corrente do Brasil, rumo SW, e a Corrente do Brasil Setentrional, rumo NW (Richardson & Walsh, 1986). A Corrente do Brasil Setentrional é mais intensa em profundidade que em superfície, com transporte máximo associado à máxima intensidade dos ventos de SE, no inverno austral.

Da latitudes 0 para a 20°S, à medida que se passa de zona de domínio da Corrente do Brasil Setentrional para zona de domínio da Corrente do Brasil, a temperatura das águas superficiais cai, enquanto salinidade e $\delta^{18}\text{O}$ aumentam (Arz *et al.*, 1999). A sazonalidade torna-se menos acentuada e a estrutura termo-halina das águas melhor definida. Águas Tropicais, mais salinas na base (>3,7%), ocorrem na plataforma e talude superior, passando oceano afora a Águas do Atlântico Sul Central, sobre Águas Intermediárias Antárticas com fluxo para norte, estas caracterizadas por menor salinidade (3,4%) e maior teor de oxigênio. A salinidade das águas superficiais passa a cair a sul da latitude aproximada 20°S, mas o $\delta^{18}\text{O}$ mantém tendência ascendente de variação (Arz *et al.*, 1999).

No Sul-Sudeste, os ventos de NE, especialmente no verão, promovem circulação transversal à margem da plataforma caracterizada por transporte costa afora na superfície e ressurgência das Águas do Atlântico Sul Central. As mudanças de orientação da margem da plataforma, como as que ocorrem em Cabo Frio, RJ, e no Cabo de Santa Marta (Laguna), SC, induzem um padrão meandrante na Corrente do Brasil e favorecem, desse modo, a formação preferencial de redemoinhos frontais intensos os quais podem fortalecer o efeito da ressurgência por sobre a plataforma continental (Castelão *et al.*, 2004). Este fenômeno ajuda a explicar o resfriamento das águas e a baixa precipitação na região de Cabo Frio (Nimer, 1979).

A intensidade relativa da Corrente do Brasil Setentrional e da Corrente do Brasil possui papel relevante na posição da Zona de Convergência Intertropical ou ZCI (Nobre & Shukla, 1996) e na dinâmica climática global (Arz *et al.*, 1999). O fortalecimento dos ventos de SE e da Corrente do Brasil Setentrional, às expensas da Corrente do Brasil, intensifica a circulação termo-halina entre os hemisférios sul e norte. Por outro lado, mantém elevado o gradiente termo-halino entre o Norte-Nordeste e o Sul-Sudeste do Brasil. Essa seria a situação de circulação termo-halina normal, dominante durante o Holoceno. Já em situação de eventos Heinrich e Bond, o

resfriamento do Hemisfério Norte empurra o calor e a umidade para as médias latitudes do Hemisfério Sul (Cruz *et al.*, 2005) e aquece as águas superficiais na margem continental do Nordeste brasileiro (Arz *et al.*, 1998, 1999). O efeito do degelo exercido no Hemisfério Norte pela Corrente do Brasil setentrional aquecida intensifica os ventos de NE, aumenta a Corrente do Brasil e desfavorece assim a circulação entre hemisférios, com deslocamento da ZCI para sul. Em contraposição, ocorre circulação termo-halina entre o Norte-Nordeste e o Sul-Sudeste do país (Arz *et al.*, 1999, Weldeab *et al.*, 2006). O fortalecimento dos ventos de NE propiciaria também a intensificação da ressurgência nas zonas de mudança de orientação da linha de costa.

Na plataforma continental, as correntes são originadas pela diluição das águas oceânicas do limite oeste das correntes do Oceano Atlântico (Piola *et al.*, 2000). Desta maneira, a estruturação das massas costeiras é intimamente relacionada à oceânica de costa afora em termos de composição isotópica e salinidade. Piola *et al.* (2000) descrevem duas massas de água principais nessa área: Águas Plataformais Subantárticas, predominantes a sul da latitude 33°S e originadas da diluição das Águas Subantárticas pelo alto nível de precipitação e *runoff* continental no sudeste do Oceano Pacífico, e Águas Plataformais Subtropicais, predominantes a norte de 33°S, originadas das Águas do Atlântico Sul Central diluídas pelo *runoff* continental na costa brasileira. Estas massas são separadas pela Frente Subtropical Plataformal (FSP), orientada N-S, e que aparenta ser uma extensão da Confluência Brasil-Malvinas (CBM) devido a sua posição e características termo-halinas.

Na camada superficial destas massas de água plataformais, descargas continentais, principalmente a Pluma do Rio de La Plata (34°S), exercem forte influência, sobretudo em termos de salinidade. Durante o inverno, esta pluma de baixa salinidade pode avançar para norte até 28°S, impulsionada por variações na força dos ventos atuantes junto à costa (Piola *et al.*, 2005).

Dados de satélite interpretados por Souza *et al.* (2004), mostram uma corrente costeira, na direção oposta da Corrente do Brasil, chegando até 24°S, alimentada tanto pelas Águas Plataformais Subantárticas quanto pelas Águas Subtropicais, transportadas pela CB, por mistura lateral. Esta corrente foi chamada por estes mesmo autores de Corrente Costeira do Brasil (CCB), e a intrusão de suas águas mais frias deve caracterizar um fenômeno regular nos invernos, chegando até os 25°S.

Assim como a CBM apresenta mudanças na sua posição de acordo com o alcance a sul da Corrente do Brasil (CB) e a norte da Corrente das Malvinas (CM), é possível que a FSP também sofra oscilações espaciais significantes, associadas às da CBM. Os principais mecanismos relacionados ao aumento do alcance da CCB cada vez mais a norte são estas variações de grande escala na FSP, ainda que a possível

influência da direção dos ventos locais precise ser melhor investigada (Souza et al., 2004). Segundo Piola *et al.* (2000), estas na FSP variações são difíceis de serem observadas em imagens de satélite, que refletem mais dinâmica das águas mais superficiais ligada a Pluma de La Plata, e não são detectáveis nos dados hidrográficos históricos. Assim, estes autores concluem que o completo entendimento destas mudanças na posição da FSP no tempo, e de suas implicações em termos de alcance a norte das águas mais frias e isotopicamente pesadas, é um assunto ainda por ser melhor estudado.

4. Atividades realizadas: materiais e métodos

4.1. Embasamento metodológico

4.1.1. Uso de vermetídeos na reconstituição do nível relativo do mar

A construção de curvas de variação do NRM tem-se mostrado essencial para o entendimento da evolução quaternária de regiões costeiras. O uso de indicadores biológicos é uma das ferramentas mais utilizadas na confecção destas curvas. Para garantir a representatividade dos restos de organismos para esse tipo de finalidade, duas premissas precisam ser observadas: (1) os fósseis devem ser analisados somente quando encontrados *in situ* e em sua posição de crescimento; e (2) devem ter condições de ser situados no zoneamento biológico atual, e especialmente em relação a seu nível de vida.

O princípio de aplicação do método é o de que a diferença de altitude entre o bioindicador fóssil e seu homólogo vivo nos dias de hoje corresponde à altura do NRM na idade determinada pela datação do fóssil por ^{14}C . Quando representantes vivos do fóssil não são encontrados, a medida deve ser feita em relação ao organismo que o substituiu na mesma zona biológica. A principal precaução a ser tomada é quanto às situações em que possa ter havido desarranjo na zonation biológica padrão, seja por excessiva exposição, seja por demasiada proteção do costão. Recomenda-se evitar, portanto, fazer coletas e medidas em blocos passíveis de deslocamento, em áreas com batimento de ondas muito forte e em piscinas formadas pela retenção da água proveniente do respingo pelas ondas (Laborel, 1979).

Durante a medição do paleonível, deve-se atentar para os erros inerentes à aparelhagem utilizada, bem como para fontes de erro ligadas ao método de nivelamento (Angulo *et al.* 1999). Em relação a este segundo aspecto, dois fatores contribuem potencialmente para o aumento da margem de erro da medição: (1) o

limite superior dos tubos fossilizados pode não corresponder ao limite superior das formações de tubos durante o período de vida daqueles organismos; (2) pode haver diferenças locais na distribuição vertical dos organismos usados como referencial, devido a alterações hidrodinâmicas atuais sem necessária correspondência com a paleo-hidrodinâmica.

A variação do NRM na costa leste brasileira tem sido tema de diversos estudos há mais de 40 anos, com mais de 1000 amostras datadas e 14 setores costeiros investigados (Angulo *et al.*, 2006). De maneira geral, identificou-se um nível máximo acima do atual para o Holoceno médio e tendência de queda subsequente até os dias de hoje. Porém, diferenças na idade e elevação deste nível máximo, na época em que este o mar elevou-se acima do atual e características da tendência de descida até o nível atual, foram observadas não apenas para diferentes setores da costa, como em diferentes estudos em um mesmo setor. Angulo *et al.* (2006) discutem as datações-chave utilizadas para a construção das curvas nos diferentes setores, e concluem que a imprecisão nos indicadores utilizados, seja no tempo ou no espaço, levou a interpretações errôneas ou inconclusivas de até 70% das amostras disponíveis que originaram as diferenças citadas.

Segundo mesmos autores, o uso de vermetídeos como indicadores do NRM no passado é a ferramenta com maior confiabilidade para reconstrução da história de variação do nível do mar. Dentre os diversos indicadores biológicos de nível do mar, os vermetídeos destacam-se pela facilidade de preservação em zonas de batimento de onda moderado, onde costumam ocorrer logo abaixo da zona do cirrípeo *Tetraclita*. Aparecem melhor preservados quando formados em fendas rochosas, naturalmente protegidas da erosão e do intemperismo superimpostos (Laborel, 1979). Vantagem adicional dos vermetídeos como indicadores de paleonível é sua pureza, seja mineralógica (composição original apenas aragonítica), fator de homogeneidade na distribuição isotópica, seja biológica, isto é, dificilmente aparecem combinados, em sua zona de vida, com outras espécies. Entre estes atributos que garantem o destaque dos vermetídeos, ressalta-se ainda a sua alta precisão, que varia de 0,1m até no máximo 1m, dependendo da energia de onda e da amplitude de maré aos quais as incrustações estavam submetidas (Laborel, 1979). Angulo *et al.* (1999), sugere que a precisão utilizada seja sempre de $\pm 1m$, devido a outros erros envolvidos e já mencionados acima.

4.1.2. Calibração dos resultados de datação por ^{14}C

Os resultados da datação devem ser calibrados, para correção dos erros embutidos nas premissas do próprio método ^{14}C , conforme segue:

- Premissa 1: a relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{14}\text{C}$) é constante no tempo. Na verdade, este delta não é exatamente uma constante, o que torna necessário realizar correção por uma curva gerada pela medida da variação desta relação, ao longo do tempo, num mesmo organismo (anéis de árvore e organismos marinhos, como corais);
- Premissa 2: a relação isotópica do organismo é a mesma da atmosfera do seu tempo de vida. Esta premissa é válida para os vegetais, mas não para as carapaças de organismos marinhos, estuarinos e lagunares. As águas superficiais (zona fótica) têm menos ^{14}C que a atmosfera e, portanto fornecem idades maiores. Este efeito recebe o nome de efeito-reservatório, cujo valor quantificado é conhecido como R, o qual se baseia na concentração média mundial do ^{14}C das águas marinhas superficiais. O efeito reservatório está ligado a dois fatores: atraso das águas do mar em dissolver o CO_2 , e diluição pelas águas frias e profundas, muito pobres em CO_2 da atmosfera, via ressurgência.

4.1.3. Isótopos estáveis de oxigênio em carbonatos

Desde o trabalho pioneiro de Urey (1947), a análise da razão isotópica $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ($\delta^{18}\text{O}$) em carbonato bioclástico ou bioconstruído tem sido amplamente usada para pesquisa paleoclimática. Implicações de seu estudo vão desde variações locais de curto termo na temperatura das águas onde o organismo viveu, até variações globais segundo a sucessão de glaciais e interglaciais quaternários, cuja descoberta por Emiliani (1955) ajudou a tirar do ostracismo a teoria dos ciclos orbitais de Milankovitch.

O princípio de uso do $\delta^{18}\text{O}$ é o de que o fracionamento isotópico do oxigênio em seu meio reservatório (por exemplo, o mar) por qualquer substância que o incorpore (por exemplo, o carbonato de cálcio) é diretamente dependente da temperatura do meio (Urey 1947). Por exemplo, para o oxigênio retido no CaCO_3 , uma mudança na razão $\delta^{18}\text{O}$ de 30 a 31‰ implicaria mudança na temperatura do meio de 8 para 12°C (White 2001). Embora validada na teoria, esta premissa, na prática, não é tão simples ou diretamente aplicável quanto pode parecer. Hoje, sabe-se que o estudo paleoclimático por $\delta^{18}\text{O}$, que se vale do carbonato produzido por organismos (conchas

de foraminíferos, cefalópodos, gastrópodos, bivalves, diatomáceas etc.), leva em conta variações no fracionamento isotópico que são dependentes também da composição da água, do tipo de organismo e, em certos casos, de trocas isotópicas pós-deposicionais entre o sedimento e a água intersticial (White 2001). Além disso, o fracionamento isotópico da água do mar não depende apenas da sua temperatura, mas da taxa de retenção ou liberação do isótopo leve por parte das geleiras, durante os eventos glaciais e deglaciais, respectivamente.

Na costa centro-sul catarinense, estudos prévios com $\delta^{18}\text{O}$ em carbonato, relacionados à pesquisa da variação do NRM local em vermetídeos (Angulo *et al.* 1999), apontam para tendência de aumento do isótopo pesado, possivelmente ligada a afluxo crescente de águas frias para a região, nos últimos cinco milênios (Giannini 2007, Fornari *et al.* 2008). Na presente pesquisa, pretende-se ampliar o contexto destes estudos através dos resultados de $\delta^{18}\text{O}$ para vermetídeos na costa do Espírito Santo.

4.2. Atividades de campo

O trabalho de campo na costa de Guarapari (ES) contemplou os costões rochosos limítrofes de um total de nove praias, tendo sido encontradas e amostradas incrustações de vermetídeos junto a cinco delas (de norte para sul: Setiba, Conchas, Ermitão, Diabo e Padres). Coletaram-se também, em sete praias (Setiba Pina, Setiba, Ermitão, Diabo, Morro, Areia Preta, Peracanga), amostras de sedimento clástico e da bioconstrução utilizada como *datum* (poliqueta do gênero *Phragmatopoma*) para o nivelamento dos vermetídeos (Figura 6 e Anexos 1 e 2).



Figura 6. Localização dos arcos praias amostrados, com indicação do tipo de material coletado. Legenda: losango (♦)- incrustação de vermetídeos; quadrado (■)- incrustação de poliqueta; círculo (●)- areia de face praial.

O trabalho de campo dividiu-se em três etapas principais, descritas nos subitens a seguir.

4.2.1. Descrição e orientação espacial dos locais de coleta

A etapa inicial do trabalho de campo incluiu: localização das incrustações de vermetídeos com auxílio de GPS (Anexo 1); descrição do tipo de rocha incrustada; descrição e orientação espacial das superfícies de fixação de vermetídeos (Anexo 3); e orientação espacial do costão em que as incrustações se encontram (Anexo 3).

A orientação do ponto de fixação envolveu uma medida expedita com uso do próprio equipamento topográfico empregado para o nivelamento do vermetídeo. A medida obtida foi o rumo do mergulho da superfície de fixação do vermetídeo, quando aparente (Figura 7a). Para a orientação do costão rochoso, mediu-se o rumo normal ao costão, voltado para o mar, a partir do ponto de coleta da amostra de vermetídeo (Figura 7b).

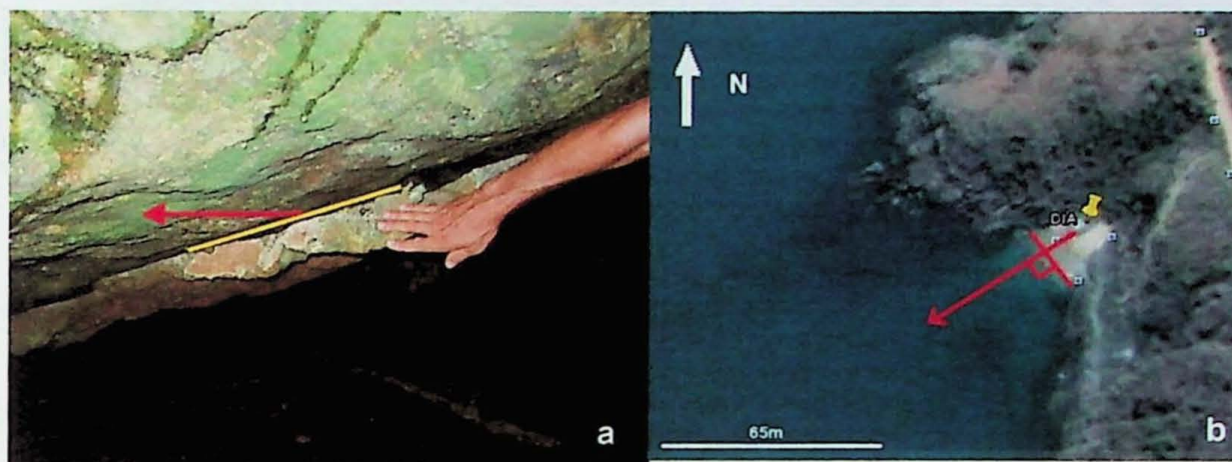


Figura 7. Critérios para medida da orientação relativa do ponto de fixação (a) e do costão com incrustação de vermetídeo (b). Em a, visto em perfil, a medida refere-se ao rumo de mergulho (seta vermelha) da superfície de fixação (traço amarelo) do vermetídeo na rocha. Em b, visto em planta, a medida refere-se ao rumo normal ao costão amostrado, voltado para o mar. a. Gruta no costão, a NE da praia dos Padres. b. Costão à retaguarda da praia do Diabo, morro da Pescaria.

4.2.2. Nivelamento dos vermetídeos fósseis

O segundo passo do trabalho de campo consistiu no nivelamento dos vermetídeos fósseis em relação a um referencial vertical fixo, com auxílio de nível topográfico de precisão milimétrica *Wild Herrbrug Nk-10*, de modo a possibilitar a reconstituição do NRM na época de vida do animal (Figura 8). Para tal procedimento, foi necessário avaliar o zoneamento biológico de animais viventes da costa de Guarapari (vide itens 3.3 e 5.1.2), e medir a altura dos vermetídeos fósseis em relação ao referencial ou *datum* biológico, definido, através deste zoneamento, como representativo do mesmo nicho de vida do vermetídeo. O *datum* encontrado no caso em estudo, representado pelo poliqueta *Phragmatopoma sp.*, é o mesmo detectado por Angulo *et al.* (1999) em Santa Catarina. O referencial das medidas de cota (paleonível) foi a linha mediana das incrustações. Procurou-se coletar os vermetídeos em diferentes cotas relativas ao *Phragmatopoma*, de modo a assegurar, nas etapas consecutivas do projeto, a obtenção de distribuição o mais regular possível de resultados de datação AMS e $\delta^{18}\text{O}$.



Figura 8. Nivelamento dos vermetídeos fósseis em relação ao *datum* biológico adotado (*Phragmatopoma* sp), com obtenção das alturas de NRM.

A medição do paleonível envolve erros inerentes à aparelhagem utilizada (de ordem de grandeza milimétrica), bem como os ligados ao método de nivelamento (vide item 4.1.1.). Em vista disso, Angulo *et al.* (1999, 2006) sugeriram que a precisão de $\pm 1,0\text{m}$ deva ser sempre considerada, o que será seguido no presente relatório. Assim, apesar da precisão milimétrica do aparelho utilizado no nivelamento, os resultados de NRM serão apresentados com apenas uma casa decimal de aproximação.

4.2.3. Amostragem

O terceiro e último passo da atividade de campo consistiu na extração de 54 amostras de conchas de vermetídeos fósseis para análises laboratoriais, com auxílio de martelo, marreta e talhadeira, sempre com cuidado para não destruir a incrustação inteira e manter assim parte do registro *in situ*, para o caso de eventuais conferências de campo posteriores. Estas amostras, com tamanho médio de 2000 cm^3 , foram retiradas da porção mediana da biozona vertical de vermetídeos fósseis, ou seja, da mesma altura utilizada no nivelamento.

Também foram coletadas, sempre que possível no centro de cada praia, sete amostras de incrustações do poliqueta *Phragmatopoma*, utilizados como referencial de nível, tendo em vista investigar a questão da ocupação atual do nicho ecológico de

vermetídeo por este animal. Este poliqueta possui hábito aglutinante. Para comparar os sedimentos aglutinados com os disponíveis no seu ambiente de vida e verificar o tipo de seletividade textural e mineralógica por ele exercida, coletaram-se também 14 amostras de sedimento clástico das praias adjacentes, duas para cada bioconstrução amostrada. Os sedimentos de praia foram coletados na zona de espreamento médio, afastados cerca de 20 m imediatamente a sul e a norte do ponto de amostragem das bioconstruções de *Phragmatopoma*.

Foram coletadas ainda amostras dos animais e plantas reconhecidos durante a descrição do zoneamento biológico dos costões, que foram acondicionadas em frascos de vidro com formol.

4.3. Atividades laboratoriais

A obtenção dos resultados em laboratório foi efetuada através dos seguintes métodos:

- 1) Identificação taxonômica: as amostras de bioconstruções de vermetídeos fósseis, do poliqueta usado como *datum* e de outros animais descritos no zoneamento biológico vertical do costão, foram submetidas à identificação taxonômica, em nível de espécie, com ajuda da consulta a atlas e coletâneas pertinentes tais como Abbott (1974), Rios (1984) e Amaral *et al.* (2006), e sob supervisão dos especialistas em invertebrados marinhos MsC. Rodrigo César Marques e Dr. Luiz Ricardo Lopes de Simone (Museu de Zoologia da USP).
- 2) Organização e classificação das amostras de vermetídeos fósseis: as bioconstruções carbonáticas foram separadas e organizadas em cinco grupos, de acordo com a altura medida em campo, relativa ao *datum* biológico adotado: 0,1 a 1,0m, 1,1 a 2,0m, 2,1 a 3,0m, 3,1 a 4,0m e >4,0m (Quadro 3).

Quadro 3. Distribuição das amostras de vermetídeos fósseis em cinco grupos, quanto à altura medida em relação às incrustações de *Phragmatopoma* vivente. Legenda: vermelho (XXX-XX) - amostras melhor preservadas. CON-X – amostras coletadas na praia das Conchas; DIA-X – amostras coletadas na praia do Diado; ER-X – amostras coletadas na praia do Ermitão; PAD-X – amostras coletadas na praia dos Padres; SET-X – amostras coletadas na praia de Setiba.

	Elevação do vermetídeo em relação ao datum biológico (m)									
	0,1-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0				3,1-4,0		>4,0	
Amostras			CON-4	ER-L	PAD-9	SET-7	CON-3	ER-J		
	CON-1	CON-2	CON-5	ER-N	PAD-10	SET-8	CON-6	ER-K		
	PAD-1	ER-M	DIA-1	PAD-5	PAD-14	SET-10	CON-7	PAD-11		
	PAD-2	PAD-4	ER-D	PAD-6	SET-2	SET-11	CON-8	PAD-12	ER-A	
	PAD-3	SET-9	ER-E	PAD-7	SET-3	SET-12	DIA-2	PAD-13	ER-H	
		SET-15	ER-F	PAD-8	SET-6	SET-14	ER-B	SET-1	ER-I	
						SET-16	ER-C	SET-4		
							ER-G	SET-5		
								SET-13		

- 3) Arquivamento digital: imagens fotomicrográficas das amostras de bioconstruções carbonáticas foram obtidas à lupa binocular, com o intuito de caracterizar e registrar a estruturação biogênica geral.
- 4) Separação de alíquotas: procedeu-se o ataque das amostras com H_2O_2 e HCl 3% para retirar a matéria orgânica e carbonato superficial, respectivamente; coleta à lupa de alíquotas de conchas das amostras; moagem e homogeneização das alíquotas em quantidade suficiente para análises ao DRX, isotópica e de datação AMS.
- 5) Determinação da mineralogia do carbonato biogênico: uma pequena alíquota (menos de 100 mg) de concha de vermetídeo foi retirada de cada uma das amostras, para identificação mineralógica por Difractometria de Raios X (DRX) visando melhor controle mineralógico das amostras a serem enviadas para datação e análise isotópica.
- 6) Pré-preparação para confecção de seção delgada: cinco amostras de vermetídeos pré-selecionadas foram impregnadas com resina colorida (azul) a vácuo e as alíquotas foram enviadas à Seção de Laminação do IG-USP, para confecção das seções. Foram preparadas duas lâminas por amostra, uma com lamínula, destinada à descrição ao microscópio óptico e obtenção de fotomicrografias digitais, e outra sem lamínula, para análises complementares ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) com Espectrômetro de Energia Dispersiva (EED).
- 7) Análise petrográfica: as lâminas foram analisadas em microscópio óptico de luz polarizada (petrográfico). A finalidade do estudo petrográfico foi descrever as rochas coletadas, com ênfase a aspectos como associação biológica, impurezas terrígenas, aspectos texturais e feições diagenéticas. O objetivo principal deste estudo é certificar-se da pureza e integridade mineralógica das carapaças a serem

amostradas para datação e análise de isótopos. Os estudos petrográficos serviram também para a seleção prévia das amostras e microfeições promissoras para o detalhamento químico-textural ao equipamento de MEV-EED.

- 8) Preparação de amostras para análise ao MEV-EED: após a fixação a amostra no *stub* utilizando-se uma cola de carbono, com o intuito de assegurar sua melhor fixação e a condutibilidade necessária para obter imagens de boa qualidade, realizou-se o recobrimento da amostra com ouro, a fim de permitir a condutibilidade e o escoamento dos elétrons incididos da amostra ao *stub*. De modo geral, o recobrimento com este metal é realizado quando a finalidade do ensaio restringe-se à obtenção de imagem para observação da micromorfologia e/ou ao estudo de análise qualitativa via EDS, como era o caso.
- 9) Análise ao MEV-EED: a análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectrometria de energia dispersiva (EED) de duas amostras de vermetídeos teve como objetivo verificar a cimentação e a micromorfologia das bioconstruções e utilizou, um detector que capta preferencialmente os elétrons oriundos da própria amostra, ejetados pela colisão do feixe eletrônico incidente. A energia destes elétrons é controlada pela distância percorrida e a imagem produzida pode assim ser considerada um reflexo da topografia da amostra.
- 10) Análise de $\delta^{18}\text{O}$: pequenas alíquotas (50mg) da concha dos vermetídeos foram enviadas para análise de isótopos estáveis de oxigênio. A análise isotópica foi feita no Laboratório de Isótopos Estáveis (LIE) do Centro de Pesquisas Geocronológicas (Cepegeo-IG-USP).
- 11) Datação por ^{14}C por AMS: onze amostras foram enviadas ao Laboratório de ^{14}C da Universidade da Geórgia, EUA. A sensibilidade do sistema AMS permite a medida da abundância de um determinado átomo numa amostra de miligramas apenas, garantindo maior precisão que os métodos convencionais por cintilação.
- 12) Análises sedimentológicas: ensaios granulométricos e de separação de minerais pesados, realizados tanto para as amostras de areia de praia quanto para as de *Phragmatopoma*, foram executados no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG-USP). A fim de purificar a areia a ser submetida, em seguida, ao ensaio de peneiramento, realizou-se a elutriação (lavagem de finos siltico-argilosos). A amostra previamente elutriada e seca foi despejada em um conjunto de base e onze peneiras empilhadas com abertura de malha crescente de baixo para cima (Quadro 4), submetidas à vibração em agitador mecânico por tempo padronizado de 20 minutos.

Quadro 4. Lista de peneiras utilizadas para análise granulométrica e suas respectivas classificações nominais.

Abertura da malha (mm)	Fração nominal de Wentworth (retida)
2,00	grânulo
1,41	areia muito grossa
1,00	areia muito grossa
0,71	areia grossa
0,50	areia grossa
0,35	areia média
0,25	areia média
0,177	areia fina
0,125	areia fina
0,088	areia muito fina
0,062	areia muito fina
Fundo	silte e argila

Os produtos de peneiramento correspondentes ao intervalo de areia fina (0,25 – 0,125mm) e/ou muito fina (0,125 – 0,062mm) de cada amostra foram submetidos à separação densimétrica por afundamento e flutuação, usando-se como líquido denso o bromofórmio (CHBr_3 , $d \sim 2,83$), e, como solvente, o álcool etílico comum. Por fim, os concentrados de grãos mais densos que o bromofórmio, uma vez secos e pesados em balança analítica, foram submetidos à separação magnética com imã portátil. As duas frações obtidas, magnética e não-magnética, foram pesadas para posterior cálculo da distribuição em massa, e arquivadas.

4.4. Tratamento de resultados

4.4.1. Informações de campo

Informações de campo anotadas em caderneta foram posteriormente registradas e compiladas em planilha eletrônica *Microsoft® Office Excel*, também utilizado, juntamente com o aplicativo *Oriana*, para confecção de gráficos interpretativos. Os pontos de coleta foram identificados em fotografias aéreas e imagens de satélite com auxílio do programa *Google™ Earth*.

4.4.2. Resultados analíticos laboratoriais

As fotomicrografias obtidas à lupa binocular foram tratadas no programa *Adobe PhotoShop*, a fim de corrigir problemas de distorção de cores e de perda de contraste.

Os dados isotópicos obtidos foram tratados utilizando-se o *software Microsoft Excel*. Os resultados da datação das conchas foram calibrados com auxílio do programa Calib 6.0 e os gráficos construídos com o *software OriginPro 8.5.1*. Quanto às análises granulométricas, os resultados de distribuição de frequências em massa na fração areia foram convertidos em valores de estatística descritiva de tendência central (diâmetro médio, desvio padrão) e caudal (assimetria e curtose), calculados pelo método analítico dos momentos de Pearson, através do programa Momento4. Com base nos resultados de desvio padrão, as amostras foram classificadas quanto ao grau de seleção, seguindo categorização nominal proposta por Folk & Ward (1957).

5. Apresentação e discussão de resultados

5.1. Resultados de campo

5.1.1. Características gerais das praias e costões

As praias de Guarapari apresentam em geral caráter intermediário a reflexivo. Trata-se de praias de bolso, submetidas a ondulações (*swells*) predominantes de NE. Ondulações de S atuam mais raramente, principalmente durante o inverno. Os costões rochosos amostrados quanto a vermetídeos variaram de enderbíticos a, predominantemente, kinzigíticos.

5.1.2. Zoneamento biológico

O zoneamento biológico teve como objetivo entender a distribuição vertical dos organismos marinhos vivos no costão rochoso, para determinar qual indivíduo ocupa atualmente a posição do vermetídeo (não encontrado vivo na região) e possibilitar o nivelamento das amostras retiradas segundo o procedimento previamente descrito no item 4.2.2. Os dados obtidos estão resumidos no Quadro 5 e perfil correspondente encontra-se na Figura 9.

Quadro 5. Organismos identificados no zoneamento biológico e suas biozonas correspondentes (*com referência ao topo da biozona do *Phragmatopoma*; NI = não identificado)

Organismo	Topo da biozona*	Base da biozona*	Largura da biozona	Porção do costão
<i>Perna perna</i>	70cm acima	Indeterminada	Indeterminada	Todo
<i>Brachidontes rodriguesi</i>	70cm acima	Indeterminada	Indeterminada	Todo
<i>Echinolitorina lineolata</i>	Variável	0cm	Indeterminada	Todo
<i>Chthamalus</i> sp.	Variável	80cm abaixo	Indeterminada	Todo
<i>Phragmatopoma</i> sp.	-	-	50cm	Todo
<i>Crassostrea brasiliiana</i>	Equivalente	Indeterminada	Indeterminada	Todo
<i>Lithophyllum</i> (alga rosada)	Equivalente	Indeterminada	Indeterminada	Todo
Equinoide (ouriço-do-mar)	Equivalente	Indeterminada	Indeterminada	Todo
Alga parda (NI)	25cm abaixo	50cm abaixo	25cm	Todo
Alga alaranjada (NI)	40cm abaixo	80cm abaixo	40cm	Todo
Alga esbranquiçada (NI)	70cm abaixo	80cm abaixo	10cm	Todo
<i>Tetraclita</i> sp.	Variável	80cm abaixo	Indeterminada	Voltada para NE
<i>Acmaea</i> sp.	Variável	80cm abaixo	Indeterminada	Voltada para NE
<i>Ulva</i> (alga esverdeada)	Equivalente	Indeterminada	Indeterminada	Voltada para NE
Poliqueta (NI)	40cm abaixo	80cm abaixo	40cm	Voltada para NE
Anêmona vermelha (NI)	Equivalente	Indeterminada	Indeterminada	Abrigada de NE
Coral azul (NI)	Equivalente	Indeterminada	Indeterminada	Abrigada de NE
Craca comprida (NI)	Variável	80cm abaixo	Indeterminada	Abrigada de NE

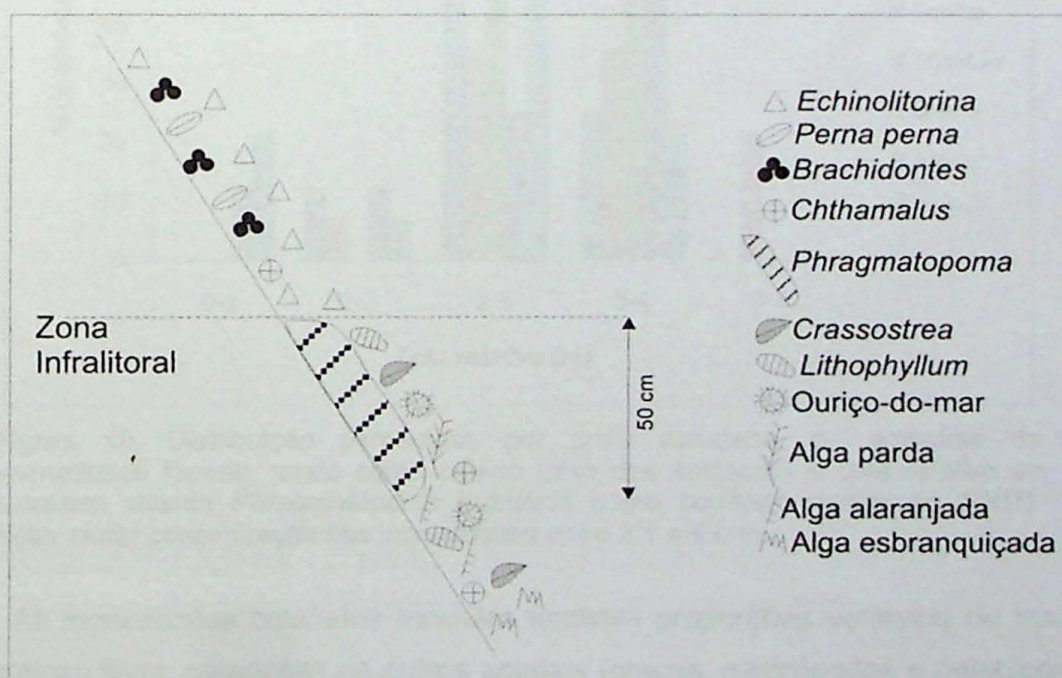


Figura 9. Perfil obtido a partir do zoneamento biológico realizado, considerando apenas os organismos distribuídos ao longo de todo o costão.

Assim como observado por Angulo *et al.* (1999) para Santa Catarina, o poliqueta *Phragmatopoma* teve a distribuição mais próxima àquela descrita por Laborel (1979) para os vermetídeos brasileiros: biozona de aproximadamente 0,5m,

cujo topo corresponde ao topo da zona infralitoral. Justifica-se portanto a utilização do *Phragmatopoma* para o nivelamento dos vermetídeos com vista à construção da curva de variação do NRM também para a porção da costa objeto deste estudo.

5.1.3. Características gerais dos vermetídeos

As cotas de vermetídeos fósseis em relação a *Phragmatopoma* vivente medidas no campo variaram de 0,3m a 4,4m. Este último valor corresponde aproximadamente ao NRM máximo no Holoceno desta região, de acordo com levantamentos prévios de Martin *et al.* (1996).

Em todas as praias amostradas, a maior concentração de vermetídeos fósseis encontra-se no intervalo entre 2,1 e 4,0m, o que pode refletir um ou mais dentre três fatores: desaparecimento gradual dos vermetídeos ao longo do Holoceno superior, no decorrer da descida do nível do mar; maior tempo de permanência do NRM nesse intervalo de altura; preservação preferencial dos seus indicadores (Figura 10).

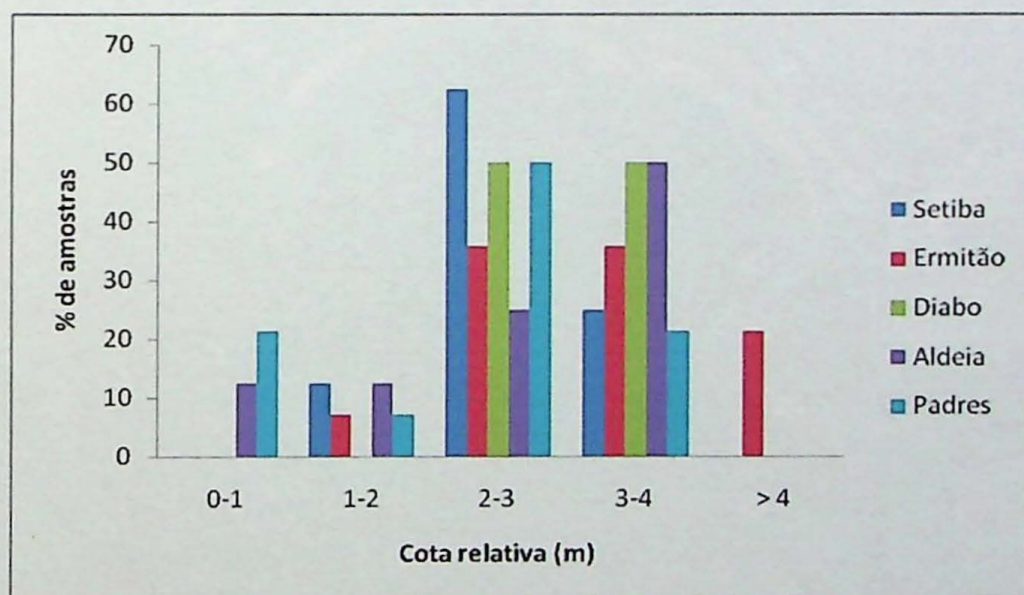


Figura 10. Distribuição percentual, por praia estudada, de amostras de vermetídeos fósseis, tendo como critério (eixo das abcissas) a cota relativa ao poliqueta vivente *Phragmatopoma* (admitida como correspondentes ao NRM). Notar maior concentração das incrustações entre 2,1 e 4,0 m.

As incrustações coletadas incluíam também proporções variáveis de massas carbonáticas finas, carapaças de outros animais (cracas, gastrópodes e pelecípodes), material terrígeno ou biodetrítico arenoso e até mesmo pedaços de rocha na granulação cascalho, estes sugestivos de origem parcialmente clástica para as incrustações em que ocorrem. Para o exame óptico detalhado, foram selecionadas somente amostras em que a influência aparente deste tipo de origem era irrelevante.

5.1.4. Descrição dos locais de amostragem

Neste item, descrevem-se as características dos costões e incrustações amostrados, em cada praia, listadas de norte para sul.

PRAIA DE SETIBA

A praia de Setiba, voltada para SW, possui cerca de 600m de comprimento. Encontra-se limitada por costões kinzigíticos, com destaque para o morro do Cruzeiro, com elevação de dezenas de metros, em sua extremidade sudeste. É protegida da ação direta das ondulações predominantes de NE, tanto por sua orientação como pela presença local de pequenas ilhas. Desse modo, sofre ação apenas das ondas resultantes da refração destas ondulações, com aumento da influência relativa de ondulações de SW (Figura 11). Aparenta morfodinâmica intermediária, mais dissipativa em comparação às demais praias estudadas.



Figura 11. Localização da praia de Setiba e do costão adjacente do morro do Cruzeiro. Pontos de amostragem: vermetídeos, em branco, *Phragmatopoma sp.*, em amarelo. Imagem de satélite Google Earth (2010).

O morro do Cruzeiro, local escolhido para amostragem de vermetídeos, constitui costão de difícil acesso. Ali, grandes blocos de rocha de dezenas de metros

de diâmetro elevam-se, fendidos em ângulos muito verticais ($>80^\circ$), especialmente ao longo de discontinuidades de pegmatitos com sua rocha hospedeira.

Foram coletadas neste local 16 amostras de vermetídeos, cujas cotas relativas variaram entre 1,7 e 3,2 m (Figura 12). Amostras de *datum* biológico, *Phragmatopoma* sp., e de areia de praia foram também obtidas.

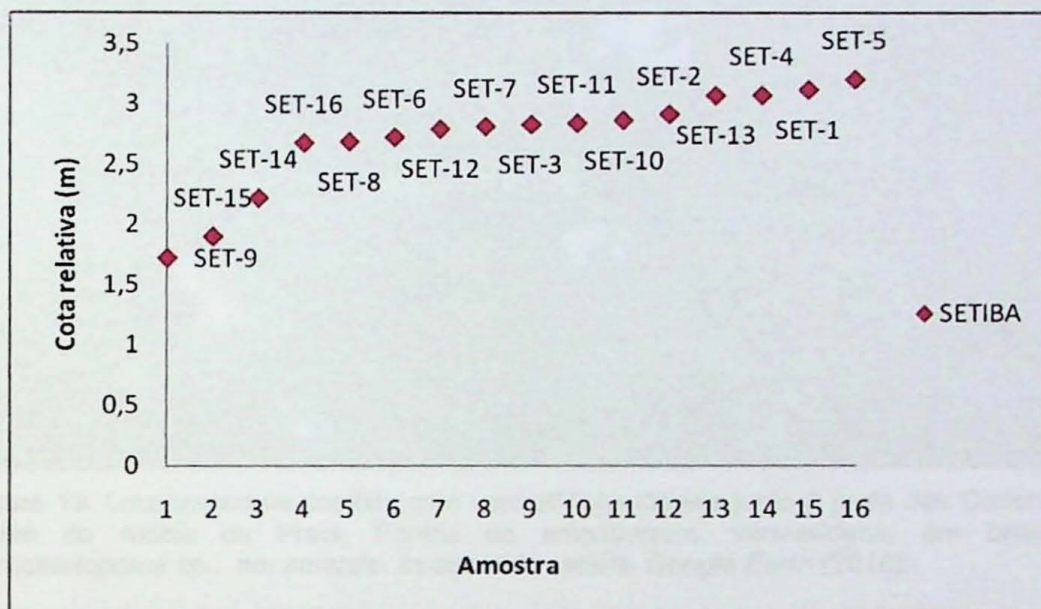


Figura 12. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos fósseis coletadas no morro do Cruzeiro, limite sudeste da praia de Setiba.

PRAIA DAS CONCHAS

Curta (45m de comprimento) e voltada para NE, a praia das Conchas recebe esse nome devido à grande energia das ondas, que aumenta a granulação aparente do sedimento e concentra bioclastos carbonáticos na zona de espriamento. Ilhas de extensão decamétrica ocorrem entre 200 e 400m da linha de costa, onde reduzem a ação direta das ondulações (Figura 13). No total, foram coletadas junto a esta praia oito amostras de vermetídeos, extraídas de costões enderbíticos, com cotas relativas variando de 0,7 a 3,5 m (Figuras 14 e 15).

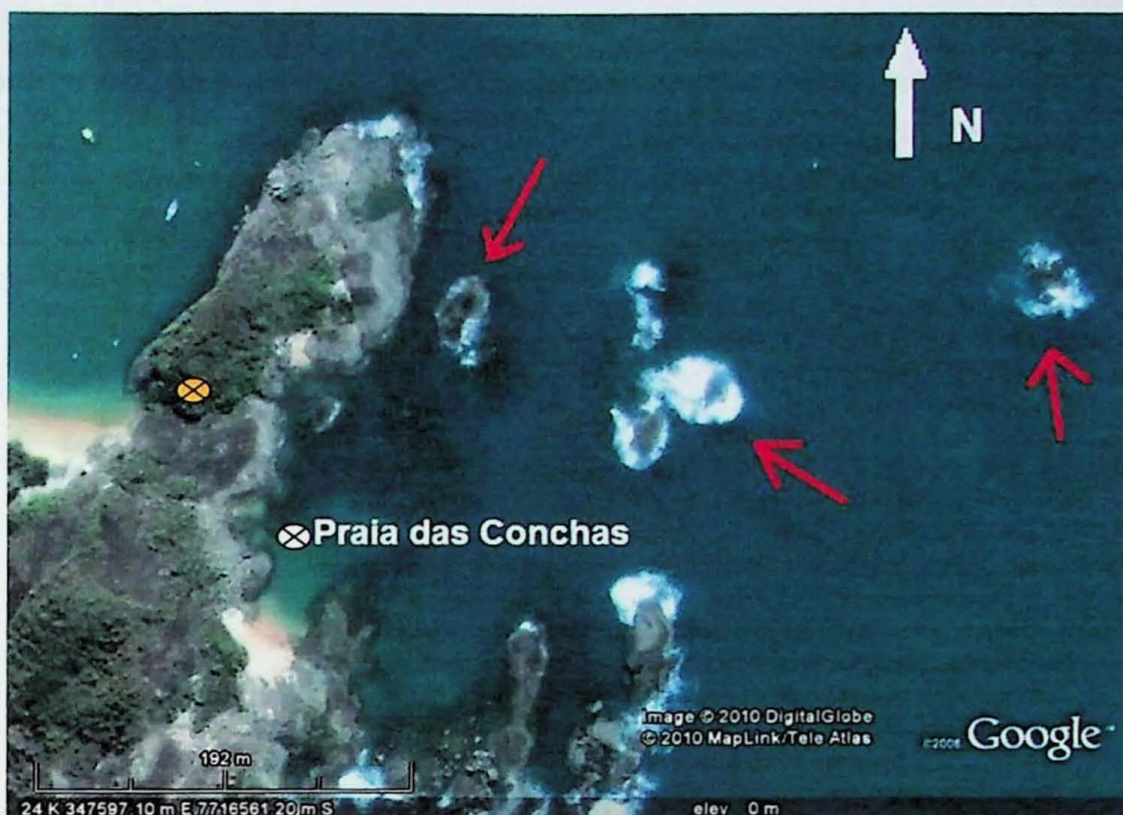


Figura 13. Localização de costões com vermetídeos fósseis junto à praia das Conchas, região da Aldeia da Praia. Pontos de amostragem: vermetídeos, em branco; *Phragmatopoma* sp., em amarelo. Imagem de satélite Google Earth (2010).



Figura 14. Locais de amostragem em costões da praia das Conchas, localidade de Aldeia da Praia. a) Detalhe do ponto de coleta da amostra CON-1. Embora protegida por um bloco pequeno e quase solto de 2m de diâmetro, a incrustação se prende ao assoalho rochoso contínuo sub-horizontal.

Os enderbitos da praia das Conchas, cuja foliação difere da dos kinzigitos por seus ângulos rasos de mergulho ($<20^\circ$), apresentam fendas principalmente horizontais ou em baixo ângulo. Esta situação favorece a individualização de lajes, por vezes formadas por blocos de dezenas de metros de extensão, nas quais as incrustações preservadas se dão principalmente por contatos de topo (pendulares) e/ou base (assoalho).

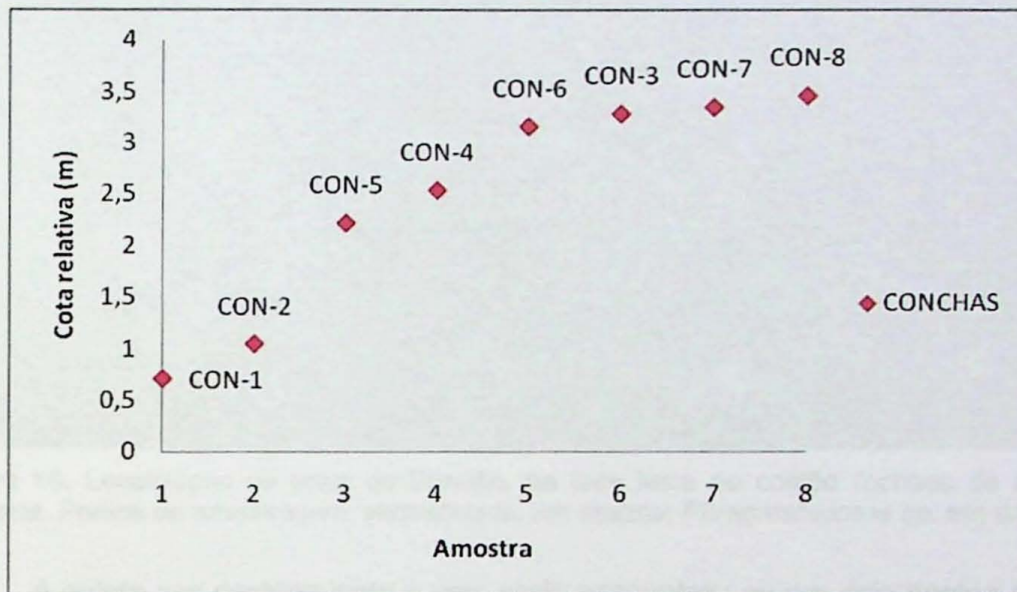


Figura 15. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos fósseis coletadas nos costões da praia das Conchas.

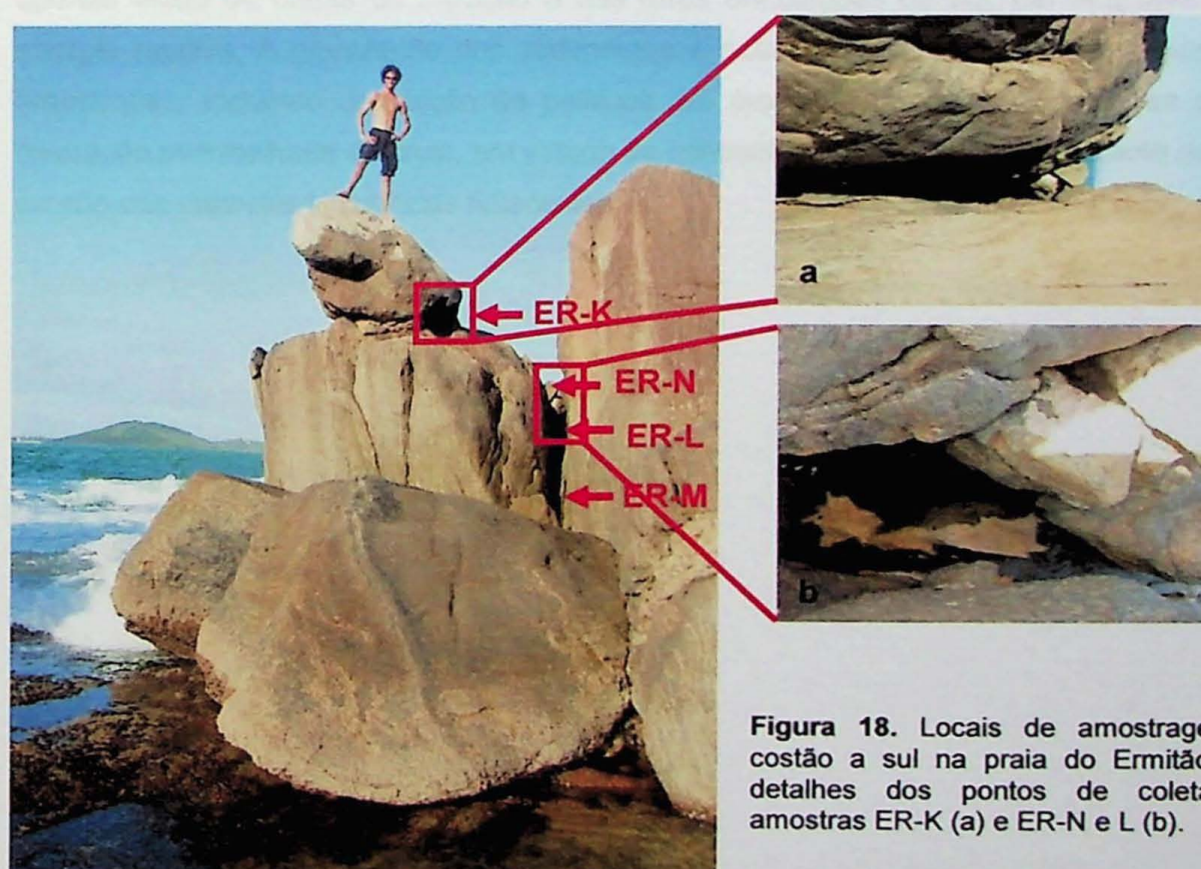
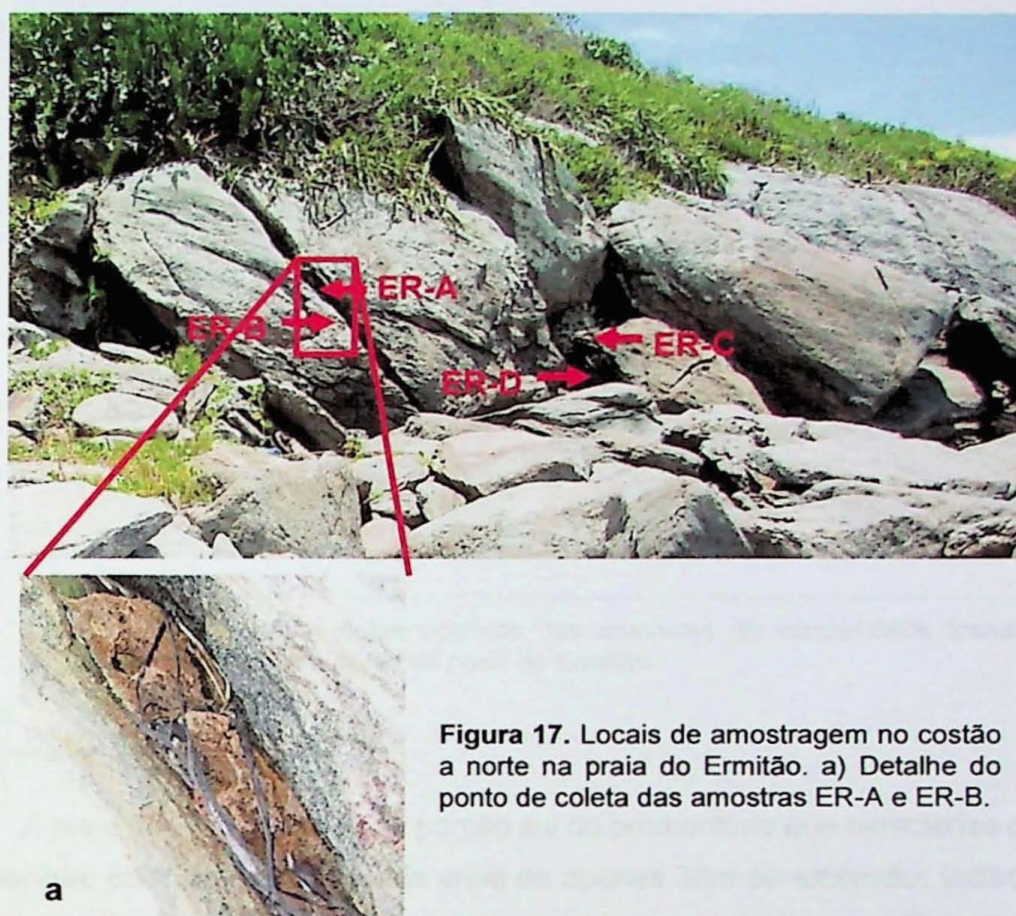
PRAIA DO ERMITÃO

A praia do Ermitão situa-se na face leste do morro da Pescaria, em promontório proeminente. Possui apenas 100m de extensão e encontra-se limitada por um corredor voltado para ENE, entre amplas elevações de kinzigito. (Figura 16). Apresenta a granulação mais grossa dentre as praias amostradas, atingindo seixo, o que pode estar relacionado à exposição a ondas diretas de NE, com energia aumentada pelo afunilamento dos costões limitantes. Os kinzigitos exibem foliação com alto ângulo de mergulho ($>50^\circ$), o que determina a orientação preferencial das fendas nos costões. Descontinuidades de extensão métrica geradas no contato com pegmatitos também limitam fendas portadoras de incrustações carbonáticas.



Figura 16. Localização da praia do Ermitão, na face leste do costão rochoso do morro da Pescaria. Pontos de amostragem: vermetídeos, em branco; *Phragmatopoma sp.* em amarelo.

A coleta nos costões junto a esta praia concentrou-se em dois pontos distintos, um a sul e outro a norte, este último ligeiramente mais protegido (Figuras 17 e 18). No total, foram coletadas 14 amostras de vermetídeos, sendo oito no ponto de amostragem norte, com cota relativa variando de 2,8 a 4,5 m, e seis no ponto sul, com cotas entre 1,6 e 4,4 m (Figura 19). Coletaram-se também duas amostras de areia da praia e uma da colônia de *Phragmatopoma* utilizada como *datum* no nivelamento.



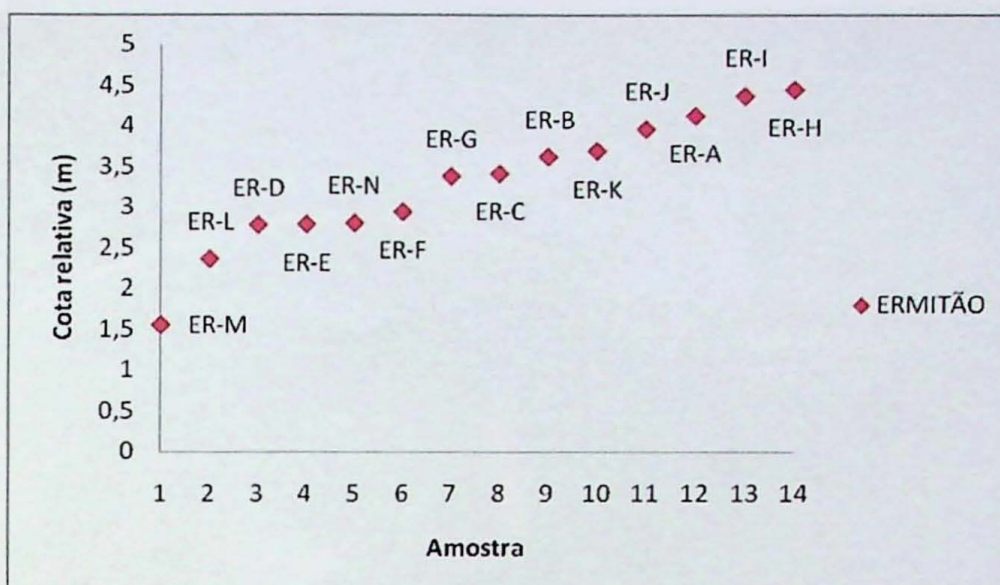


Figura 19. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos fósseis coletadas nos pontões limitrofes da praia do Ermitão.

PRAIA DO DIABO

A praia do Diabo, situada na porção sul do promontório que caracteriza o morro da Pescaria, consiste numa faixa de areia de apenas 30m de extensão, voltada para SW (Figura 20). Estando muito protegida da ação de ondulações de NE, sofre quase apenas efeito de ondas de refração e das raras ondulações de sul, daí sua baixa energia relativa. A granulação dos sedimentos é mais fina que a de demais praias amostradas, incluindo deposição de pelíticos em áreas de remanso. Destaca-se a coloração avermelhada da areia, em virtude da concentração de granada resultante da erosão das encostas kinzigíticas adjacentes.



Figura 20. Localização da praia do Diabo, na face oeste do costão rochoso do morro da Pescaria. Pontos de amostragem: vermetídeos, em branco, e *Phragmatopoma* sp., em amarelo.

No costão situado no limite interior da praia (Figura 20), foram coletadas duas amostras de vermetídeos, com cotas de 2,7 e 3,2 m em relação ao *datum* biológico (Figura 21). Estas amostras destacam-se pelo excelente estado de preservação. Areias e bioconstruções de *Phragmatopoma* foram amostradas junto ao flanco noroeste do arco praial.

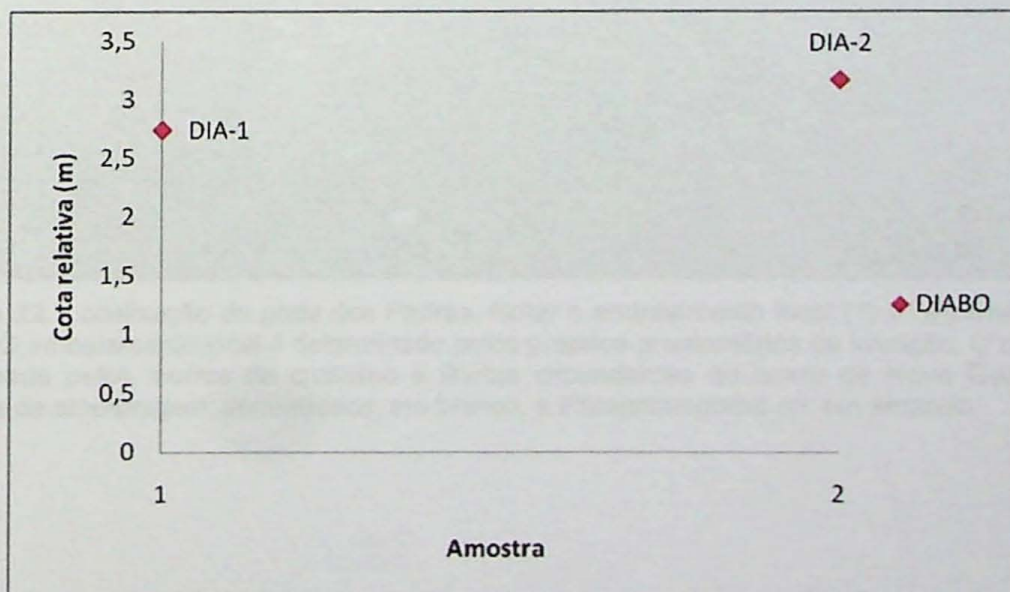


Figura 21. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos fósseis coletadas no costão situado junto ao limite interior da praia do Diabo.

PRAIA DOS PADRES

Voltada para SE e com 120m de extensão, a praia dos Padres encontra-se bem protegida da ação direta de ondas por limitar-se entre dois embaixamentos: um menor, formado por seus próprios costões kinzigíticos, e outro maior, formado pelos morros de cristalino e ilhotas circundantes da região de Nova Guarapari (Figura 22). Seu costão a NE apresenta-se dividido em blocos decamétricos de rocha, segundo fraturas que acompanham a foliação metamórfica de alto ângulo e descontinuidades entre pegmatitos e hospedeira. Essa configuração condicionou o estabelecimento de uma gruta de dimensões métricas, com preservação de espessos recifes (até 40cm) de vermetídeos e outras incrustações carbonáticas. Nesse local, foi realizado o perfil de amostragem de incrustações mais contínuo de todos (Figura 23), cujas cotas variaram de 0,3 a 3,0 m (Figura 24).



Figura 22. Localização da praia dos Padres. Notar o embaixamento local (1) e regional (2) da praia. O embaixamento local é determinado pelos próprios promontórios de kinzigito. O regional é formado pelos morros de cristalino e ilhotas circundantes do bairro de Nova Guarapari. Pontos de amostragem: vermetídeos, em branco, e *Phragmatopoma* sp. em amarelo.

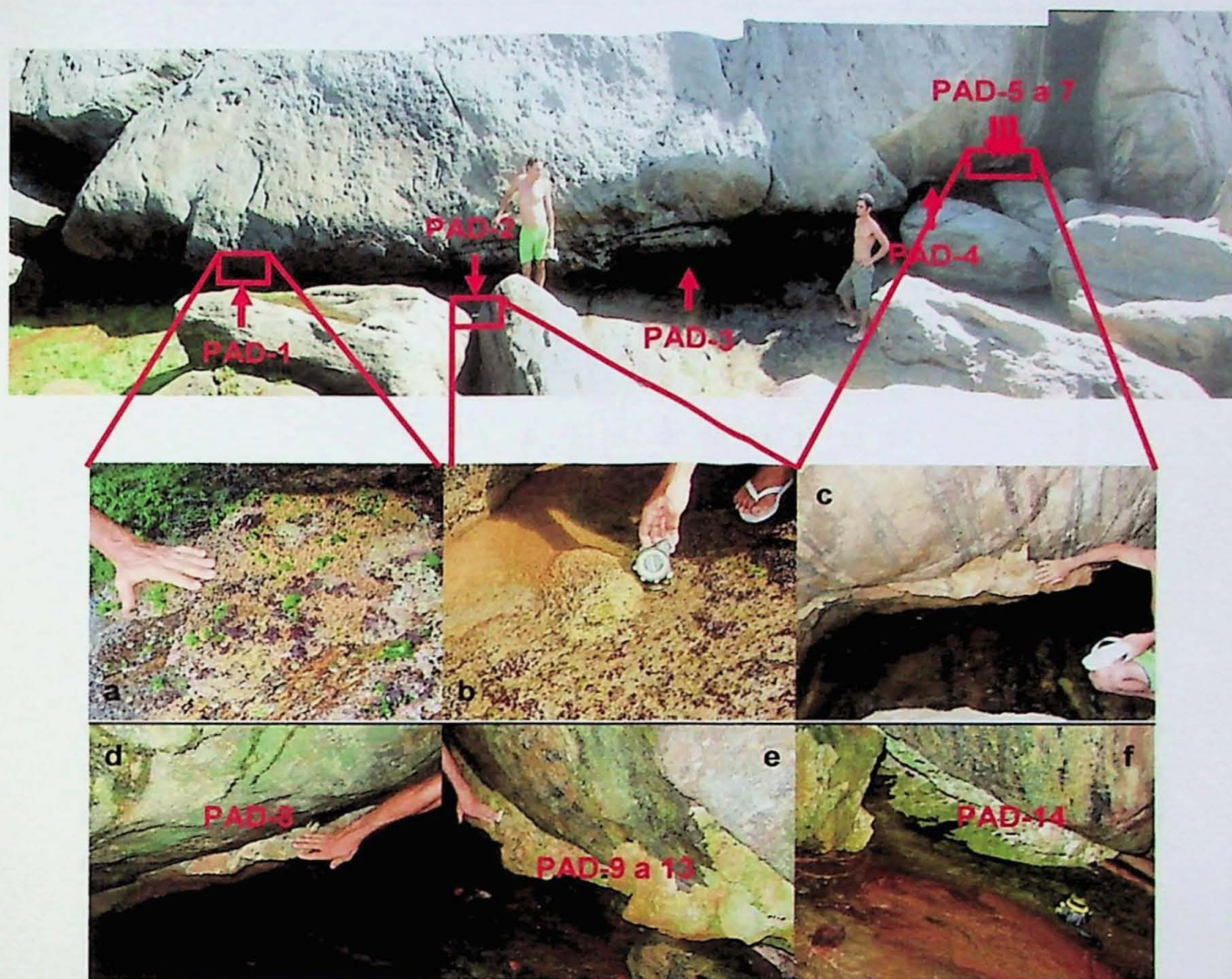


Figura 23. Locais de amostragem no costão a NE da praia dos Padres. a) Detalhe do ponto de coleta da amostra PAD-1. b) Detalhe do ponto de coleta da amostra PAD-2. c) Detalhe do ponto de coleta das amostras PAD-5, 6 e 7. d a f) Detalhe dos demais pontos de amostragem no interior da caverna, situada à direita na imagem superior.

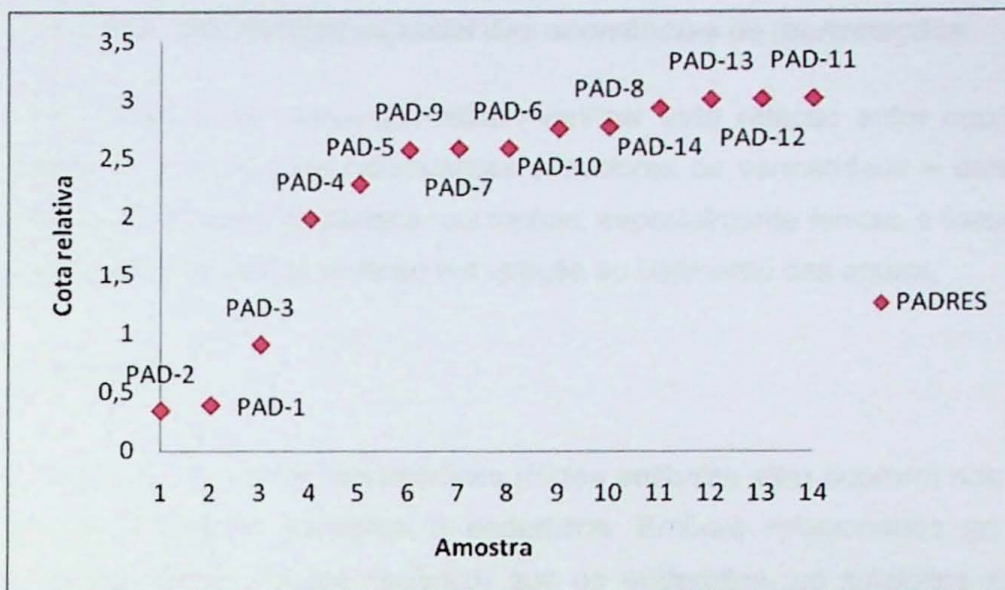


Figura 24. Variação das cotas relativas das amostras de vermetídeos fósseis coletadas no costão a NE da praia dos Padres. Trata-se do perfil mais contínuo e representativo em termos de variação de paleonível.

Nas cotas mais baixas (entre 0,0 e 0,2m), foram encontradas incrustações de vermetídeos em meio a bioconstruções de *Phragmatopoma* vivente (Figura 25). Elas aparentam grande pureza, sem cimentação secundária, tampouco mistura de pedaços de rocha e carapaças de outros animais, o que sugere idade recente. Não se encontrou, entretanto, o vermetídeo vivo em seu interior.



Figura 25. Ocorrência de bioconstruções justapostas, em forma de montículo, de *Phragmatopoma* (vivente, em cor alaranjada) e vermetídeo (subfóssil? – em cor acinzentada), próximo à cota zero.

5.1.5. Distribuição espacial das ocorrências de incrustações

Os trabalhos de campo permitiram verificar forte relação entre ocorrência e distribuição das incrustações carbonáticas portadoras de vermetídeos e dois fatores principais: 1) a presença de abrigos nas rochas, especialmente fendas e fraturas; e 2) a orientação local do costão rochoso em relação ao batimento das ondas.

Abrigos nas rochas

Dois tipos de rochas metamórficas (fácies anfibolito alto) ocorrem nos costões rochosos de Guarapari: kinzigitos e enderbitos. Embora relacionados ao mesmo evento tectono-termal (Transamazônico) que os enderbitos, os kinzigitos são tidos como a sequência supracrustal da região (Liandrat 1972, Silva & Ferrari 1976, Machado Filho 1983), o que explicaria sua maior abundância e sua ocorrência em costões mais altos, tendência confirmada nos estudos de campo. Sua relação com os enderbitos do embasamento proterozóico dá-se por frequentes cavalgamentos E-W, relacionados à coalescência inicial do Gondwana, e isso explicaria sua foliação em alto ângulo mergulhando quase sempre para E (Coutinho 1962, Nascimento 2003) (Figura 26). Nos costões visitados, é recorrente a observação de fraturas que acompanham a foliação em alto ângulo dos kinzigitos (40-60°). Estas fraturas favorecem a ocorrência de “paredes” em fendas de extensões horizontais decamétricas que podem ter propiciado a preservação de incrustações carbonáticas. Com o abaixamento de NRM, seus recifes teriam permanecido protegidos da abrasão mecânica por ondas bem como, possivelmente, do intemperismo químico relacionado a águas meteóricas.



Figura 26. Aspecto da foliação metamórfica de alto ângulo (mergulho para E) em kinzigitos. Costão na porção sul da morro da Pescaria.

Os enderbitos ocorrem mais restritos e com foliação em geral de baixo ângulo ($<20^\circ$). As observações de campo também confirmam sua relação com costões mais baixos, por vezes de menos de uma dezena de metros de altura (Figura 27). Na atividade de aquisição das incrustações neste tipo de rocha, a praia das Conchas mostrou-se a única com incrustações em boas condições de preservação e coleta. Os recifes ocorrem em fraturas que também tendem a acompanhar a foliação predominante do enderbito, situação na qual aparecem como massas carbonáticas em tetos ou no assoalho da rocha. Tais abrigos também teriam propiciado às incrustações proteção contra agentes de intemperismo químico e mecânico.



Figura 27. Aspecto da foliação metamórfica em baixo ângulo (mergulho indeterminado) de enderbitos de Guarapari. Costão na porção sul da praia das Conchas, região da Aldeia da Praia.

Pegmatitos e aplitos ocorrem em contatos frequentemente discordantes com sua encaixante, segundo direções variáveis. São mais abundantes em meio a kinzigitos, mas encontram-se também em enderbitos, e, às vezes, aparecem como limite entre estes dois tipos de rocha (Nascimento, 2003). Contatos entre pegmatitos ou aplitos e sua encaixante por vezes também condicionam zonas de fraqueza, onde se estabelecem fraturas que abrigam vermetídeos. Fraturas assim condicionadas foram observadas nos costões da praia do Ermitão, onde o tipo mais comum de fenda se encontra em paredões quase verticais ($>80^\circ$), mas também foram vistas em outros locais não eleitos para a coleta dos vermetídeos (Figura 28).

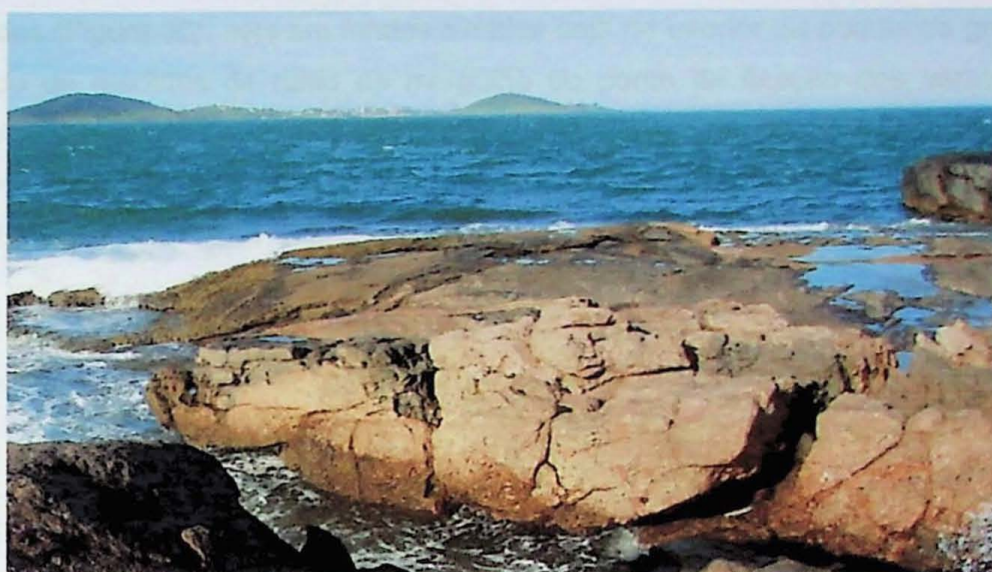


Figura 28. Fendas sub-verticais geradas em zona de contato entre pegmatito (cor bege) e kinzigito (cinza). Costão a sul da praia do Ermitão, morro da Pescaria.

A intersecção entre fraturas de diferentes ângulos e disposições também forma grutas com dimensões métricas que, em alguns casos, abrigam massas carbonáticas possantes, contendo vermetídeos. Nos costões da praia do Ermitão, grutas desse tipo abrigam pavimentos de incrustações, com até 40cm de espessura e alguns metros de extensão. No costão da praia dos Padres, os vermetídeos mais altos ocorrem na forma de grandes incrustações no interior de uma gruta do mesmo tipo (Figura 29).

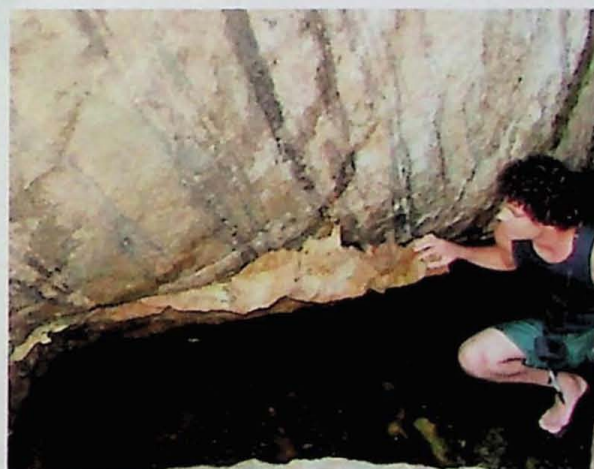
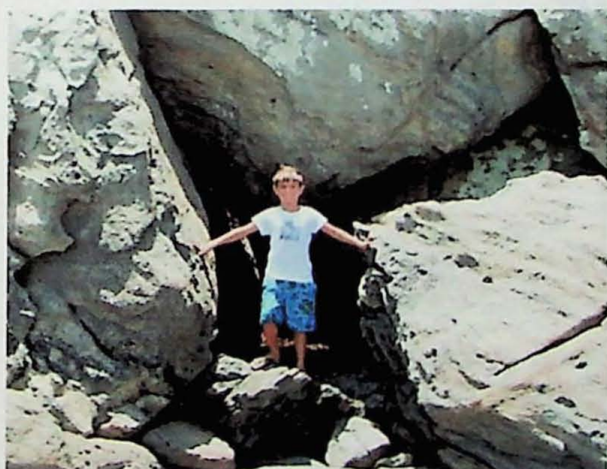


Figura 29. Grutas em rochas dos costões de Guarapari, associadas à intersecção de fraturas de diferentes ângulos e disposições. À esquerda, gruta no costão a N da praia do Ermitão, rica em incrustações carbonáticas. À direita, aspecto de incrustação carbonática espessa em parede inclinada, no interior da gruta do costão, a NE da praia dos Padres.

A ampla variedade de fraturas quanto à orientação e tipos de rochas propicia a ocorrência de vermetídeos em diversas situações, como paredes, tetos e assoalhos

protegidos (Figura 30), seja em fendas simples seja no interior de pequenas grutas. O resultado de medidas de rumo de mergulho do ponto de fixação dos vermetídeos demonstra essa variedade, pela dispersão de valores entre os quatro quadrantes da rosa de frequências, embora com leve predomínio de projeções rumo NE e, principalmente, SE (Figura 31).

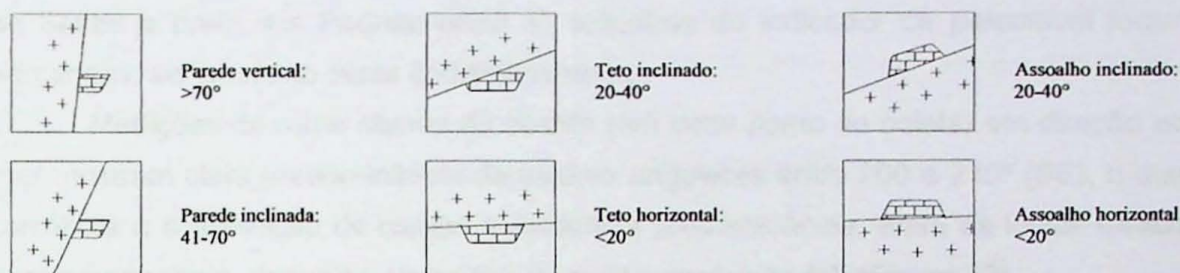


Figura 30. Classificação dos pontos de fixação das incrustações carbonáticas nas rochas cristalinas.

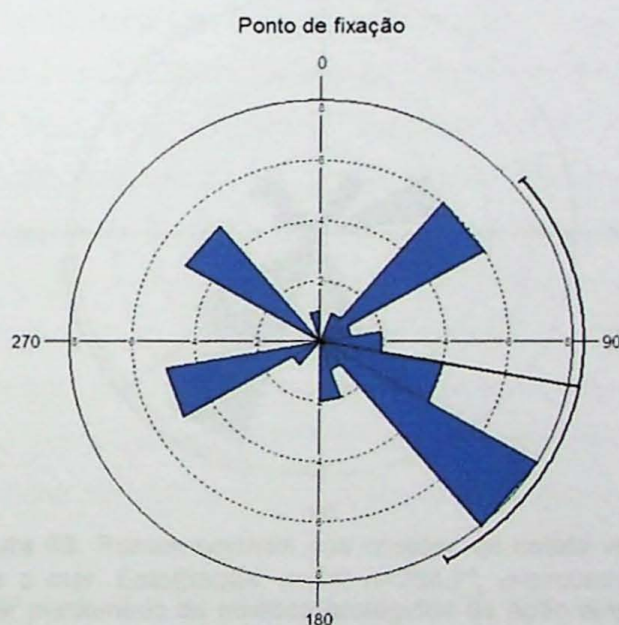


Figura 31. Histograma circular para os rumos de mergulho das superfícies de fixação de vermetídeos. Estatísticas: número de amostras (n) = 37; vetor médio (μ) = 100,3°; desvio-padrão circular (σ) = 94,8°.

5.1.6. Orientação do costão rochoso

Observações de campo sugerem que a orientação do costão rochoso em relação às ondas do mar também condicionaria a formação e/ou preservação das incrustações de vermetídeos. Ocorrências mais abundantes e melhor preservadas

foram encontradas e coletadas em costões voltados para S e SW, protegidos da ação direta das ondulações de NE. Cabe ressaltar que no litoral centro-sul do Espírito Santo, estas ondulações constituem ao mesmo tempo o padrão predominante e prevalecente, uma vez que a chegada de frentes frias, mesmo durante o inverno, é escassa e menos competente, por exemplo, em termos de deriva litorânea longitudinal (Nascimento, 2003). A abundância de recifes de vermetídeos nos costões abrigados de Setiba e praia dos Padres, onde 30 amostras do indicador de paleonível foram adquiridas, seria reflexo deste condicionamento.

Medições de rumo normal do costão (em cada ponto de coleta) em direção ao mar mostram clara predominância de valores angulares entre 200 e 240° (SE), o que corrobora a observação de campo e evidencia predominância, entre os locais eleitos para amostragem, daqueles abrigados de ondas diretas de NE (Figura 32).

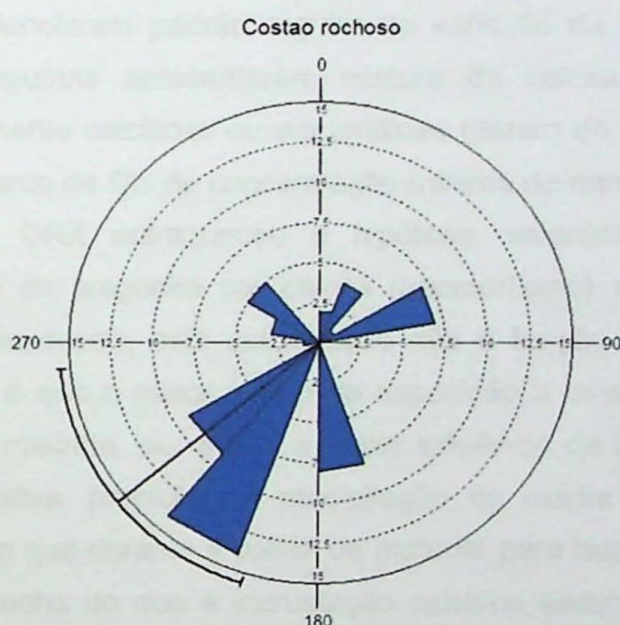


Figura 32. Rumos normais aos costões de coleta voltados para o mar. Estatísticas: $n=54$; $\mu=264,7^\circ$; $\sigma\text{-circular}=90,3^\circ$. Notar predomínio de costões protegidos da ação direta das ondulações dominantes, de norte.

5.2. Análise mineralógica por difração de raios X

Inicialmente, cinco amostras pré-selecionadas haviam sido enviadas ao Laboratório de Difractometria de Raios X do Instituto de Geociências da USP. Estas amostras pertenciam a diferentes intervalos de altura (0 a 1m, 1,1 a 2m, 2,1 a 3m, 3,1 a 4m, e mais que 4,1m). Quando se analisou a composição mineralógica da concha de cada amostra, observou-se que as duas de cota mais elevada apresentavam composição calcítica, enquanto as demais, de cotas mais baixas, mostravam

composição aragonítica, que é a mineralogia original do vermetídeo relatada na bibliografia. Supondo-se a correlação direta das cotas com as idades de formação da bioconstrução, em vista do NRM supostamente declinante nos últimos 5500 anos (Suguio *et al.*, 1985; Angulo *et al.* 2006), esta distribuição vertical de mineralogia permitiu levantar a hipótese de substituição gradual de aragonita por calcita no decorrer do tempo. Esta substituição poderia ser acelerada pela maior influência de água doce pluvial nas incrustações mais altas, ao mesmo tempo menos expostas a umedecimento, borrfio ou aerossol com água marinha.

Com o intuito de testar a hipótese de substituição aventada anteriormente e também selecionar as amostras mineralogicamente mais puras a serem enviadas para datação ^{14}C AMS no exterior, procurou-se realizar novas análises de DRX, em trinta amostras, incluindo novas alíquotas de amostras já estudadas previamente. Os resultados não evidenciaram padrão regular de variação da mineralogia quanto à altura: enquanto algumas apresentaram mistura de calcita e aragonita, outras mostraram-se puramente calcíticas ou aragoníticas (dentro do limite de detecção do método, que é de cerca de 5% de concentração mínima do mineral, em massa). Este novo resultado de DRX enfraqueceu a hipótese, levantada anteriormente, de substituição gradual de aragonita por calcita (neomorfismo) ao longo do tempo e evidenciou que, caso ocorra, esta substituição não é função linear da idade. Uma hipótese alternativa é que o maior tempo de exposição a umedecimento, borrfio ou aerossol com água marinha, ou, ainda, a maior influência de água doce pluvial nas incrustações mais altas, propiciam a precipitação de calcita ao redor da concha aragonítica, de modo que durante a coleta de material para raios X não seja possível separar o que é concha do que é incrustação calcítica secundária. Possivelmente, quanto mais alta a bioconstrução, mais tempo ela esteve exposta aos agentes de dissolução e reprecipitação e, portanto maior a quantidade de calcita secundária. De acordo com esta hipótese, a calcita secundária não seria resultado de neomorfismo de aragonita.

5.3. Análise geocronológica

Foram submetidas a datação onze amostras (Tabela 1), sendo duas delas réplicas de composição mista (aragonita + calcita) destinadas a comparação com amostras puramente aragoníticas, e para verificação da possibilidade de contemporaneidade, dentro da margem de erro da técnica AMS, entre a aragonita primária e a calcita secundária, já que a seleção de alíquotas puras para datação ou

análise de isótopos mostrou-se tarefa extremamente difícil, a ponto de quase inviabilizar o trabalho.

Tabela 1. Resultado da datação AMS¹⁴C das 11 amostras de vermetídeos selecionadas.

Código da amostra	Idade bruta convencional (anos AP, 2σ)	Idade calibrada* (anos cal. AP, 2σ)	Código de referência do laboratório
ER-A	5180 ± 50	5436 - 5645	UGAMS 9452
ER-AC**	4980 ± 50	5205 - 5467	UGAMS 9453
PAD-2	830 ± 40	375 - 529	UGAMS 9454
SET-9	2460 ± 50	1977 - 2280	UGAMS 9455
SET-9C**	2500 ± 50	2025 - 2303	UGAMS 9456
DIA-1	5490 ± 50	5731 - 5981	UGAMS 9710
ER-B	5380 ± 60	5612 - 5886	UGAMS 9711
ER-C	5420 ± 50	5662 - 5902	UGAMS 9712
PAD-8	6160 ± 50	6463 - 6723	UGAMS 9713
PAD-10	5590 ± 70	5839 - 6179	UGAMS 9714
SET-5	4260 ± 50	4219 - 4512	UGAMS 9715

*Idades calibradas com o uso do programa CALIB 6.0, protocolo Marine09.

**Réplicas de composição mista (calcita+aragonita)

A comparação entre as réplicas de amostras aragoníticas puras (ER-A e SET-9) e de composição mista calcita/aragonita (ER-AC e SET-9C) evidenciou idades aproximadamente equivalentes, com variação pouco superior ao erro do método. Sendo assim, torna-se possível interpretar que a calcita é eodiagenética e/ou formada da dissolução e reprecipitação da própria aragonita, sem fracionamento isotópico significativo. Admitida esta interpretação, é possível usar amostras mistas para datação sem comprometer a confiabilidade dos resultados.

A curva de variação do NRM obtida para Guarapari é apresentada na Figura 33 e foi comparada com a curva obtida por Angulo *et al.* (2006) a partir da compilação dos resultados de datação de vermetídeos disponíveis na literatura em localidades da costa brasileira a norte da latitude 28° (Figura 34).

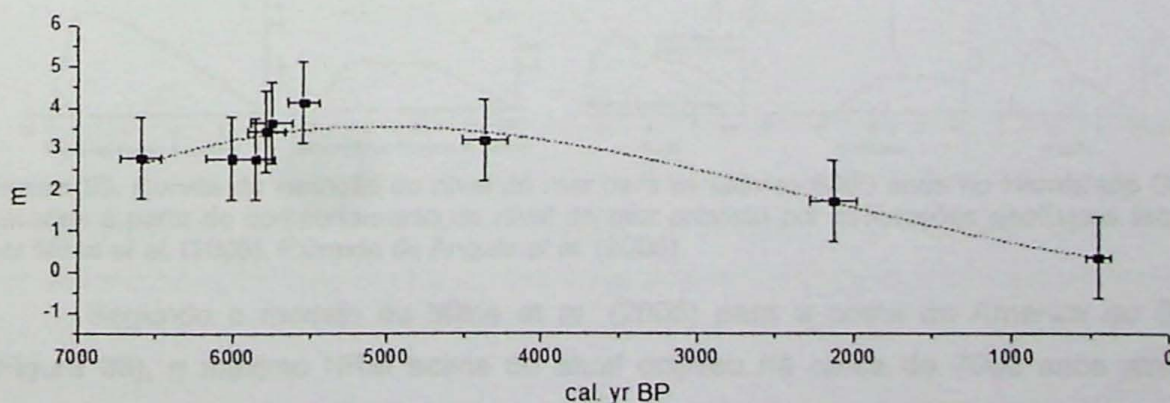


Figura 33. Curva de variação do NRM para a região de Guarapari (ES-Brasil) baseada em amostras de vermetídeos.

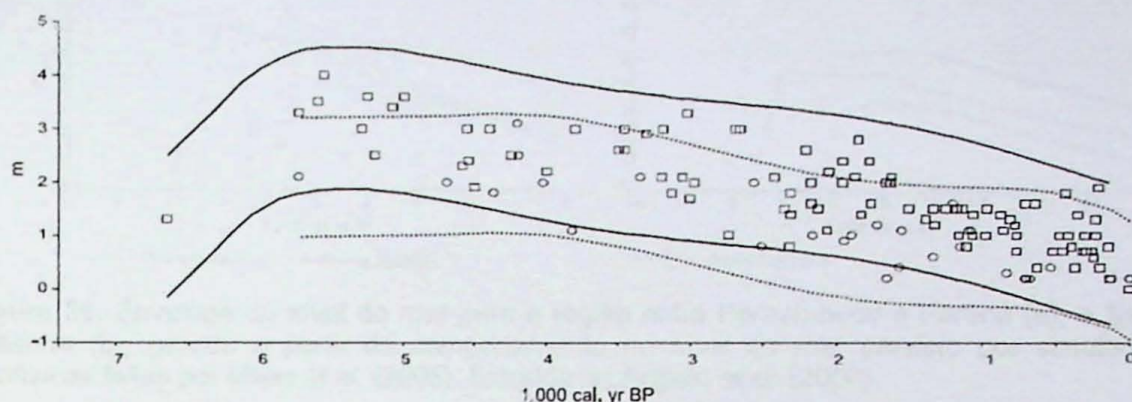


Figura 34. Envelope do nível do mar e reconstrução do paleonível do mar para a costa brasileira a norte da latitude 28° (linha contínua e quadrados) e a sul de 28° (linha tracejada e círculos), baseada em amostras de vermetídeos. Extraída de Angulo *et al.* (2006).

Os dados obtidos para Guarapari são compatíveis com o envelope determinado por Angulo *et al.* (2006), com nível máximo em torno de 4m atingido em cerca de 5700 anos cal AP, com queda subsequente até o nível atual. Esta tendência, assim como já havia sido levantado por Angulo *et al.* (2006), é a mesma observada na Austrália e na África do Sul (Figura 35), e pode sugerir ajustes hidro-isostáticos similares para o hemisfério sul, coerentes com os modelos isostáticos globais.

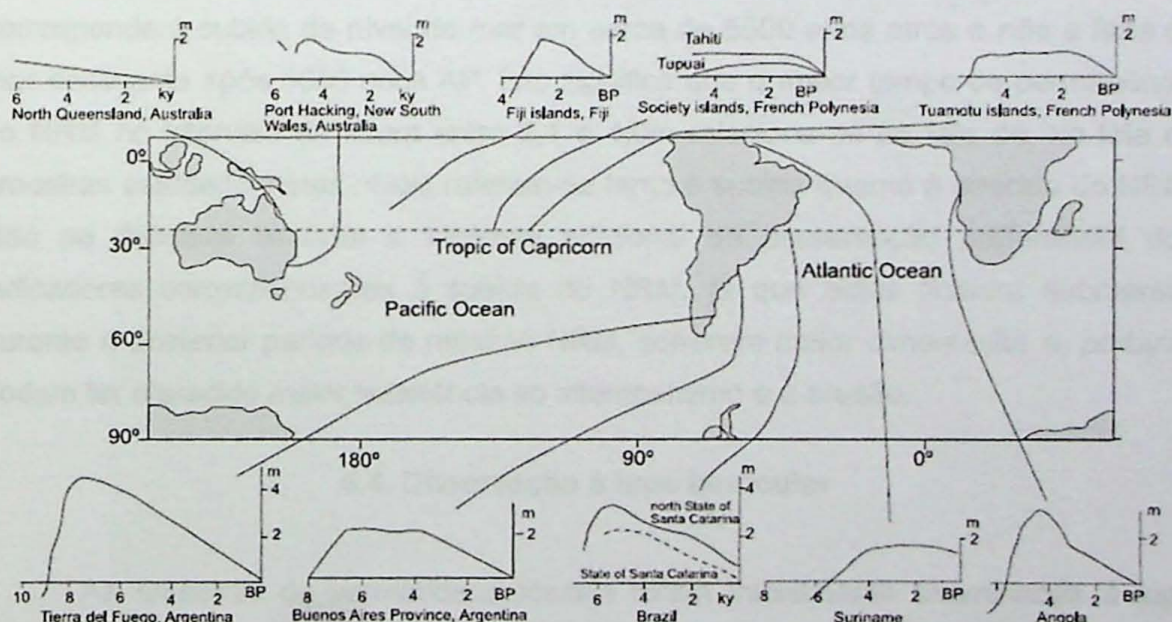


Figura 35. Curvas de variação do nível do mar para os últimos 6000 anos no Hemisfério Sul, geradas a partir do comportamento do nível do mar previsto por simulações geofísicas feitas por Milne *et al.* (2005). Extraída de Angulo *et al.* (2006).

Segundo o modelo de Milne *et al.* (2005) para a costa da América do Sul (Figura 36), o máximo NRM acima do atual ocorreu há cerca de 7000 anos atrás, atingindo cerca de 4m entre Pernambuco e Rio de Janeiro, e 2,5m em Santa Catarina, com queda subsequente de NRM intensificada a partir de 5000 anos atrás.

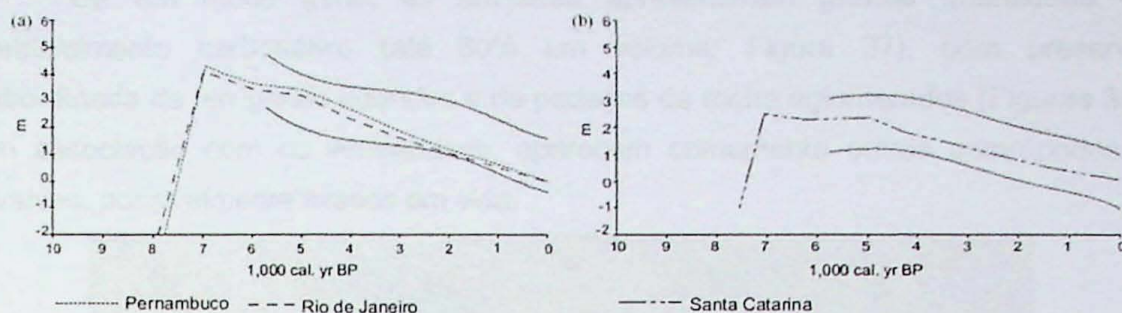


Figura 36. Envelope do nível do mar para a região entre Pernambuco e Paraná (a), e Santa Catarina (b), gerado a partir do comportamento do nível do mar previsto por simulações geofísicas feitas por Milne *et al.* (2005). Extraída de Angulo *et al.* (2006).

Outro ponto levantado por Angulo *et al.* (2006) foi a provável permanência prolongada do NRM entre 2 e 3m até cerca de 2000 anos AP, indicando que a taxa de queda do nível do mar foi desigual ao longo deste últimos 5000 anos (mais baixa antes e mais alta depois de 2000 anos AP). Um resultado aqui obtido que poderia reforçar esta hipótese é a moda da concentração de vermetídeos fósseis no intervalo entre 2,1 e 4,0m, citada no item 5.1.3. Isto reflete provavelmente o maior tempo de permanência do NRM nesse intervalo de altura, o qual seria, numa primeira hipótese, correlato justamente ao período entre 5000 e 2000 anos AP. No entanto, de acordo com as datações e nivelamentos realizados, parte dos vermetídeos deste intervalo de altura corresponde à subida do nível do mar em cerca de 6500 anos atrás e não à fase de mar declinante após 5000 anos AP. Isto significa que o maior tempo de permanência do NRM no intervalo de altura entre 2,1 e 4,0m relaciona-se ao fato de, no lote de amostras estudado, estes níveis referem-se tanto à subida quanto à descida do NRM. Não se descarta também a hipótese adicional de preservação preferencial dos indicadores correspondentes à subida do NRM, já que estes ficaram submersos durante o posterior período de máximo NRM, sofreram maior cimentação e, portanto podem ter oferecido maior resistência ao intemperismo e à erosão.

5.4. Observação à lupa binocular

As amostras de vermetídeos fósseis foram inicialmente examinadas à lupa binocular, com o intuito de reconhecer a estruturação geral das carapaças, as associações com outros tipos de organismos incrustantes e as possíveis alterações por dissolução e/ou cimentação. As amostras foram fotografadas, de modo a serem documentadas, antes da modificação mecânica pela retirada das alíquotas para demais análises.

De um modo geral, as amostras apresentaram grande quantidade de matriz/cimento carbonático (até 60% em volume: Figura 37), com presença subordinada de terrígenos aderidos e de pedaços de rocha aglomerados (Figuras 38). Em associação com os vermetídeos, aparecem comumente outros gastrópodes e bivalves, possivelmente fixados em vida.



Figura 37. Conchas de vermetídeos da amostra ER-A, observadas sob luz refletida à lupa estereoscópica. Destaca-se a grande quantidade de material carbonático fino, interconchas (amarelado).

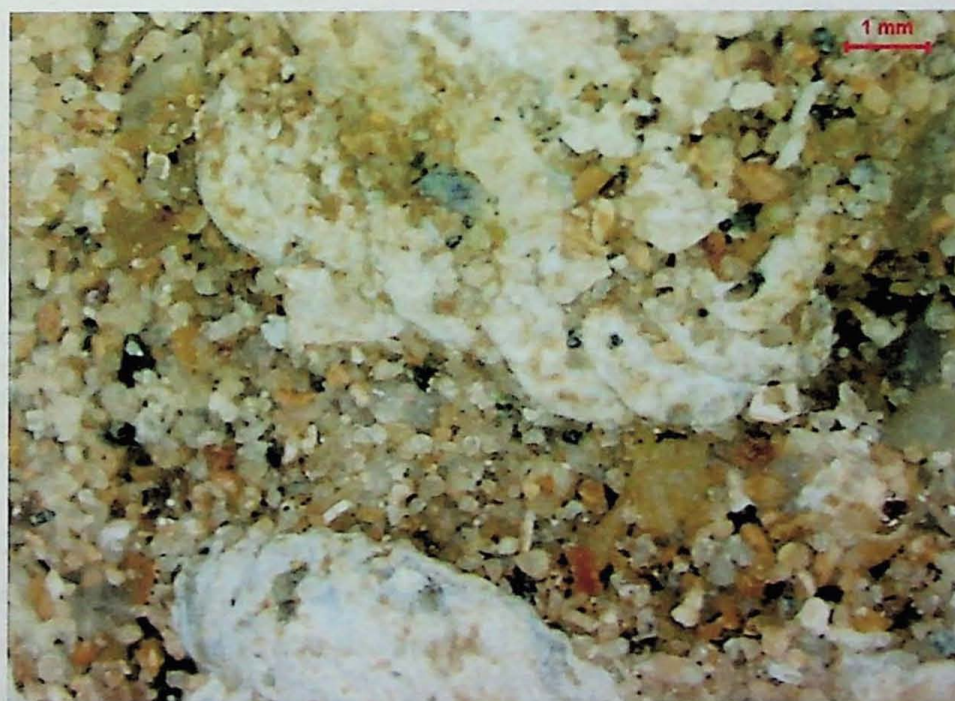


Figura 38. Grãos de material clástico, principalmente terrígeno, aglutinados por sobre bioconstrução de vermetídeos fósseis (cor esbranquiçada). Lupa estereoscópica, luz refletida. Amostra PAD-2.

Parte dos tubos apresentou, em todas as amostras, alteração superficial aparente para material esbranquiçado (Figura 38), bem como preenchimento por um ou mais dentre três tipos de material, distintos principalmente quanto a cor e textura: o primeiro é amarelado e friável; o segundo, amarronzado e maciço; e o terceiro, esbranquiçado, com estrutura fibrosa a maciça (Figura 39). Chama a atenção a variedade de formas reconhecidas nas conchas de vermetídeos, dependendo da orientação de corte, desde a em parafuso (Figuras 38 e 39), bem característica de gastrópode, até o padrão poligonal em mosaico, lembrando uma colmeia (Figura 39).

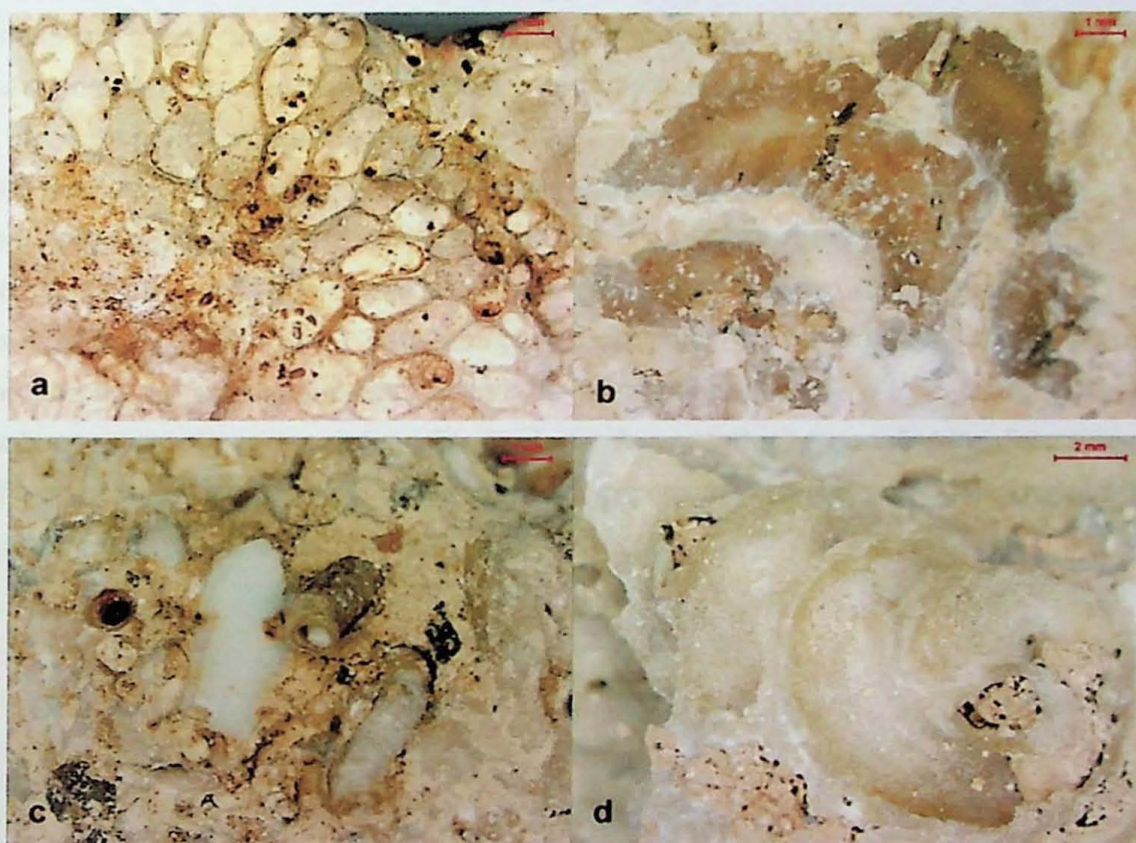


Figura 39. Tipos de preenchimento, distintos quanto a cor e textura, e formas exibidas pelas conchas de vermetídeos fósseis, conforme a orientação da seção. a) Material amarelado, friável, preenchendo conchas poligonais em mosaico (amostra DIA-1). b) Preenchimento de material amarronzado, maciço (amostra SET-9). c) Material esbranquiçado preenchendo conchas com formato de tubos (amostra ER-A). d) Concha com formato de parafuso (amostra SET-9). Lupa estereoscópica, luz refletida.

Comparando as amostras entre si e levando em consideração suas idades, observou-se que as incrustações mais jovens apresentam maior quantidade de clastos aglutinados e menor frequência de conchas preenchidas por lama carbonática que as mais velhas.

5.5. Análise petrográfica

As lâminas descritas são compostas por arcabouço bioconstruído, constituído essencialmente de conchas carbonáticas de vermetídeos (20 a 50% em volume), algas vermelhas (até 10%), equinodermas e bivalves (ambos com concentração inferior a 1%), e revestido ou preenchido por matriz/cimento carbonático (5 a 60%) e material terrígeno (até 20%), com até 30% de poros primários e secundários. O domínio de textura de crescimento orgânico permite classificar as rochas como biolititos (segundo Folk 1959) ou *boundstones* (segundo Dunham 1962). Em geral, não apresentam feições de modificação diagenética ligadas à compactação química ou mecânica, mas podem conter indícios de dissolução das conchas (porosidade secundária do tipo móldica em meio a carbonato fino com caráter de matriz/cimento).

As conchas individuais de vermetídeos possuem variação de tamanho (0,1mm até cerca de 5mm) e formato (em parafuso, ovalado, circular, semicircular e poligonal em mosaico), dependendo da orientação de corte, mas provavelmente também de aspectos biológicos-ecológicos, como posição em relação ao recife (Figura 40). Sua coloração é tipicamente esbranquiçada, ou, menos comumente, amarelada. A proporção representada pelas conchas de vermetídeos, sobre o total da amostra em volume, aumenta com a diminuição da idade. Sua estrutura é concêntrica, formada por diversos anéis com cerca de 0,1mm de espessura, constituídos tipicamente por carbonato de textura fibro-radiada.

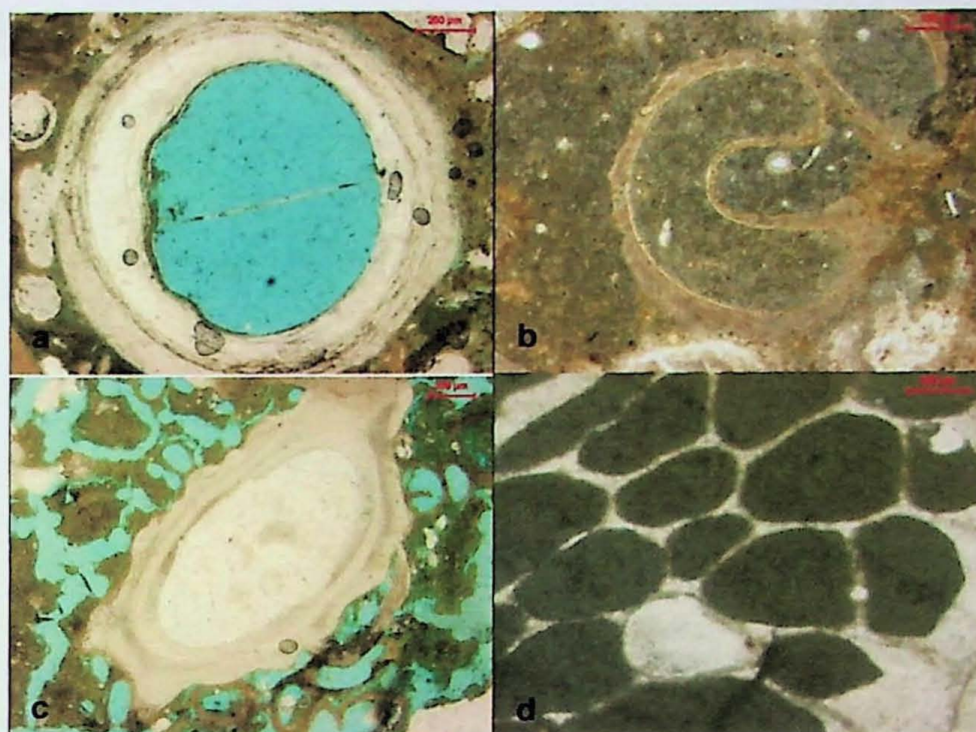


Figura 40. Diversos formatos de conchas observados ao microscópio de luz polarizada (nicóis paralelos), dependendo da orientação de corte e de aspectos biológicos-ecológicos. a) Circular (amostra ER-A). b) Semicircular ou em "C" (amostra ER-C). c) Ovalado (amostra SET-9). d) Poligonal em mosaico (amostra DIA-1).

O principal grupo de organismos cujos vestígios aparecem associados aos vermetídeos é o das algas vermelhas, representadas pelos gêneros *Lithophyllum* e *Goniolithon*. A exemplo dos vermetídeos, as algas vermelhas possuem diversidade de tamanho (até 3mm) e formato individual (formas elipsoides alongadas marcadas internamente por meniscos curvos, com textura interna micro-reticulada) ou de agregado (massas incrustantes sobre os vermetídeos) (Figura 41). Sua maior concentração em volume (10%) ocorre na amostra correspondente ao NRM máximo, havendo redução desta porcentagem à medida que diminui a idade. Nas amostras mais jovens, tem-se o aparecimento de carapaças de outros organismos (< 1%), como bivalves e placas de equinodermas de cor rósea (estas identificados pelo padrão em "renda", com porosidade grosseira, e pelo caráter monocristalino, evidenciado pela extinção óptica simultânea) (Figura 42).

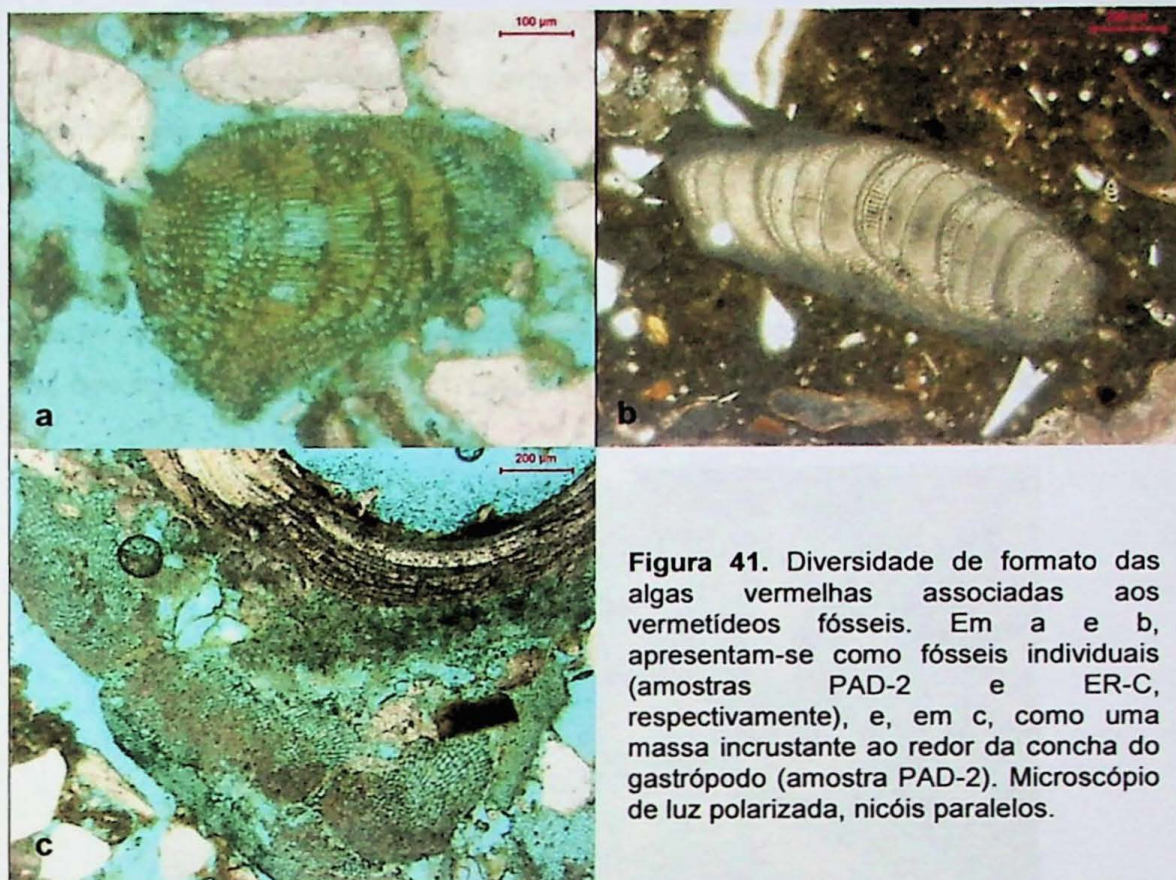


Figura 41. Diversidade de formato das algas vermelhas associadas aos vermetídeos fósseis. Em a e b, apresentam-se como fósseis individuais (amostras PAD-2 e ER-C, respectivamente), e, em c, como uma massa incrustante ao redor da concha do gastrópodo (amostra PAD-2). Microscópio de luz polarizada, nicóis paralelos.

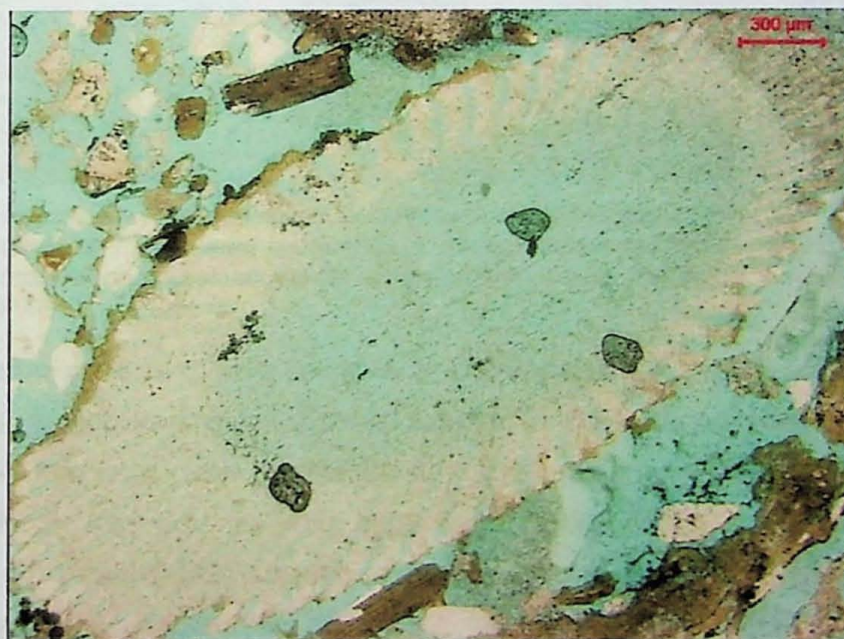


Figura 42. Placa de equinoderma rósea caracterizada pelo padrão microperfurado ("em renda"), com poro intragranular central. Microscópio de luz polarizada, nicóis paralelos. Amostra SET-9.

O material terrígeno presente é composto principalmente por quartzo, feldspato e micas, correspondente à mineralogia essencial da rocha incrustada (kinzigito). Seus grãos apresentam tamanho variado e arredondamento inversamente correlacionável

ao tamanho, já que grãos menores encontram-se mais arredondados e grãos maiores angulosos. A concentração e a textura dos grãos terrígenos variam de maneira peculiar com a idade das amostras: na amostra com cerca de 5800 anos AP, os grãos são em média maiores e angulosos (até 2mm) e correspondem a 7% a 10% do total da amostra; nas mais velhas, tornam-se menores (0,1mm a 0,75mm) e arredondados e diminuem em proporção para no máximo 3%; e nas mais jovens, ocorrem pequenos e bem selecionados (aproximadamente 0,25mm), dispostos principalmente ao redor das conchas de vermetídeos, em proporções da ordem de 20% do total (Figura 43).

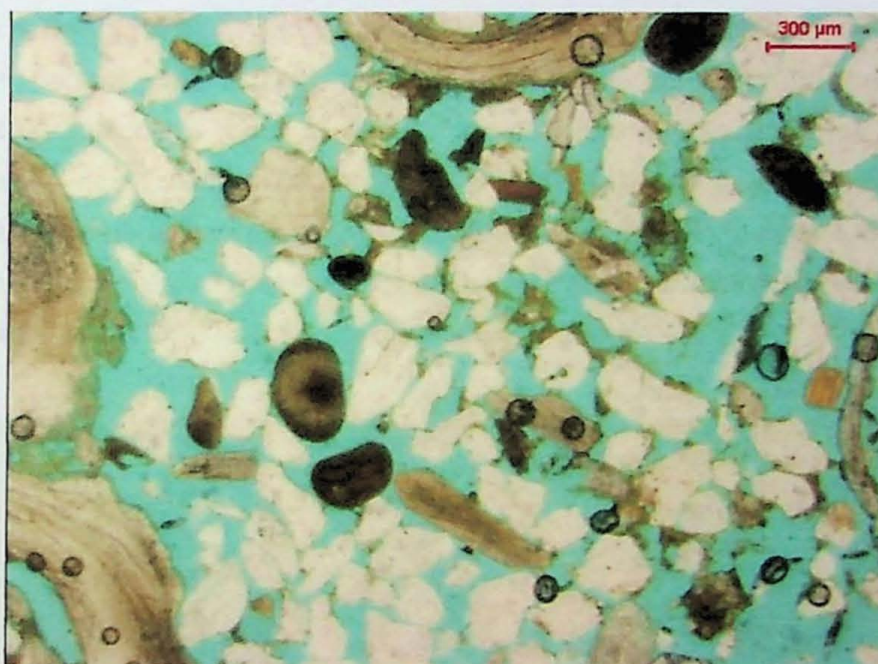


Figura 43. Material clástico (principalmente terrígeno) presente na amostra mais jovem, pequenos e melhor selecionados do que nas mais velhas. Microscópio de luz polarizada, nicóis paralelos. Amostra PAD-2.

O carbonato intersticial é tipicamente criptocristalino e impuro (isto é, associado a terrígenos e alóbioquímicos), correspondendo a 60% na amostra de maior cota (acima de 4,0m), com clara diminuição nas amostras mais novas (5% apenas, na amostra PAD.2, de cerca de 450 anos cal) (Figura 45). Considerando a idade holocênica e a profundidade superficial de formação e modificação pós-deposicional das incrustações estudadas, sem efeito de soterramento, é pouco provável a geração de cimento espático (*sensu* Folk 1962, isto é, maior que 30 μm). O material carbonático fino, criptocristalino, encontrado nos interstícios da incrustação, pode tanto possuir caráter de matriz particulada, depositada por decantação e/ou adesão a partir da água de submersão ou de aerossol, como pode ter caráter de cimento, precipitado quimicamente ou bioquimicamente a partir da água intersticial. Feições típicas e

diagnósticas de um ou de outro tipo de origem, como preenchimento geopetal (no caso de matriz) ou revestimento acicular (no caso do cimento), não foram identificadas com segurança na microscopia óptica.

Conforme já observado à lupa binocular, as conchas podem apresentar-se parcial ou totalmente preenchidas por carbonato. O material de preenchimento intraconcha ora é análogo ao encontrado na matriz/cimento carbonático do espaço interconchas, com ou sem terrígenos, ora é dele visivelmente distinto, especialmente quanto à maior pureza.

A porosidade apresenta-se segundo três tipos, adaptados da classificação de Choquette & Pray (1970): 1) interconchas, 2) intraconcha e 3) móldica, sendo os tipos 1 e 2 de caráter deposicional (primário) e associados à própria estrutura de crescimento orgânico e o tipo 3 de caráter pós-deposicional (secundário), proveniente da dissolução das conchas carbonáticas (Figura 44). Numa tendência oposta à descrita para o material intersticial (matriz/cimento carbonático), a porosidade aumenta com a diminuição da idade relativa, variando de 2%, na amostra correspondente ao NRM máximo, a até 30%, na amostra mais recente (Figura 45).

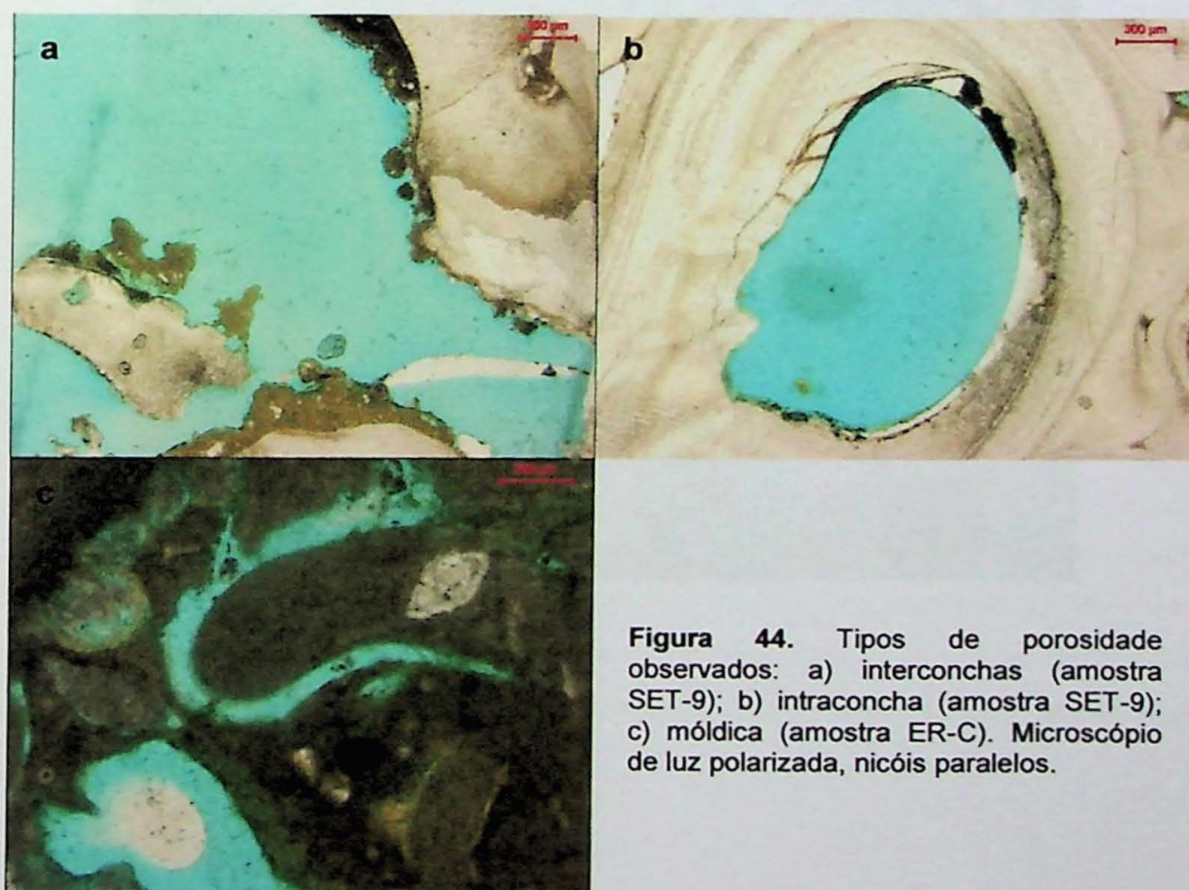
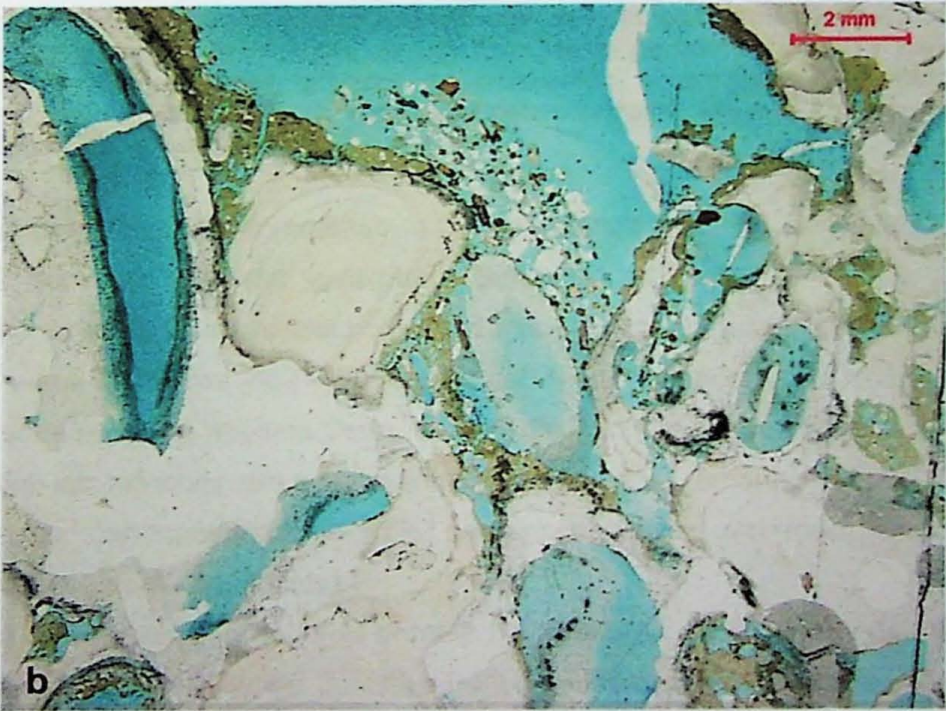
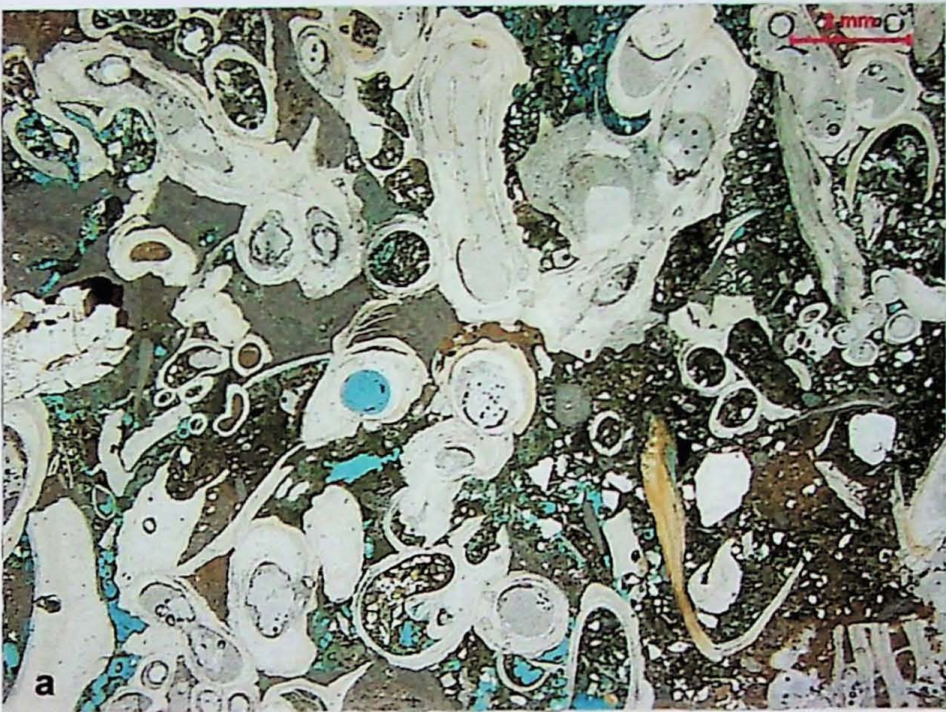


Figura 44. Tipos de porosidade observados: a) interconchas (amostra SET-9); b) intraconcha (amostra SET-9); c) móldica (amostra ER-C). Microscópio de luz polarizada, nicóis paralelos.



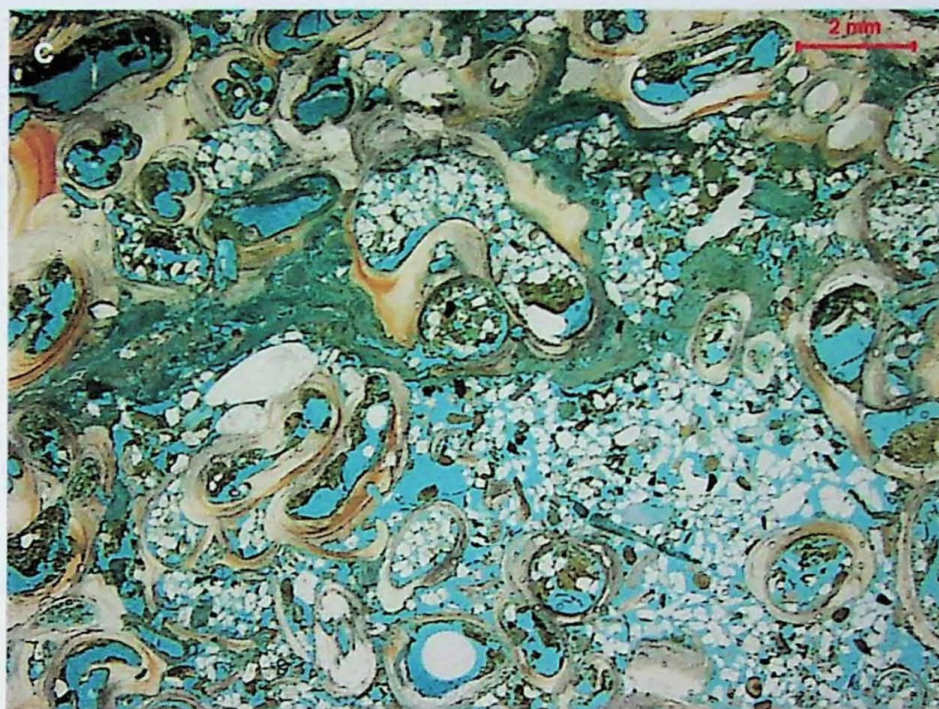


Figura 45. Visão geral das lâminas da amostra de cota relativa mais alta, de cerca de 5500 anos cal AP, até a mais baixa, de cerca de 450 anos (de a para c, respectivamente). Notar aumento na porosidade e diminuição do material intersticial com a redução da cota. Lupa estereoscópica, luz refletida. Amostras ER-A, SET-9 e PAD-2.

As amostras que representam a fase de subida do NRM, com idade por volta de 5800 anos cal AP, são exceção a tendência de aumento na porosidade e diminuição do material intersticial com a redução da cota (Figura 46). A representante do NRM entre 3,1 e 4m (5662 – 5902 anos cal AP), é composta por 30% de conchas de vermetídeos de no máximo 3mm, e cerca de 10% de alga vermelha. O material carbonático interconchas tem apenas 5% de terrígenos de tamanho variado (até 2mm) e angulosos, correspondendo a 67% da amostra como um todo. A porosidade corresponde somente 2% do total.

Já a representante do NRM entre 2,1 e 3m (5731 – 5981 anos cal AP, Figura 47) é composta por 30% de conchas de vermetídeos de no máximo 1mm, sem associação com albioquímicos. O material carbonático interconchas é pobre em impurezas (apenas 2% de terrígenos, finos, no máximo 0,7mm, e pouco angulosos), correspondendo a 67% da amostra como um todo. A porosidade, unicamente intraconcha, totaliza 3% do total.

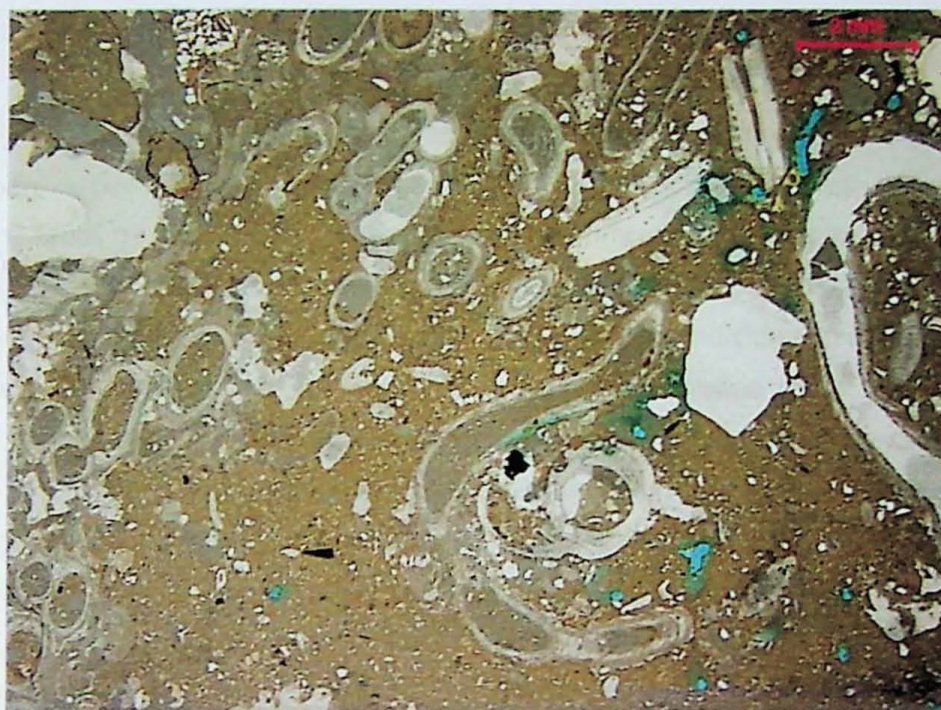


Figura 46. Visão geral da lâmina da amostra de cota intermediária (3,1-4,0m) de 5662 - 5902 anos cal AP. Lupa estereoscópica, luz refletida. Amostra DIA-1.



Figura 47. Visão geral da lâmina da amostra de cota intermediária (2,1-3,0m) e idade de 5731 - 5981 anos cal AP. Notar aparente pureza do carbonato micrítico intersticial, baixa porosidade e ausência de alóbioquímicos e terrígenos. Lupa estereoscópica, luz refletida. Amostra DIA-1.

5.6. Microanálise morfológica ao MEV/EED

A análise ao MEV/EED teve como objetivos principais: 1. observar com detalhe maior que o permitido pela microscopia óptica a relação entre as conchas e os cimentos, tanto os de preenchimento intraconcha como os de revestimento superficial; 2. tentar realizar, com base no hábito cristalino, a distinção entre material calcítico e aragonítico; e 3. detalhar a morfologia das conchas individuais e da trama de bioconstrução. Para atingir tais objetivos, foram selecionadas duas amostras, com base em diferenças de cota, idade e composição das conchas segundo os resultados prévios de DRX: SET-9, mais nova (1977 - 2280 anos cal AP), de cota mais baixa (1,7 m) e com composição aragonítica, e ER-A, mais velha (5436 - 5645 anos cal AP), de cota mais alta (4,1 m) e com composição mista calcita-aragonita.

Comparativamente, a amostra de cota mais baixa apresentou-se menos cimentada do que a mais alta (Figura 48), como já esperado com base nos resultados de análise por DRX e de exame à lupa binocular e ao microscópio óptico.



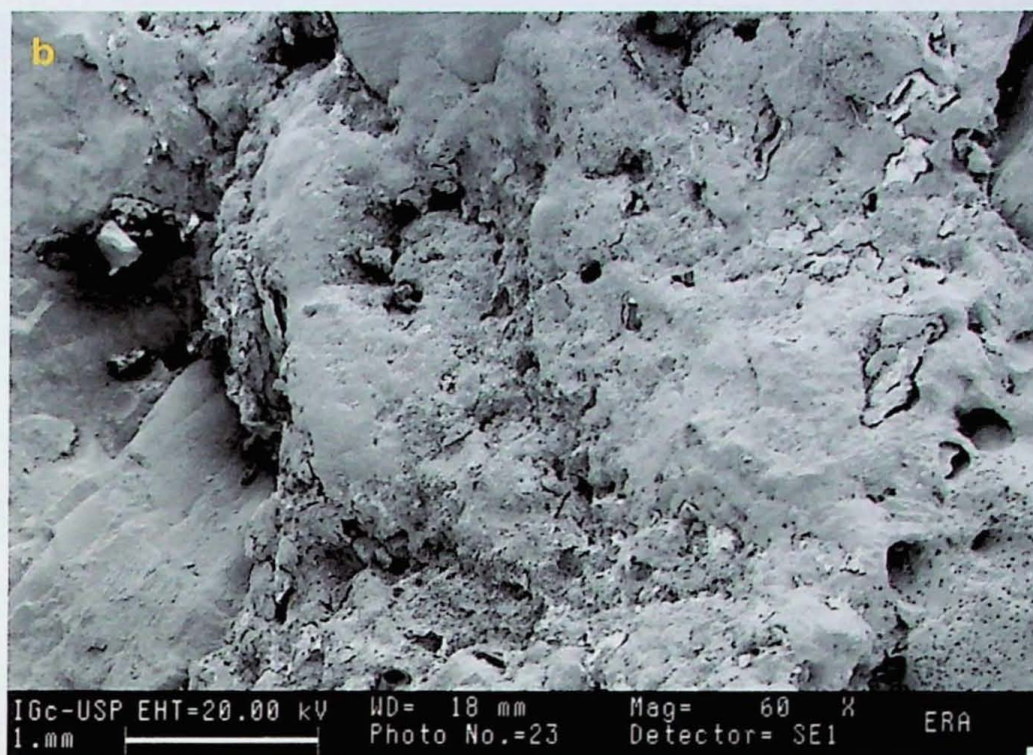


Figura 48. Visão geral das amostras analisadas ao MEV, em imagens de elétrons secundários. a) SET-9, praia de Setiba, paleonível 1,7m; b) ER-A, praia do Ermitão, paleonível 4,1m. Atentar para o maior grau de cimentação da amostra ER-A.

O menor grau de cimentação e de dissolução da amostra de cota inferior (Figura 49a) possibilitou identificar, com maior facilidade, o hábito dos cristais que compõem as conchas de vermetídeo. Trata-se de agregados de placas poligonais orientadas segundo uma mesma direção, hábito similar ao ilustrado na literatura para aragonita (Figura 49b e c). Observou-se ainda acamamento interno das conchas, disposto concordantemente à sua superfície, com as placas aragoníticas orientadas aparentemente perpendiculares a estas camadas e radiais em relação a concha (Figura 49d). Na amostra de cota superior, as conchas também apresentam composição aragonítica, a julgar pela micromorfologia dos cristais, porém a maior cimentação por calcita micrítica dificulta reconhecer a forma tanto das conchas individuais como dos cristais que as compõem (Figura 50).

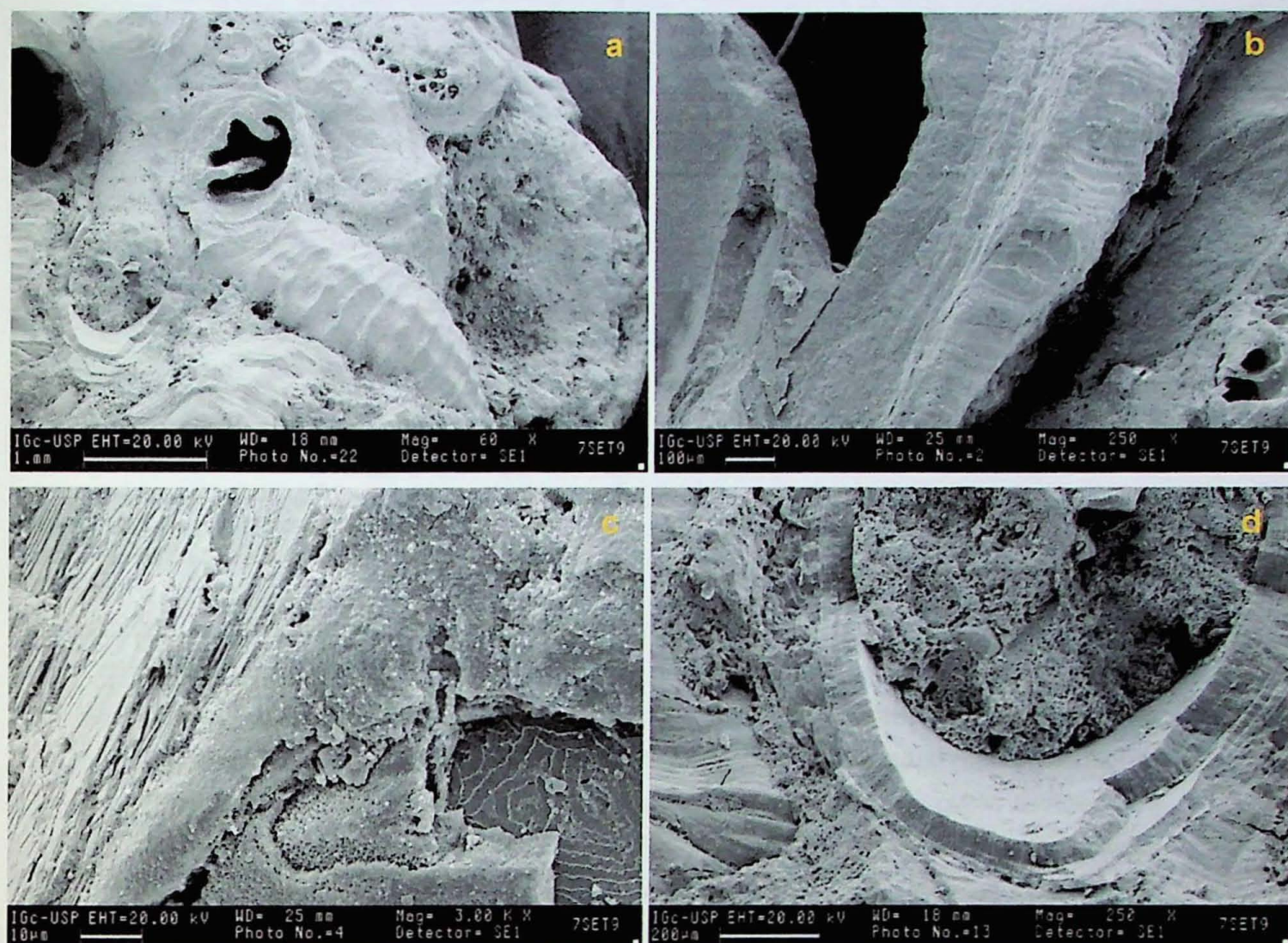


Figura 49. Eletromicrografias de MEV, detector de elétrons secundários, da amostra SET-9, paleonível 1,7m. a) carapaças tubulares de vermetídeos, observadas em vista longitudinal e em seção transversal; b) detalhe de concha aragonítica de vermetídeo, composta por placas em arranjo radial; c) detalhe da disposição das placas de aragonita, evidenciando diferença de direção entre placas superficiais, com arranjo tangencial, e placas internas, com arranjo radial; notar revestimento por calcita micrítica; d) túbulo de vermetídeo preenchido por calcita micrítica; notar acamamento concordante com as paredes do túbulo, com cada camada composta por placas de aragonita radiais.

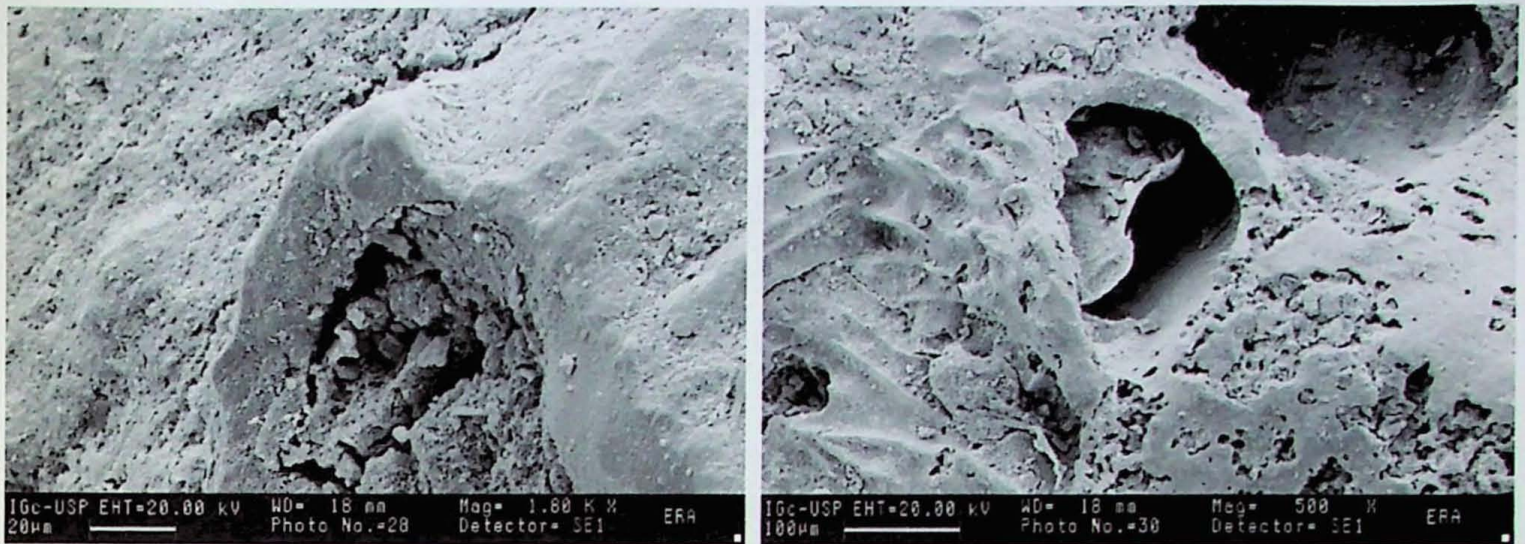


Figura 50. Eletromicrografias de MEV, detector de elétrons secundários, da amostra ER-A, paleonível 4,1m. Notar a intensa cimentação micrítica da amostra, tanto de preenchimento intraconcha como de revestimento, o que dificulta a identificação do hábito dos minerais que compõem as carapaças.

Este material micrítico, conforme previamente já observado em microscópio óptico, ocorre na forma de revestimentos e preenchimentos, em ambas as amostras. A micrita é de fácil distinção em relação às conchas, devido a seus cristálitos tabulares menores que $2\mu\text{m}$, sem forma definida, dispostos em trama aparentemente caótica (Figura 51). Em meio ao cimento, notou-se ainda a presença de grãos terrígenos e fragmentos de origem biogênica (Figura 52). A presença de fragmentos bioclásticos diminutos permite cogitar a hipótese de que parte da micrita seja não precipitada quimicamente, mas sim material bioclástico fino aderido ou aprisionado na bioconstrução.

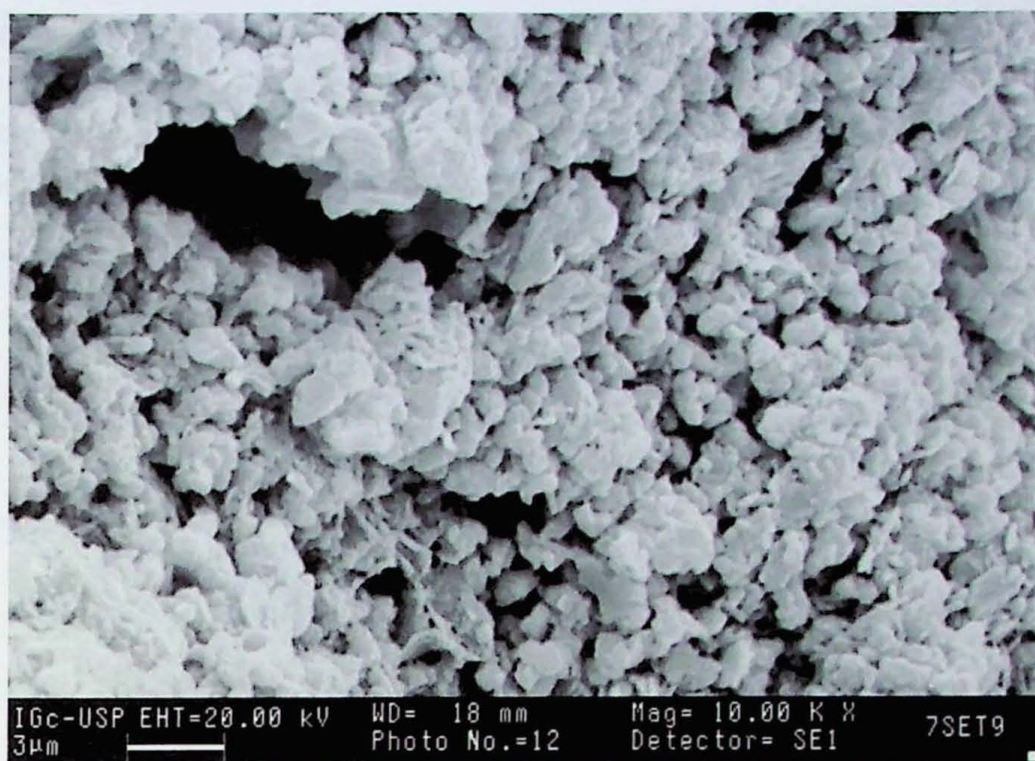


Figura 51. Material micrítico, caracterizado por agregado aparentemente caótico de cristálitos placoides ou tabulares, menores que 2µm. Eletromicrografia de MEV, detector de elétrons secundários, amostra SET-9.

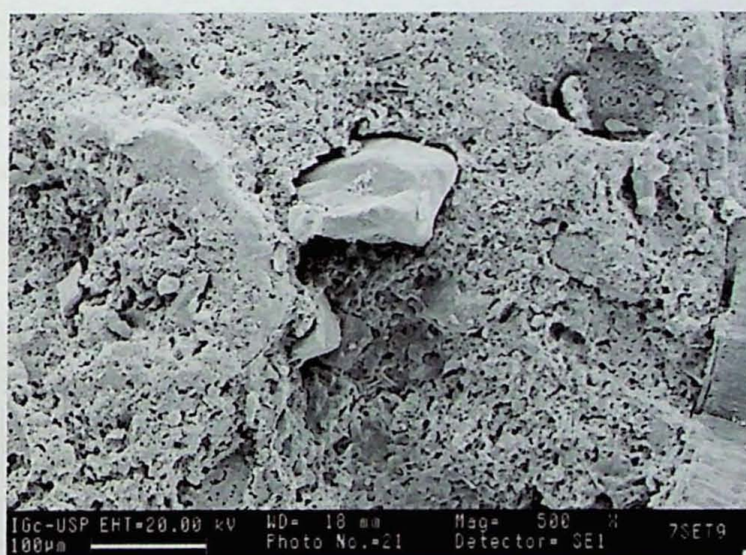


Figura 52. Eletromicrografia de MEV, detector de elétrons secundários, da amostra SET-9, paleonível 1,7m, com destaque para a presença de grãos, provavelmente terrígenos, em meio à micrita de revestimento ou preenchimento.

Como impregnação na superfície e nas seções transversais naturais das conchas, identificou-se, em ambas as amostras, a presença de uma capa composta por microspatos romboédricos de calcita secundária, com faces ocas (Figura 53). Importante ressaltar que a amostra mais velha apresentou maior quantidade e

espessura desta capa calcítica (Figura 54 e 55), fato talvez relacionado à exposição mais intensa e/ou prolongada a águas pluviais, indício de que tais cristais seriam resultantes da dissolução e reprecipitação de CaCO_3 , e não gerados apenas pela precipitação direta de CaCO_3 da água do mar.

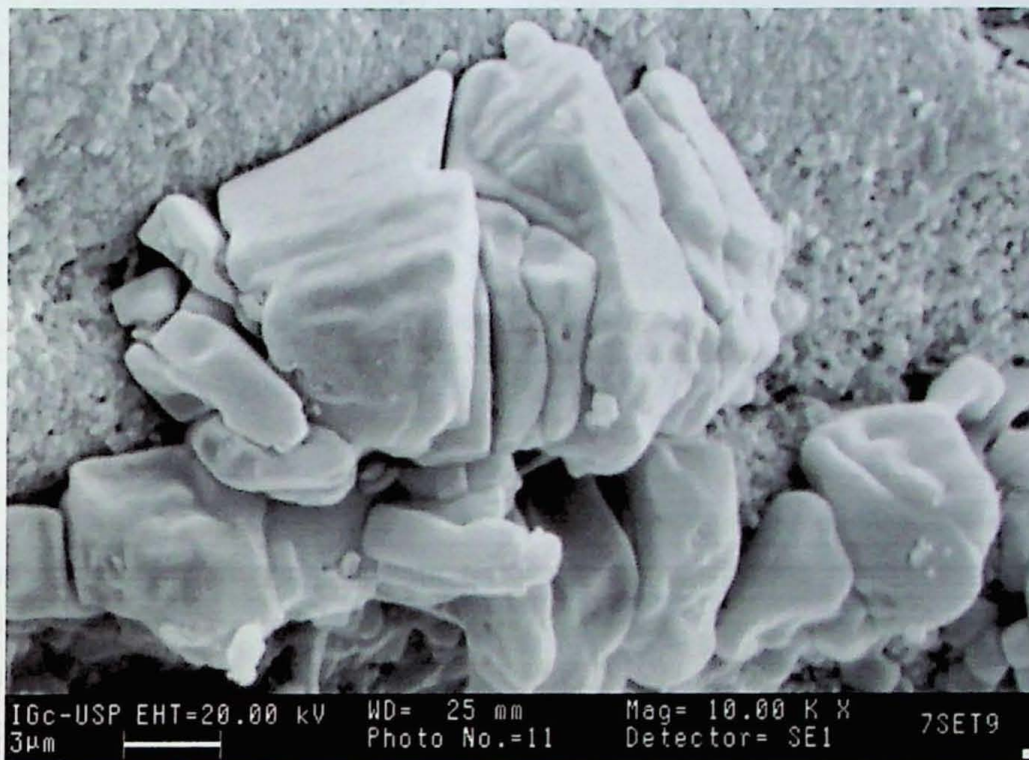


Figura 53. Detalhe dos microespatos romboédricos de calcita. Eletromicrografia de MEV, detector de elétrons secundários, amostra SET-9.

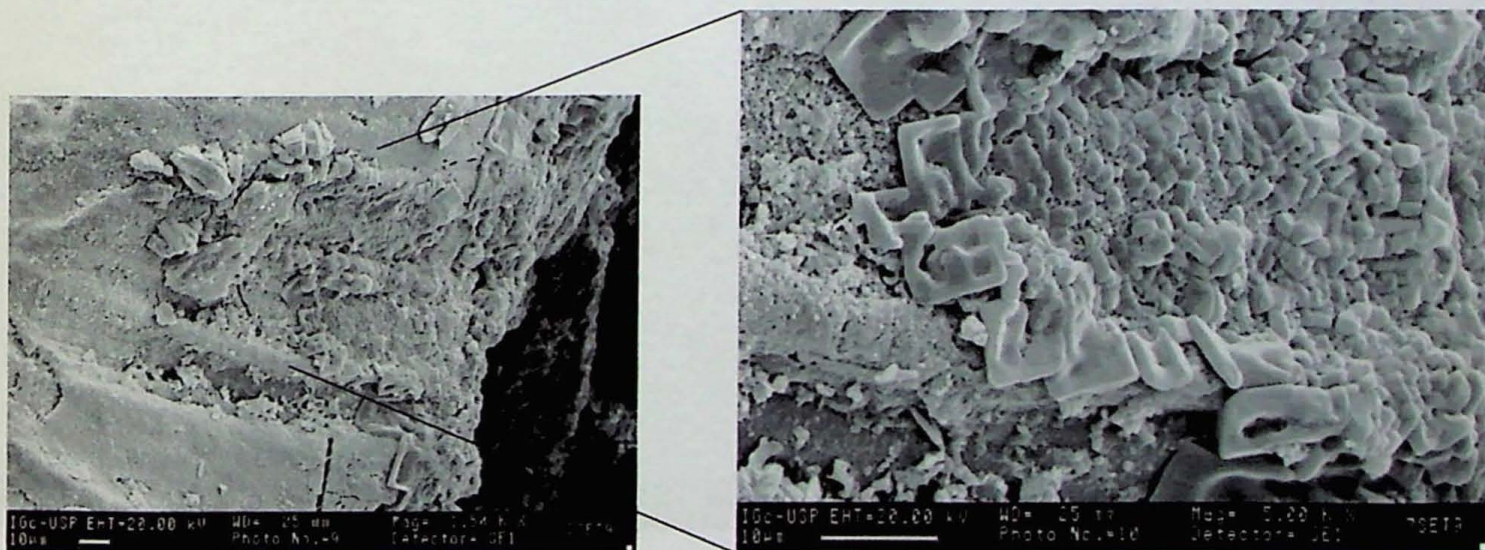


Figura 54. Capa de microespatos romboédricos ocos de calcita, formando película delgada de revestimento sobre seção transversal de carapaça de vermetídeo. Eletromicrografias de MEV, detector de elétrons secundários, amostra SET-9.

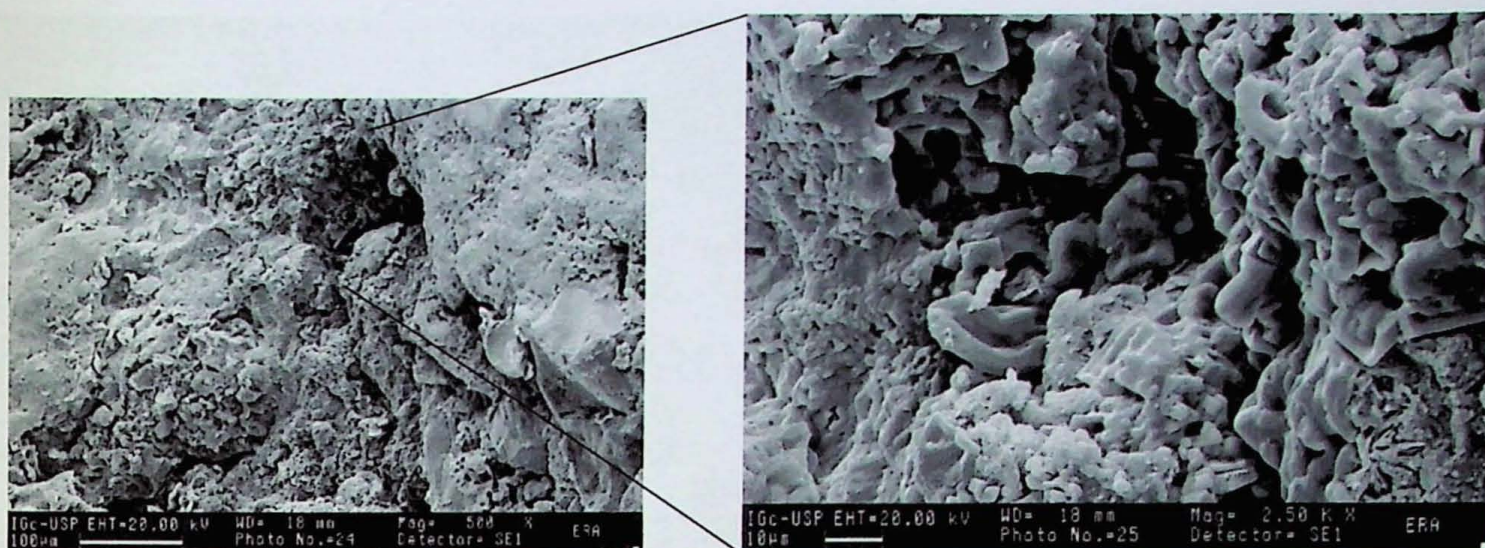


Figura 55. Capa calcítica espessa na amostra de cota superior (ER-A). Notar agregado de romboedros ocos na imagem de detalhe, à direita. Eletromicrografias de MEV, detector de elétrons secundários.

Na amostra SET-9, observou-se entre as conchas a presença de revestimentos com estrutura de aspecto celular, atribuídos a alga vermelha já identificada em lâmina delgada. Trata-se de agregados de anéis ou microcavidades com 5 a 12 μm de diâmetro (Figura 56), que, sob grandes aumentos, exibem internamente textura verrugosa (Figura 57). Considerando o hábito bentônico deste tipo de alga, e sua disposição espacial em relação aos vermetídeos, parece provável que ela atue como cimento interconchas, auxiliando na estabilidade mecânica da bioconstrução.

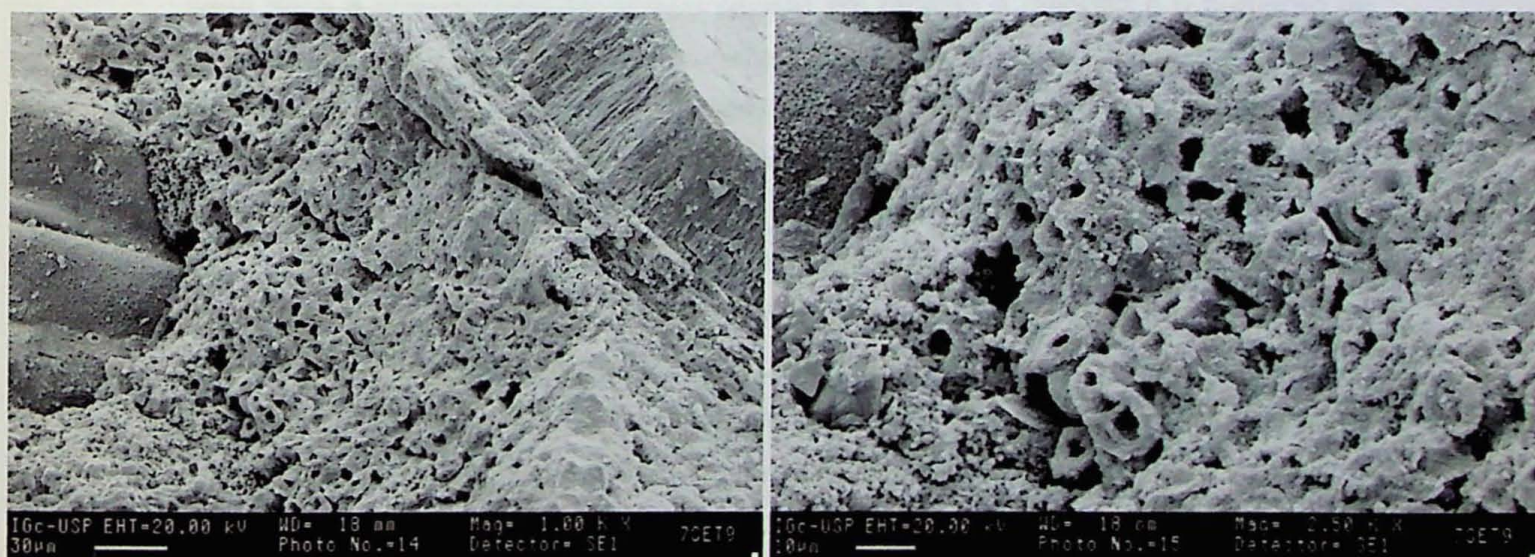


Figura 56. Conchas de vermetídeo revestidas por incrustação com textura em microcavidades de seção subcircular, atribuída a alga vermelha. Eletromicrografia de MEV, detector de elétrons secundários, amostra SET-9.

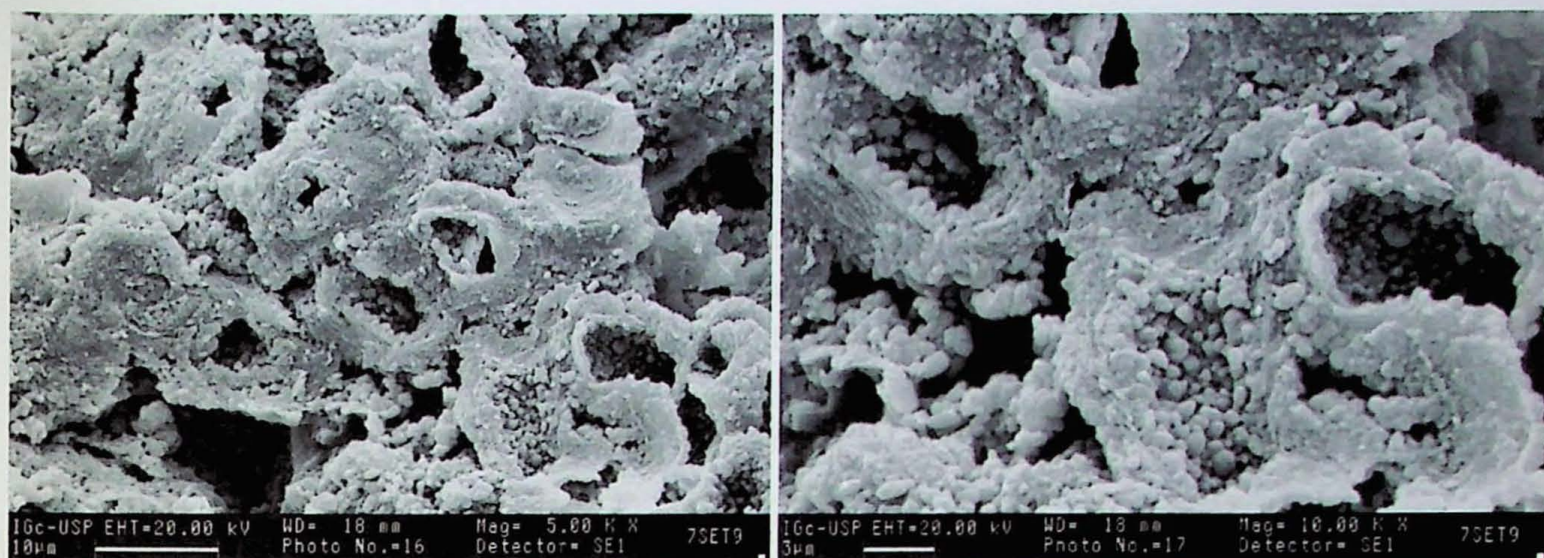


Figura 57. Detalhe das microcavidades de provável alga vermelha, com textura verrugosa interna. Eletromicrografia de MEV, detector de elétrons secundários, amostra SET-9.

5.7. Análise isotópica

O exame dos resultados de análise de isótopos estáveis de C e O partiu de duas premissas básicas: 1) variações nos isótopos de C em conchas costeiras podem indicar influência de águas continentais no ambiente no qual elas se desenvolveram (Newton & Bottrell 2007); e 2) variações nos isótopos de O estão relacionadas a mudanças na temperatura e/ou salinidade de águas marinhas onde se deu crescimento das incrustações (González-Delgado *et al.* 2005). Em ambos os casos, a água doce é empobrecida no isótopo pesado em relação à marinha e o aumento de seu aporte à costa pode refletir-se em redução da razão isotópica da concha. Deve ser levado em consideração também o efeito do enriquecimento das águas costeiras superficiais no isótopo pesado de O, com o aumento de latitude ao longo da costa leste do Brasil (item 3.1.3).

Na ausência, até o momento, de resultados de datação para todos os vermetídeos coletados, os resultados isotópicos também foram estudados quanto a sua relação com as cotas relativas. Com base nos dados anteriores de Angulo *et al.* (2006) e nas datações já realizadas, pode-se supor que grosso modo exista correlação direta entre a cota, representativa do paleonível relativo do mar, e a idade dos vermetídeos. Exceções encontram-se entre as cotas intermediárias, que refletem tanto a subida quanto a descida do nível do mar, podendo, portanto, uma mesma cota, representar idades diferentes. Ainda assim, de maneira generalista, a variação isotópica em função das cotas deve, ainda que indiretamente, refletir a variação em função da idade.

Foram analisadas quanto a isótopos estáveis de C e O 30 amostras de vermetídeos. Resultados atípicos ou muito discrepantes em relação à distribuição como todo (valores *outliers*, isto é, situados acima ou abaixo de 1,5 vez o intervalo interquartis) foram descartados para efeito de elaboração dos diagramas de dispersão em função da cota. Os diagramas de dispersão dos valores isotópicos de O dos vermetídeos de Guarapari em função da cota (Figura 58) e da idade (Figura 59) foram comparados com gráfico construído de modo análogo para os vermetídeos de Laguna-Imbituba, SC (Giannini 2007, Figura 60). Os diagramas de dispersão dos resultados isotópicos de C de vermetídeos de Guarapari encontram-se nas Figuras 61 e 62.

Os resultados de $\delta^{18}\text{O}$ apresentam tendência ascendente com o decréscimo da cota relativa e da idade, porém com baixo coeficiente de correlação linear r . Com base na premissa 2, esta tendência de provável acréscimo com a idade poderia ser interpretada como resultante de resfriamento e/ou aumento de salinidade da água marinha costeira na região, no decorrer da segunda metade do Holoceno.

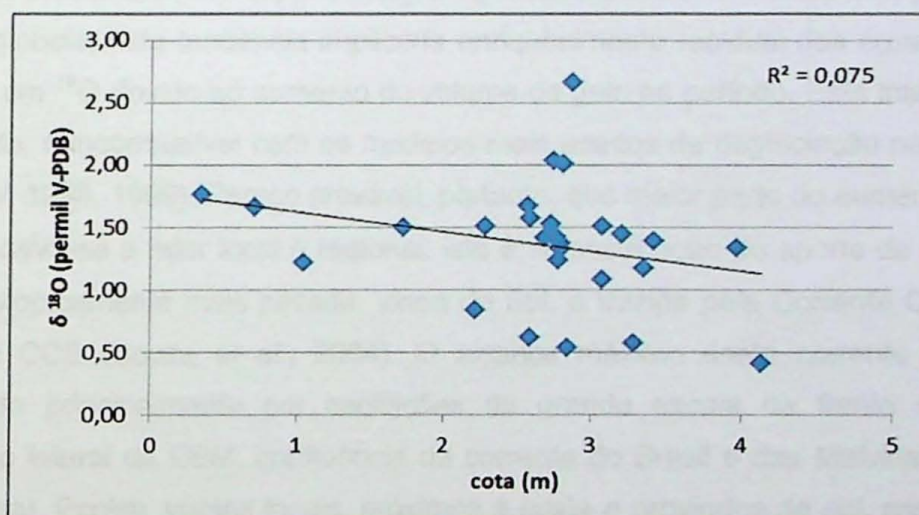


Figura 58. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{18}\text{O}$ e cota relativa para 27 amostras de vermetídeos. Correlação linear ($r = 0,274$), aceitável a nível de significância α (erro I) de 0,1.

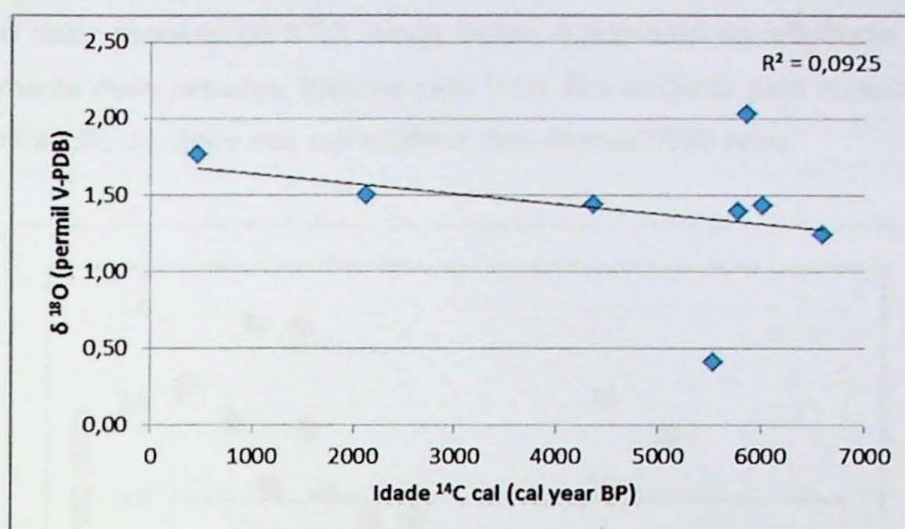


Figura 59. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{18}\text{O}$ e idade ^{14}C calibradas (ponto mediano do intervalo) para oito amostras de vermetídeos. Correlação linear ($r = 0,304$), aceitável a nível de significância α (erro I) de 0,2.

A tendência de $\delta^{18}\text{O}$ crescente com a redução de idade abarca todo o intervalo de tempo amostrado, correspondente aos últimos 6,5 mil anos. Caso interpretada em termos globais, esta tendência implicaria enriquecimento residual das águas na zona costeira em ^{18}O devido ao aumento do volume de gelo no período. Esta interpretação, entretanto, é incompatível com os modelos mais aceitos de deglaciação no Holoceno (Arz *et al.* 1998, 1999). Parece provável, portanto, que maior parte do aumento gradual de $\delta^{18}\text{O}$ deva-se a fator local a regional, isto é, intensificação do aporte de água mais fria e isotopicamente mais pesada, vinda de Sul, e trazida pela Corrente Costeira do Brasil, a CCB (Souza *et al.*, 2004). O alcance máximo desta corrente a norte é controlado principalmente por oscilações de grande escala da frente subtropical (extensão lateral da CBM, confluência da corrente do Brasil e das Malvinas, sobre a plataforma). Porém, ventos locais, próximos à costa e provindos de sul, associados à chegada das frentes frias e de ondas de S e SE até o sul da Bahia (Tessler *et al.*, 2005), podem contribuir para a intrusão desta corrente mais a norte, principalmente nos meses de Junho a Setembro.

Comparados aos dados obtidos por Angulo *et al.* (1999, 2006) na costa catarinense, estes resultados evidenciam mesmo padrão de variação. A análise dos dados de Santa Catarina permite notar uma particularidade: o valor absoluto de $\delta^{18}\text{O}$ é menor do que o de Guarapari ($\Delta\delta^{18}\text{O} = \delta^{18}\text{O}_{\text{Guarapari}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{Sta. Catarina}} \approx 1,6\text{‰}$, constante ao longo dos últimos 6,0 mil anos). Esta diferença pode ser explicada pelo fato de que as águas costeiras da Região Sul estão sob a influência não somente da BBC, mas da Pluma do Rio de La Plata (Piola *et al.* 2000, Piola & Romero 2004), a qual traria águas menos salinas a superfície, enriquecidas no isótopo leve de oxigênio, diminuindo

portanto o valor absoluto do $\delta^{18}\text{O}$. Ainda assim, o aumento da influência das águas isotopicamente mais pesadas, trazidas pela CCB, fica evidente pelo aumento do $\delta^{18}\text{O}$ com a diminuição da idade dos vermetídeos, nos últimos 6000 anos.

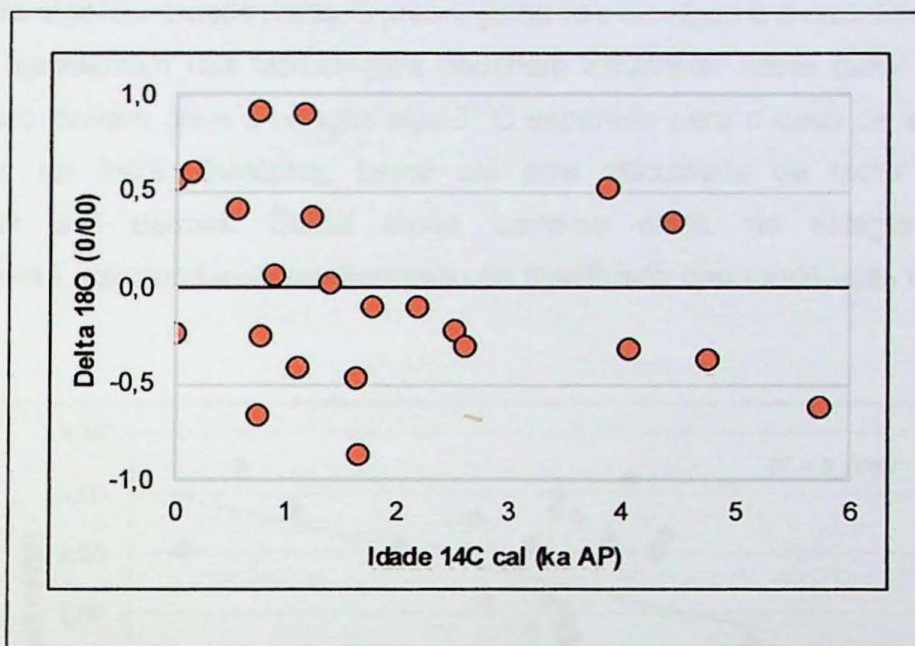


Figura 60. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{18}\text{O}$ e idades ^{14}C calibradas (ponto mediano do intervalo) para amostras de vermetídeos coletadas *in situ* no litoral de Santa Catarina, entre Imbituba e Laguna. Base de dados extraída de Angulo *et al.* (1999, 2006). Correlação linear inversa ($r = 0,289$), aceitável a nível de significância α (erro I) de 0,1.

Desse modo, os resultados aqui apresentados, somados aos de Angulo *et al.* (1999) e aos dados antracológicos de sambaquis de Santa Catarina (presença de evidências de mangue na região, no Holoceno médio (Deblasis *et al.* 2007) constituiriam indício de que mudanças na intensidade da circulação oceânica costeira, ao menos nos últimos 5000 anos, teriam afetado toda Região Sul-Sudeste do país.

Tanto para o Espírito Santo quanto para Santa Catarina, as datações de vermetídeos fósseis indicam que o fator definitivo para seu desaparecimento, ou drástica diminuição no número de representantes vivos, só foi atingido em tempo histórico. Admitido o indício de que as águas costeiras do Espírito Santo teriam sofrido o mesmo processo de resfriamento, ao longo da segunda metade do Holoceno, experimentado pela águas costeiras catarinenses, o desaparecimento gradual dos vermetídeos na região foco deste projeto poderia, a princípio, ser atribuída à temperatura das águas.

Já os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ mostraram correlação linear com a cota relativa e com as idades muito melhor que os de $\delta^{18}\text{O}$, com indicação de aumento da razão isotópica com a redução da cota e da idade. Desta forma, poderia ser inferido, a partir da

premissa 1 enunciada no início deste item, diminuição da influência de águas continentais nesta região (Newton *et al.* 2007). Porém, segundo González-Delgado *et al.* (2005), variações nas razões isotópicas de carbono podem também ocorrer devido à influência algácea. Desse modo, a presença ou não de algas e a quantidade na qual estas se apresentam nas incrustações poderiam influenciar neste caso. Porém, os autores não deixam clara a relação alga- $\delta^{13}\text{C}$ esperada para o caso de aumento ou diminuição na fração isotópica, talvez até pela dificuldade de isolar este fator controlador dos demais. Desse modo, torna-se difícil, no estágio atual de conhecimento, aprofundar-se na discussão do significado das tendências de variação do $\delta^{13}\text{C}$.

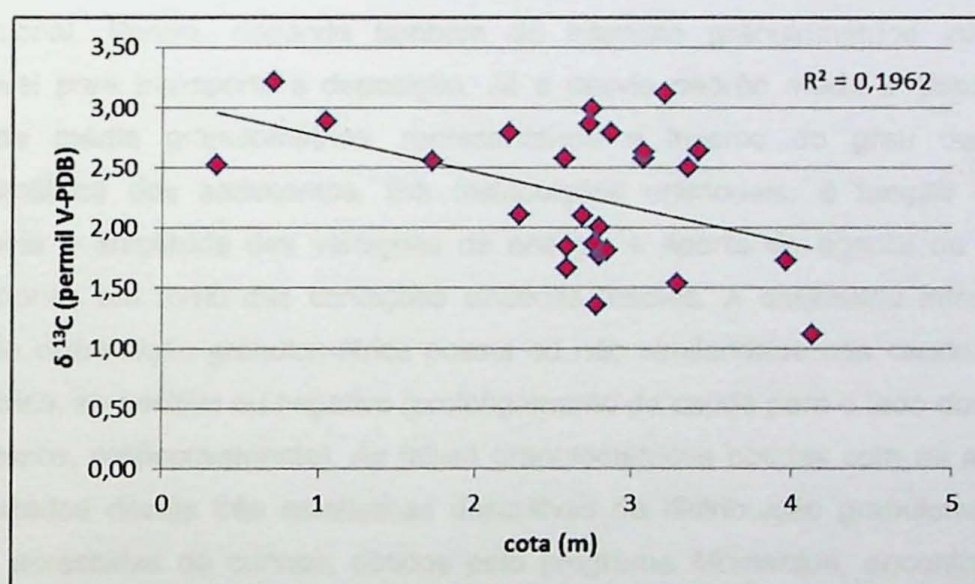


Figura 61. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{13}\text{C}$ e cota relativa para 27 amostras de vermetídeos. Correlação linear ($r = 0,442$), aceitável a nível de significância α (erro I) de 0,01.

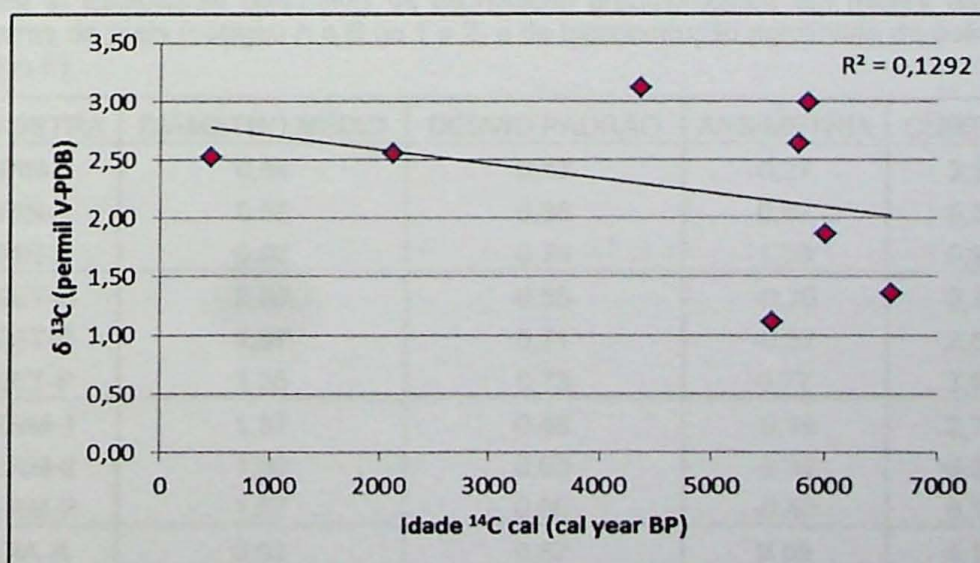


Figura 62. Gráfico de dispersão entre valores de $\delta^{13}\text{C}$ e idade ^{14}C calibradas (ponto mediano do intervalo) para 27 amostras de vermetídeos. Correlação linear ($r = 0,359$), aceitável a nível de significância α (erro I) de 0,2.

5.8. Análise granulométrica

A partir dos resultados de análise granulométrica e do teor de minerais pesados de colônias aglutinadas de *Phragmatopoma*, procurou-se observar se havia algum tipo de seleção ou estratégia na escolha de tamanho de grão, exercida por este poliqueta durante a construção dos seus tubos. Esta possibilidade é relevante, na medida em que pode, em tese, determinar limitações de distribuição no animal usado como *datum*. Para tal, foram analisadas três amostras de cada praia, sendo uma de *Phragmatopoma* e duas de areia da praia, coletadas conforme descrito no item 4.2.3.

O diâmetro médio indica a ordem de grandeza dos tamanhos das partículas e, em populações unimodais, representa a energia cinética média do agente ou processo deposicional. Porém, depende também do intervalo granulométrico inicialmente disponível para transporte e deposição. Já o desvio padrão mede a dispersão em torno da média granulométrica, representando o inverso do grau de seleção granulométrica dos sedimentos. Em distribuições unimodais, é função direta da frequência e amplitude das variações de energia e aporte do agente ou processo deposicional, em torno das condições cinéticas médias. A assimetria informa se a curva de distribuição granulométrica possui ou não similaridade nas caudas e, caso assimétrica, se positiva ou negativa (prolongamento da cauda para o lado dos finos ou dos grossos, respectivamente). As faixas granulométricas obtidas com as análises e os resultados destas três estatísticas descritivas de distribuição granulométrica em massa, acrescidas da curtose, obtidos pelo programa *Momento4*, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Estatísticas descritivas da distribuição granulométrica em massa (ϕ) de amostras de praia (códigos A e B ou 1 e 2) e de bioconstrução aglutinada de poliqueta (código P).

AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE
PIN-1	0,84	0,46	0,27	3,32
PIN-2	0,56	0,36	0,67	5,28
PIN-P	0,92	0,76	1,39	5,92
SET-A	2,00	0,58	-0,76	3,72
SET-B	1,67	0,71	-0,57	2,61
SET-P	1,35	0,73	0,77	3,83
ERM-1	1,37	0,48	-0,19	2,77
ERM-2	1,90	0,68	-2,42	9,39
ERM-P	1,67	0,60	-0,40	6,14
DIA-A	0,63	0,57	0,58	4,18
DIA-B	0,70	0,67	0,94	3,48
DIA-P	1,34	0,65	0,76	3,64

Tabela 2. Estatísticas descritivas da distribuição granulométrica em massa (ϕ) de amostras de praia (códigos A e B ou 1 e 2) e de bioconstrução aglutinada de poliqueta (código P). (cont.)

MOR-1	2,26	0,54	0,49	1,93
MOR-2	2,10	0,47	-0,98	4,65
MOR-P	2,07	0,78	-0,35	4,08
PRE-1	1,44	0,86	-0,46	2,47
PRE-2	1,07	0,68	0,38	2,27
PRE-P	0,92	0,95	0,94	2,82
PER-1	0,69	1,22	0,94	2,28
PER-2	1,57	1,34	-0,07	1,29
PER-P	1,51	1,07	0,18	2,03

PRAIA DE SETIBA PINA

Para as amostras de areia desta praia, o diâmetro médio incide na classe nominal areia grossa, com pouca variação de desvio padrão (0,36 a 0,46), característico de sedimento muito bem selecionado. A assimetria positiva reflete o prolongamento da cauda da distribuição nas classes mais finas da fração areia (moda e mediana mais grossas que a média). A variação combinada de diâmetro médio, desvio padrão e assimetria do ponto 1 (norte) ao ponto 2 (sul) é de engrossamento, melhora de seleção e aumento de assimetria, o que coincide com um dos padrões indicadores de transporte sedimentar de McLaren & Bowles (1985). Assim, no trecho amostrado, a deriva litorânea longitudinal teria efeito residual para sul.

O material aglutinado na bioconstrução do poliqueta possui diâmetro médio ligeiramente mais fino, pior seleção e assimetria mais positiva que os sedimentos de praia. Isto permite interpretar que o animal utilizou ampla gama de granulações na bioconstrução, especialmente ao longo da cauda fina de distribuição do sedimento disponível.

PRAIA DE SETIBA

Para as amostras de sedimento praial, o diâmetro médio corresponde à classe nominal areia média e o desvio padrão à seleção moderadamente boa. Já a assimetria negativa é sugestiva da presença de cauda de grossos. Entre os dois pontos estudados, registra-se um dos padrões de McLaren & Bowles (1985), o de sedimento mais selecionado, mais fino e menos positivo, no rumo norte, o que indica transporte preferencial nesse sentido. Esta tendência é compatível com o fato de a praia ser voltada para SW, protegida portanto da ação das frentes de ondas, regionalmente dominantes, vindas do quadrante norte.

Os sedimentos dos tubos do *Phragmatopoma* são ligeiramente pior selecionados, mais grossos e com assimetria de distribuição mais positiva do que os sedimentos de praia adjacentes. Repete-se assim a tendência do poliqueta em utilizar um intervalo de granulometrias mais amplo que o do sedimento disponível, em particular na cauda fina da distribuição, conforme notado em Setiba Pina, só que, neste caso, com acentuação da moda grossa.

PRAIA DO ERMITÃO

Para as amostras de sedimento da praia do Ermitão, o diâmetro médio corresponde a areia média. O desvio padrão permite classificar a seleção granulométrica entre boa e moderadamente boa. A assimetria negativa aponta mais uma vez para a presença de cauda de grossos na curva de distribuição. Um dos padrões de McLaren & Bowles (1985) indicativos de transporte, o melhor selecionado, mais grosso e mais positivo, é encontrado voltado para norte.

A assimetria também negativa do poliqueta e a semelhança, em ordem de grandeza, das demais estatísticas da distribuição, com os resultados da praia, não deixa indícios claros sobre a existência de estratégia do animal na escolha dos grãos utilizados na construção dos seus tubos.

PRAIA DO DIABO

Nas amostras de sedimento praial, o diâmetro médio corresponde à classe nominal areia grossa. O desvio padrão indica grau de seleção moderadamente bom e a assimetria, positiva, presença de cauda de finos na curva de densidade de distribuição.

Na colônia de poliqueta, o grau de seleção é parecido com a das amostras de praia e a assimetria também positiva, a valor intermediário. Assim, a evidência mais clara de mudança granulométrica exercida pelo animal é o diâmetro, correspondente a classe nominal de Wentworth mais grossa (areia muito grossa) que a das areias da praia.

PRAIA DO MORRO

Para as duas amostras de sedimento da face praial, o diâmetro médio incide na classe nominal areia fina e o desvio padrão permite classificar a seleção como boa. Já a assimetria apresenta discrepância entre as amostras, sendo positiva na amostra coletada a norte e negativa na do lado sul, esta ligeiramente melhor selecionada. Esta variação pode indicar que a eliminação seletiva da cauda de finos devido ao retrabalhamento por ondas aumenta conforme se caminha para sul da praia. Não se

verifica, porém, nenhum dos padrões indicadores de transporte de McLaren & Bowles (1985).

A assimetria dos sedimentos dos tubos do *Phragmatopoma* é negativa, porém intermediária entre os dois valores encontrados na praia, enquanto a seleção é pior e o diâmetro médio ligeiramente mais grosso.

PRAIA DA AREIA PRETA

O diâmetro médio incide na classe nominal areia média, com desvio padrão sugestivo de seleção moderada. A exemplo da praia do Morro, a assimetria apresentou inversão de sinal entre as amostras coletadas a norte e a sul, só que, neste caso, com padrão de variação de McLaren & Bowles (mais grosso, melhor selecionado e mais positivo), indicativo de transporte rumo sul.

Para os sedimentos dos tubos do *Phragmatopoma*, a assimetria, positiva e superior àquela encontrada para a amostra de areia coletada a sul, o diâmetro médio mais grosso (já dentro da classe areia grossa) e a seleção pior são indícios de estratégia de coleta de grãos de tamanhos diversificados, principalmente ao longo da cauda fina, porém com acentuação da moda grossa.

PRAIA DE PERACANGA

As amostras de areia desta praia apresentaram discrepância entre si tanto quanto ao diâmetro médio como quanto a assimetria: a amostra coletada a norte apresentou assimetria positiva e granulometria média correspondente à classe nominal areia grossa, enquanto a amostra coletada a sul apresentou assimetria negativa e granulometria média correspondente a areia média. O desvio padrão é elevado, característico de seleção pobre, com ligeiro aumento do grau de seleção para norte. Tem-se assim padrão de McLaren & Bowles (1985), mais grosso, melhor selecionado e mais positivo, rumo norte.

Os sedimentos dos tubos do *Phragmatopoma* apresentam valores de assimetria e curtose intermediários entre os das duas amostras de areia de praia e diâmetro médio próximo ao da amostra mais fina. A seleção, apesar de pobre, é ligeiramente melhor que a da praia, o que mantém a possibilidade de seletividade na escolha dos grãos pelo poliqueta.

6. Conclusões

Entre os aspectos contemplados pelos resultados desta pesquisa, destacam-se: a caracterização da morfologia e distribuição das bioconstruções ao longo do trecho de costa estudado e em função do NRM; o reconhecimento das associações biológicas envolvidas na sua formação, bem como na sua modificação pós-deposicional; a indicação da influência dos processos pós-deposicionais na cimentação, dissolução e possível neomorfismo do carbonato contido nas incrustações biogênicas; a determinação de uma tendência para variação do paleonível do mar nos últimos 6500 anos em Guarapari; a comparação com as outras curvas construídas para a costa brasileira; o esboço do padrão de variação das razões de isótopos estáveis de C e O nos vermetídeos fósseis da área estudada; o confronto destes padrões com os previamente obtidos em bioconstruções de vermetídeos de Santa Catarina por Angulo *et al.* (1999); e a discussão preliminar desta comparação em termos de circulação termo-halina. O trabalho permitiu ainda identificar os poliquetas do gênero *Phragmatopoma*, de hábito e zona biológica similares aos dos vermetídeos, como seu principal sucessor na região e caracterizar as possíveis preferências ou estratégias deste animal na escolha de grãos para a sua bioconstrução aglutinada.

A formação e/ou preservação dos vermetídeos aparenta estar ligada a dois fatores principais: exposição da praia ao regime de ondas dominante na região e tipo de substrato incrustado. A partir da comparação entre a orientação dos costões e a direção principal de atuação das ondas em cada um deles, observou-se a tendência para presença de incrustações mais puras e em maior quantidade e volume ao longo dos costões mais bem protegidos da ação direta das ondulações (*swells*) regionalmente dominantes, de NE. Quanto ao substrato, o fator que aparentemente melhor controla a formação e/ou preservação dos vermetídeos é a orientação da foliação principal, determinante das fendas alvos de incrustações. Desta maneira, fendas mais inclinadas, como as encontradas preferencialmente nos kinzigitos, seriam menos afetadas pela ação das ondas do que as fendas sub-horizontais dos enderbitos, o que explicaria a preservação preferencial das incrustações naquele primeiro tipo de rocha. Deve-se ressaltar, entretanto, que o kinzigito é o litotipo predominante na região. Desse modo, uma hipótese alternativa é a de que este litotipo concentra maior proporção de incrustações de vermetídeos não por preferência de formação e/ou preservação, mas simplesmente por uma questão de melhor representatividade estatística.

Quanto às associações biológicas encontradas nas incrustações, duas merecem destaque: vermetídeo - alga vermelha e vermetídeo - *Phragmatopoma*. A

primeira, já descrita por Laborel (1979), foi observada nas lâminas petrográficas aqui analisadas e confirmada ao MEV, especialmente nas correspondentes às amostras mais altas. A relação intrincada de trama espacial entre os vestígios dos dois organismos, em lâmina petrográfica, permite sugerir que se trate de associação em vida, como também já admitido por Laborel (1979). Em vista de sua posição no nível intermarés inferior, portanto submersa maior parte do tempo, é possível que esta associação represente uma simbiose para troca de oxigênio e gás carbônico, à semelhança do que se conhece entre corais e algas vermelhas. Outra funcionalidade da associação residiria no fato de que as algas vermelhas atuam como revestimento ou liga entre as conchas de vermetídeos, proporcionando à bioconstrução maior resistência aos agentes hidrodinâmicos. A segunda associação biológica, vermetídeo – *Phragmatopoma*, foi observada tanto na escala macroscópica, de campo, como na microscópica. Em campo, encontraram-se, nas amostras correspondentes a paleoníveis mais baixos, incrustações de vermetídeos fósseis pareados a tubos de *Phragmatopoma*; já à lupa e ao microscópio petrográfico, a mesma relação foi reafirmada pela grande quantidade de grãos terrígenos bem selecionados e aglutinados, provavelmente por ação do poliqueta, revestindo as conchas carbonáticas das mesmas amostras. A ocorrência preferencial desta associação nas incrustações mais recentes e de níveis mais baixos permite aventar a hipótese de que se trate não necessariamente de interação em vida, mas sim de substituição gradual, no decorrer dos últimos séculos a milênios, de vermetídeo por *Phragmatopoma*. Assim, a associação vermetídeo-poliqueta e seu modo de distribuição em relação aos paleoníveis corrobora a premissa utilizada para o nivelamento dos fósseis: a de que o nicho de vida do poliqueta hoje corresponde aproximadamente ao mesmo que era ocupado pelos vermetídeos antes de sua extinção populacional.

A curva de variação do NRM foi determinada para os últimos 6500 anos. A tendência observada corrobora a curva apresentada por Angulo *et al.* (2006) para a costa brasileira a norte da latitude 28°: o nível máximo foi atingido a cerca de 5700 anos, com elevação de 4m quando comparado ao NRM atual, com queda subsequente até os dias de hoje. Este resultado é compatível com as demais curvas obtidas para o Hemisfério Sul, indicando ajustes hidro-isostáticos similares para este hemisfério e coerentes com os modelos isostáticos globais.

A hipótese de permanência do NRM entre 2 e 3m até cerca de 2000 anos atrás aventada por Angulo *et al.* (2006), indicando que a taxa de queda do nível do mar foi desigual ao longo deste últimos 5000 anos, e mais alta nos últimos 2000 anos, não pode ser verificada com segurança no caso de Guarapari. Apesar de a maior concentração de vermetídeos fósseis encontrar-se no intervalo entre 2,1 e 4,0m, parte

destas amostras demonstra a subida do nível do mar em cerca de 6500 anos atrás, o que pode ser um indício de preservação preferencial destes indicadores correspondentes à subida do NRM já que estes ficaram submersos durante o máximo atingido, sofreram maior cimentação e, portanto podem ser mais resistentes ao intemperismo e erosão.

Em relação à composição das conchas de vermetídeos, análises de DRX realizadas não fornecem suporte para a hipótese de substituição neomórfica como explicação para composição mista de calcita e aragonita nas conchas originalmente aragoníticas. Caso de fato ocorra, a substituição da aragonita não seria função linear do tempo de exposição, visto que conchas de composição aragonítica foram encontradas mesmo nas amostras mais velhas. A hipótese alternativa mais provável é que a menor exposição ao umedecimento, borrifio ou aerossol com água marinha, ou, ainda, a maior influência de água doce pluvial nas incrustações mais velhas, propiciam a precipitação de calcita ao redor da concha aragonítica, daí a sua composição mista calcita-aragonita. A análise ao MEV corroborou esta hipótese a partir da observação de que capas de calcita secundária revestem as conchas aragoníticas e ocorrem em maiores quantidades e espessuras em amostra mais velhas. Esta situação poderia afetar os resultados da datação e de isótopos estáveis de C e O, porém o evidenciamento, pelos resultados da datação, de que estes minerais são contemporâneos garante a confiabilidade das idades, inclusive as obtidas em amostras de composição mista.

No que tange a morfologia das incrustações, em escala microscópica, observou-se que aquelas mais antigas constituem-se por maior quantidade de material intersticial (matriz/cimento) e menor quantidade de poros, e vice-versa. Esta tendência pode ser explicada pelo maior tempo de exposição aos agentes intempéricos (chuva e escoamento de água doce, insolação e evaporação e respingos e aerossol da água do mar), cujo efeito seria mais de preenchimento, cimentação e/ou reprecipitação de que de simples dissolução. Teriam deste modo, a sua porosidade reduzida. As amostras estudadas correspondentes à subida do NRM, a cerca de 5800 anos e com cota intermediária (2,1-4,0m), apresentam características de cimentação e porosidade divergentes desta tendência geral, o que pode ser atribuído a deposição em condições diferentes das demais, por exemplo, em relação à energia de onda e turbidez da água, ou ainda a cimentação diferencial, por terem ficado submersas pelo período de NRM máximo.

Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ apresentaram correlação linear estatisticamente significativa com a cota relativa e com a idade da bioconstrução carbonática, com tendência de aumento no decorrer do tempo. Para o $\delta^{18}\text{O}$, a correlação linear obtida,

ainda que com menor confiabilidade estatística (erro 1 entre 10 e 20%), também aponta para aumento ao longo do tempo. Assim, em ambos os casos a tendência encontrada com os dados obtidos até o momento é de enriquecimento no isótopo pesado, o que é aparentemente indício de resfriamento e/ou aumento de salinidade das águas marinhas. Esta variação pode ser vinculada a um sutil incremento de influência, ao longo da segunda metade do Holoceno, de águas mais frias e isotopicamente pesadas, carregadas pela Corrente Costeira do Brasil. No que se refere especificamente ao $\delta^{18}\text{O}$, ela é a mesma tendência encontrada nos dados levantados por Angulo *et al.* (1999, 2006) para a costa de Santa Catarina. Os dois conjuntos de dados, de Guarapari e de Santa Catarina, diferem entre si apenas nos valores absolutos de $\delta^{18}\text{O}$, maiores em Guarapari. Parece provável, portanto, que a influência da Pluma do Rio de La Plata (Piola *et al.* 2000, Piola & Romero 2004), isotopicamente mais leves devido a sua menor salinidade, afetam a região de Santa Catarina, diminuindo os valores de $\delta^{18}\text{O}$. Desse modo, os resultados aqui apresentados, somados aos de Angulo *et al.* (1999) e aos dados antracológicos de sambaquis de Santa Catarina (presença de evidências de mangue na região no Holoceno médio (De Blasis *et al.* 2007) constituiriam indício de que alterações na circulação costeira, ao menos nos últimos 5000 anos, teriam afetado toda a Região Sul-Sudeste do país.

A aparente ausência de espécimes vivos de *Petalochonchus varians* na região pode ser explicada de várias maneiras, como por exemplo pela influência de atividades humanas e/ou pela competição com o poliqueta *Phragmatopoma*, pelo menos nos costões com areia disponível para a bioconstrução aglutinantes deste gênero. É relevante o fato de que a quantidade de incrustações de vermetídeos diminui com a cota e com a idade, o que aponta para um processo de extinção populacional gradual do gastrópodo também a norte de Cabo Frio. Admitido o indício de que as águas costeiras do Espírito Santo teriam sofrido, ao longo da segunda metade do Holoceno, o mesmo processo de resfriamento experimentado pelas águas costeiras catarinenses, o desaparecimento gradual dos vermetídeos na região foco deste projeto pode, a princípio, ser atribuído ao efeito da mudança na temperatura das águas.

Por fim, a análise granulométrica comparativa entre tubos de *Phragmatopoma* e areias de praia adjacentes não evidencia um padrão de seletividade claro e universal por parte do poliqueta. Em seis dos sete casos estudados, o grau de seleção da areia aglutinada na bioconstrução é pior ou equivalente ao das areias de praia. Assim, se existe seletividade biológica na captura dos grãos, ela é “negativa”, isto é, o animal diversifica a gama de tamanhos de grãos disponível, especialmente na cauda mais fina da distribuição, o que torna a assimetria mais positiva. Esta tendência pôde ser

inferida em três das oito praias estudadas: Setiba Pina, Setiba e Preta. Observou-se também que o diâmetro médio das areias aglutinadas varia dentro de um intervalo mais estreito (0,92 a 2,07 phi) que o das areias de praia (0,56 a 2,26 phi). Isto sugere que o animal possui um tamanho médio de grão ideal, pré-definido para a bioconstrução, em torno da classe areia média. Em duas das praias estudadas (Setiba Pina e Diabo), coincidentemente aquelas com diâmetro médio em phi inferior a 1,0 (areia grossa), o tamanho médio de grão na bioconstrução é mais fino que o da praia. Nos demais casos, em que o diâmetro médio na praia oscila entre areia média e areia fina, o tamanho médio do grão no poliqueta é mais grosso ou intermediário entre os valores encontrados na praia.

Referências bibliográficas

- Abbott R.T. 1974. American Seashells: The Marine Mollusks of the Atlantic and Pacific Coasts of North America. Van Nostrand Reinhold Press, New York, 541 p..
- Amador E.S. 1982. Depósitos relacionados à unidade inferior do Grupo Barreiras no Espírito Santo. In: Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, v.4, p.: 1451-1461.
- Amaral A.C.Z., Rizzo A.E., Arruda E.P. 2006. Manual de Identificação dos Invertebrados Marinhos da Região Sudeste-Sul do Brasil. Editora Edusp, São Paulo, v. 1, 287 p..
- Angulo R.J. & Giannini P.C.F. 1996. Variações do nível relativo do mar nos últimos dois mil anos na Região Sul do Brasil: uma discussão. *Boletim Paranaense de Geociências*, **44**: 67-76.
- Angulo R.J., Giannini P.C.F., Suguio K., Pessenda L.C.R. 1999. Relative sea level changes during the last 5500 years in the Laguna-Imbituba region (Santa Catarina, Brazil), based on vermetid radiocarbon ages. *Marine Geology*, **159**: 323-339.
- Angulo R.J.; Lessa G.C., Souza M.C. 2006. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, **25**: 486-506.
- Arz H.W., Patzold J., Wefer G. 1998. Correlated millennial-scale changes in surface hydrography and terrigenous sediment yield inferred from Last-Glacial Marine deposits off Northeastern Brazil. *Quaternary Research*, **50**: 157-166.
- Arz H.W., Patzold J., Wefer G. 1999. The deglacial history of the western tropical Atlantic as inferred from high resolution stable isotope records off northeastern Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, **167**: 105-117.
- Campos E.J.D. 1995. Estudos da circulação oceânica no Atlântico tropical e na região oeste do Atlântico subtropical sul. Tese de Livre-Docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 114 p..
- Canal Ciência – Portal de Divulgação Científica e Tecnológica. 2004. Biólogos marinhos estudam efeito de diversos micro relevos de costão rochoso no desenvolvimento de comunidade onde estão presentes dois potenciais bioinvasores. Disponível em: <http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisa/0196-Bioinvasores-em-costoes-rochosos.html>. Acessado em 18 de março de 2011.
- Castelão, R.M.; Campos, E.J.D.; Miller, J.L. 2004. A modelling study of coastal upwelling driven by wind and meanders of the Brazil Current. *Journal of Coastal Research*, **20**(3): 662-671.
- Coutinho J.M.V. 1962. O pré-cambriano do Vale do Rio Doce como fonte alimentadora de sedimentos costeiros. In: Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, p.: 43-57.
- Cruz, F.W., Jr.; Burns, S.J.; Karmann, I.; Sharp, W.D.; Vuille, M.; Cardoso, A.O.; Ferrari, J.A.; Silva Dias, P.L.; Viana, O., Jr. 2005. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116 ky in subtropical Brazil. *Nature*, **434**: 65-66.
- Deblasis P., Kneip A., Scheel-Ybert R., Giannini P.C.F., Gaspar M.D. 2007. Sambaquis e paisagem: dinâmica natural e arqueologia regional no litoral do Sul do Brasil. *Arqueologia Suramericana*, **3**(1): 29-61.
- Delibrias C. & Laborel J. 1969. Recent variations of the sea level along the Brazilian coast. *Quaternaria*, **14**: 45-49.
- Dominguez J.M.L., Bittencourt A.C.S.P., Martin L. 1983. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na sedimentação das planícies costeiras associadas a desembocaduras dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, **13**(2): 93-105.
- Emiliani C. 1955. Pleistocene temperatures. *J. Geol.*, **63**: 538-578.

- Féboli W.L. (organizador) 1997. PLGB/Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Piúma: SF.24-V-A-VI (1:100000) (texto explicativo). Departamento Nacional de Produção Mineral/Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Brasília, 140 p..
- Fornari M., Giannini P.C.F., Amaral P.G.C., Nascimento Jr. D.R., Menezes P.M.L., Sawakuchi A.O., Angulo R.J., Pessenda L.C.R. 2008. Composição isotópica ($\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$) e idades ^{14}C de carapaças de *Anomalocardia brasiliensis* e *Petalonchus* no Holoceno da costa de Santa Catarina, Sul do Brasil. In: Anais do Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Cabo Verde.
- Giannini P.C.F. 2007. Sistemas Depositionais Eólicos no Quaternário Costeiro do Brasil. Tese de Livre-Docência (ined.), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 205p..
- González-Delgado J.A., Zazo C., Goy J.L., Civis J., Templado J., Calvo M., Dabrio C.J. 2005. Paleoenvironmental significance of C and O isotopic signal in last interglacial gastropod *Dendropoma* Shell concentrations from Canary (Spain) and Sal (Cape Verde) Islands. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **18(3-4)**: 207-211.
- Laborel J. 1969. Les peuplements de madréporaires des côtes tropicales du Brésil. *Ann. Univ. D'Abidjan, D'Agijian, Ser. E-II Fasc. 3, Ecologie*, 261 p..
- Laborel J. 1977. Are reef building Vermetids disappearing in the South-Atlantic? In: International Coral-reef Symposium, 3, *Proceedings...* p.: 233-237.
- Laborel J. 1979. Fixed marine organisms as biological indicator for the study of recent sea level and climatic variations along the Brazilian tropical coast. In: Proc. International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, 1978, p.: 193-211.
- Laborel J. 1986. Vermetid gastropods as sea-level indicators. In: O. Van De Plassche D. (ed.) *Sea-level Research : a Manual for the Collection and Evaluation of Data*. Norwich Geo Books, p.: 281-310.
- Laborel J. & Laborel-Deguen F. 1996. Biological indicators of Holocene sea level and climatic variations on rocky coasts of tropical and subtropical regions. *Quaternary International*, **31**: 53-60.
- Liandrat E. 1972. Mapa Geológico da Folha de Vitória. *Rev. Bras. de Geografia*, **34**: 30-120.
- Machado Filho L., Ribeiro M.W., Gonzales S.R., Schenini C.A., Santos Neto A., Palmeira R.C.B., Pires J.L., Teixeira W., Castro H.E.F. 1993. Geologia. In: BRASIL – Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL, Folhas SF-23/24, Rio de Janeiro/Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra. MME, Rio de Janeiro, p.: 27-304 (Levantamentos dos Recursos Naturais, 32).
- Maia M.E.F. 2006. Variação Espaço-Temporal da Distribuição dos Minerais Pesados na Praia de Areia Preta Guarapari-ES. Trabalho de Graduação em Oceanografia, Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, 51 p..
- Martin L., Dominguez J.M.L., Suguio K., Bittencourt A.C.S.P. & Fexor J.M. 1983. Schéma de la sedimentation quaternaire sur la partie central du littoral brésilien. *Cahier ORS-TOM, Série Géologie*, **XIII(1)**: 59-81.
- Martin L., Suguio K., Fexor J.M., Dominguez J.M.L. & Bittencourt A.C.S.P. 1987. Quaternary evolution of the central part of Brazilian coast. The role of relative sea-level variations and the shoreline drift. *UNESCO Reports in Marine Science*, **43**: 97-145.
- Martin L., Suguio K., Fexor J.M., Archanjo J.D. 1996. Coastal Quaternary Formations of the Southern Part of the State of Espírito Santo (Brazil). *An. Acad. Bras. Ci.*, **68**: 389-404.
- Martin L., Dominguez J.M.L., Suguio K., Fexor J.M. 1997. Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Belo Horizonte, CPRM, 112 p..
- Monteiro C.A.F. 1973. A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 129p..

Ribeiro, P.C. Vermetídeos em costões rochosos de Guarapari, ES: contribuição para o estudo do nível relativo do mar e da circulação marinha no Holoceno. Trabalho de Formatura 2011/44.

- Moysés D.N., Junqueira A.O.R., Lavrado H.P., Silva S.H.G. 2007. Method for monitoring intertidal communities in a steep rocky Shore: a combination of digital image technology and field Operational strategy. *Brazilian Journal of Oceanography*, **55(1)**: 19-27.
- Nascimento Jr. D.R. 2004. Dinâmica e Sedimentação da Praia da Areia Preta (Guarapari – ES). Trabalho de Graduação em Geologia, Departamento de Geociências do Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 109 p..
- Newton R. & Bottrell S. 2007. Stable isotopes of carbon and sulphur as indicators of environmental change: past and present. *Journal of the Geological Society*, **164(issue 4)**: 691-708;
- Nimer E. 1979. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, 2 ed., 1989, 421 p..
- Nobre, P. & Shukla, J. 1996. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal Clim.*, **9**: 2464-2479.
- Nogués-Paegle J. & Mo K.C. 2000. Alternating wet and dry conditions over South America during summer. *Monthly Weather Review*, **125**: 279-291.
- Oliveira P.S. 2007. Descrição e zonação de vermetídeos (MOLLUSCA: VERMETIDAE) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Fundação Universidade Rio Grande, 82p..
- Piola A.R., Campos E.J.D., Möller Jr. O., Charo M., Martinez C. 2000. Subtropical shelf front off eastern South America. *Journal of Geophysical Research* **105(C3)**: 6565-6578.
- Piola A.R. & Romero S.I. 2004. Analysis of space-time variability of the Plata River plume. *Gayana*, **68**: 482-486.
- Piola A.R., Matano R.P., Palma E.D., Möller Jr. O.O. 2005. The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic Shelf. *Geophysical Research Letters*, **32**:1-4, L01603.
- Richardson, P.L. & Walsh, D. 1986. Mapping climatological seasonal variations of surface currents in the tropical Atlantic using ship drifts. *Journal of Geophysical Research*, **91**: 10537-10550.
- Rios, E. C. 1984. Seashells of Brazil. Editora Furg, Rio Grande do Sul, 328 p..
- Satyamurti P., Nobre C., Dias P.L.S. 1998. South America. In: Karoly D.J. & Vicent D.J. (eds.) *Meteorology of the Southern Hemisphere*. Boston, American Meteorological Society, p.:119-139.
- Savazzi E. 1996. Adaptations of Vermetid and Siliquariid Gastropods. *Paleontology*, **39(1)**: 157-177.
- Sawakuchi A.O. 2003. Sistemas Deposicionais Eólicos Na Costa Centro-Sul Catarinense: Relações Com o Nível do Mar. Dissertação de Mestrado (inéd.), Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 86 p..
- Silva J.N.; Ferrari P.G. 1996. Projeto Espírito Santo; Relatório Final. Belo Horizonte, s. Ed. (Relatório inédito DNPM/CPRM).
- Silva C.G., Patchineelam S. M., Baptista Neto J. A., Ponzi V. R. A. 2004. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: Neto, J.A.B., Ponzi, V.R.A., Sichel, S.E. (Orgs). *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro, Interciência, p.: 175-218.
- Souza R.B., Robinson I.S. 2004. Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current. *Continental Shelf Research*, **24**: 241-262.
- Stevenson M.R., Brito D.D., Stech J.L., Kampel M. 1998. How cold water biota active in tropical bay near Rio de Janeiro, Brazil? *Continental Shelf Research*, **13**: 1595-1612.
- Suguio K., Martin L. & Dominguez L.M.L. 1982. Evolução do delta do Rio Doce (ES) durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. In: SBG, *Atas do IV Simpósio do Quaternário do Brasil*, p.: 93-116

Ribeiro, P.C. Vermetídeos em costões rochosos de Guarapari, ES: contribuição para o estudo do nível relativo do mar e da circulação marinha no Holoceno. Trabalho de Formatura 2011/44.

Suguio K., Martin L., Bittencourt A.C.S.P., Dominguez J.M.L., Flexor J.M., Azevedo A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, **15**: 273-286.

Suguio K., Martin L., Flexor J.M. 1988. Quaternary sea-level of the Brazilian coast: recent progress. *Episodes*, **11**: 203-208.

Tessler M.G., Goya S.C. 2005. Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia*, **17**: 11-23.

Urey H. 1947. The thermodynamic properties of isotopic substances. *J. Chem. Soc. (London)*, **1947**: 562-581.

Van Andel T.H. & Laborel J. 1964. Recent high relative sea level stand near Recife, Brazil. *Science*, **145**: 580-571.

Vescogni A., Bosellini F.R., Reuter M., Brachert T.C. 2008. Vermetid reefs and their use as palaeobathymetric markers: New insights from the Late Miocene of the Mediterranean (Southern Italy, Crete). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **267**: 89-101.

Weldeab S.; Schneider, R.R.; Kölling M. 2006. Deglacial sea surface temperature and salinity increase in the western tropical Atlantic in synchrony with high latitude climate instabilities. *Earth and Planetary Science Letters*, **241**: 699-706.

ANEXO 1. Listado de los 100 mejores estudiantes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Chile, en el año 2014.

Código de identificación		Nombre y Apellido		Puntaje	
Código de identificación		Nombre y Apellido		Puntaje	
101-1	101-1	Alfaro, Juan Carlos	101-1	101-1	101-1
101-2	101-2	Alfaro, Juan Carlos	101-2	101-2	101-2
101-3	101-3	Alfaro, Juan Carlos	101-3	101-3	101-3
101-4	101-4	Alfaro, Juan Carlos	101-4	101-4	101-4
101-5	101-5	Alfaro, Juan Carlos	101-5	101-5	101-5
101-6	101-6	Alfaro, Juan Carlos	101-6	101-6	101-6
101-7	101-7	Alfaro, Juan Carlos	101-7	101-7	101-7
101-8	101-8	Alfaro, Juan Carlos	101-8	101-8	101-8
101-9	101-9	Alfaro, Juan Carlos	101-9	101-9	101-9
101-10	101-10	Alfaro, Juan Carlos	101-10	101-10	101-10
101-11	101-11	Alfaro, Juan Carlos	101-11	101-11	101-11
101-12	101-12	Alfaro, Juan Carlos	101-12	101-12	101-12
101-13	101-13	Alfaro, Juan Carlos	101-13	101-13	101-13
101-14	101-14	Alfaro, Juan Carlos	101-14	101-14	101-14
101-15	101-15	Alfaro, Juan Carlos	101-15	101-15	101-15
101-16	101-16	Alfaro, Juan Carlos	101-16	101-16	101-16
101-17	101-17	Alfaro, Juan Carlos	101-17	101-17	101-17
101-18	101-18	Alfaro, Juan Carlos	101-18	101-18	101-18
101-19	101-19	Alfaro, Juan Carlos	101-19	101-19	101-19
101-20	101-20	Alfaro, Juan Carlos	101-20	101-20	101-20
101-21	101-21	Alfaro, Juan Carlos	101-21	101-21	101-21
101-22	101-22	Alfaro, Juan Carlos	101-22	101-22	101-22
101-23	101-23	Alfaro, Juan Carlos	101-23	101-23	101-23
101-24	101-24	Alfaro, Juan Carlos	101-24	101-24	101-24
101-25	101-25	Alfaro, Juan Carlos	101-25	101-25	101-25
101-26	101-26	Alfaro, Juan Carlos	101-26	101-26	101-26
101-27	101-27	Alfaro, Juan Carlos	101-27	101-27	101-27
101-28	101-28	Alfaro, Juan Carlos	101-28	101-28	101-28
101-29	101-29	Alfaro, Juan Carlos	101-29	101-29	101-29
101-30	101-30	Alfaro, Juan Carlos	101-30	101-30	101-30
101-31	101-31	Alfaro, Juan Carlos	101-31	101-31	101-31
101-32	101-32	Alfaro, Juan Carlos	101-32	101-32	101-32
101-33	101-33	Alfaro, Juan Carlos	101-33	101-33	101-33
101-34	101-34	Alfaro, Juan Carlos	101-34	101-34	101-34
101-35	101-35	Alfaro, Juan Carlos	101-35	101-35	101-35
101-36	101-36	Alfaro, Juan Carlos	101-36	101-36	101-36
101-37	101-37	Alfaro, Juan Carlos	101-37	101-37	101-37
101-38	101-38	Alfaro, Juan Carlos	101-38	101-38	101-38
101-39	101-39	Alfaro, Juan Carlos	101-39	101-39	101-39
101-40	101-40	Alfaro, Juan Carlos	101-40	101-40	101-40
101-41	101-41	Alfaro, Juan Carlos	101-41	101-41	101-41
101-42	101-42	Alfaro, Juan Carlos	101-42	101-42	101-42
101-43	101-43	Alfaro, Juan Carlos	101-43	101-43	101-43
101-44	101-44	Alfaro, Juan Carlos	101-44	101-44	101-44
101-45	101-45	Alfaro, Juan Carlos	101-45	101-45	101-45
101-46	101-46	Alfaro, Juan Carlos	101-46	101-46	101-46
101-47	101-47	Alfaro, Juan Carlos	101-47	101-47	101-47
101-48	101-48	Alfaro, Juan Carlos	101-48	101-48	101-48
101-49	101-49	Alfaro, Juan Carlos	101-49	101-49	101-49
101-50	101-50	Alfaro, Juan Carlos	101-50	101-50	101-50
101-51	101-51	Alfaro, Juan Carlos	101-51	101-51	101-51
101-52	101-52	Alfaro, Juan Carlos	101-52	101-52	101-52
101-53	101-53	Alfaro, Juan Carlos	101-53	101-53	101-53
101-54	101-54	Alfaro, Juan Carlos	101-54	101-54	101-54
101-55	101-55	Alfaro, Juan Carlos	101-55	101-55	101-55
101-56	101-56	Alfaro, Juan Carlos	101-56	101-56	101-56
101-57	101-57	Alfaro, Juan Carlos	101-57	101-57	101-57
101-58	101-58	Alfaro, Juan Carlos	101-58	101-58	101-58
101-59	101-59	Alfaro, Juan Carlos	101-59	101-59	101-59
101-60	101-60	Alfaro, Juan Carlos	101-60	101-60	101-60
101-61	101-61	Alfaro, Juan Carlos	101-61	101-61	101-61
101-62	101-62	Alfaro, Juan Carlos	101-62	101-62	101-62
101-63	101-63	Alfaro, Juan Carlos	101-63	101-63	101-63
101-64	101-64	Alfaro, Juan Carlos	101-64	101-64	101-64
101-65	101-65	Alfaro, Juan Carlos	101-65	101-65	101-65
101-66	101-66	Alfaro, Juan Carlos	101-66	101-66	101-66
101-67	101-67	Alfaro, Juan Carlos	101-67	101-67	101-67
101-68	101-68	Alfaro, Juan Carlos	101-68	101-68	101-68
101-69	101-69	Alfaro, Juan Carlos	101-69	101-69	101-69
101-70	101-70	Alfaro, Juan Carlos	101-70	101-70	101-70
101-71	101-71	Alfaro, Juan Carlos	101-71	101-71	101-71
101-72	101-72	Alfaro, Juan Carlos	101-72	101-72	101-72
101-73	101-73	Alfaro, Juan Carlos	101-73	101-73	101-73
101-74	101-74	Alfaro, Juan Carlos	101-74	101-74	101-74
101-75	101-75	Alfaro, Juan Carlos	101-75	101-75	101-75
101-76	101-76	Alfaro, Juan Carlos	101-76	101-76	101-76
101-77	101-77	Alfaro, Juan Carlos	101-77	101-77	101-77
101-78	101-78	Alfaro, Juan Carlos	101-78	101-78	101-78
101-79	101-79	Alfaro, Juan Carlos	101-79	101-79	101-79
101-80	101-80	Alfaro, Juan Carlos	101-80	101-80	101-80
101-81	101-81	Alfaro, Juan Carlos	101-81	101-81	101-81
101-82	101-82	Alfaro, Juan Carlos	101-82	101-82	101-82
101-83	101-83	Alfaro, Juan Carlos	101-83	101-83	101-83
101-84	101-84	Alfaro, Juan Carlos	101-84	101-84	101-84
101-85	101-85	Alfaro, Juan Carlos	101-85	101-85	101-85
101-86	101-86	Alfaro, Juan Carlos	101-86	101-86	101-86
101-87	101-87	Alfaro, Juan Carlos	101-87	101-87	101-87
101-88	101-88	Alfaro, Juan Carlos	101-88	101-88	101-88
101-89	101-89	Alfaro, Juan Carlos	101-89	101-89	101-89
101-90	101-90	Alfaro, Juan Carlos	101-90	101-90	101-90
101-91	101-91	Alfaro, Juan Carlos	101-91	101-91	101-91
101-92	101-92	Alfaro, Juan Carlos	101-92	101-92	101-92
101-93	101-93	Alfaro, Juan Carlos	101-93	101-93	101-93
101-94	101-94	Alfaro, Juan Carlos	101-94	101-94	101-94
101-95	101-95	Alfaro, Juan Carlos	101-95	101-95	101-95
101-96	101-96	Alfaro, Juan Carlos	101-96	101-96	101-96
101-97	101-97	Alfaro, Juan Carlos	101-97	101-97	101-97
101-98	101-98	Alfaro, Juan Carlos	101-98	101-98	101-98
101-99	101-99	Alfaro, Juan Carlos	101-99	101-99	101-99
101-100	101-100	Alfaro, Juan Carlos	101-100	101-100	101-100

ANEXOS

Anexo 1. Localização dos pontos de coleta e cotas relativas obtidas em campo a partir do nivelamento dos vermetídeos

DATUM: WGS84

CÓDIGO DA AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	ZONA	UTM-S	UTM-E	COTA RELATIVA (m)
SET-1	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717077,14	350490,13	3,12
SET-2	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717086,99	350462,38	2,917
SET-3	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717088,07	350463,11	2,832
SET-4	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717088,43	350463,29	3,074
SET-5	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717089,15	350463,47	3,206
SET-6	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717173,41	350490,81	2,726
SET-7	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717173,41	350490,95	2,816
SET-8	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717208,84	350505,93	2,689
SET-9	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717268,96	350474,02	1,724
SET-10	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717273,11	350476,7	2,867
SET-11	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717338,16	350462,16	2,843
SET-12	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717338,16	350462,16	2,794
SET-13	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717341,36	350456,29	3,072
SET-14	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717341,84	350457,01	2,22
SET-15	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717341,84	350457,01	1,901
SET-16	Costão a norte da praia de Setiba	24K	7717360,43	350466,19	2,678
ER-A	Costão a norte da praia do Ermitão	24K	7715523,79	347265,06	4,134
ER-B	Costão a norte da praia do Ermitão	24K	7715523,79	347265,06	3,627
ER-C	Costão a norte da praia do Ermitão	24K	7715522,76	347267,14	3,421
ER-D	Costão a norte da praia do Ermitão	24K	7715522,76	347267,14	2,786
ER-E	Costão a norte da praia do Ermitão	24K	7715522,76	347267,14	2,796
ER-F	Costão a norte da praia do Ermitão	24K	7715527,21	347275,76	2,948
ER-G	Costão a norte da praia do Ermitão	24K	7715527,21	347275,76	3,387
ER-H	Costão a norte da praia do Ermitão	24K	7715527,21	347275,76	4,455
ER-I	Costão a sul da praia do Ermitão	24K	7715078,43	347191,12	4,377
ER-J	Costão a sul da praia do Ermitão	24K	7715078,43	347191,12	3,97
ER-K	Costão a sul da praia do Ermitão	24K	7715050,68	347178,74	3,701
ER-L	Costão a sul da praia do Ermitão	24K	7715050,68	347178,74	2,367
ER-M	Costão a sul da praia do Ermitão	24K	7715050,68	347178,74	1,556
ER-N	Costão a sul da praia do Ermitão	24K	7715050,68	347178,74	2,81
DIA-1	Costão a sul da praia do Diabo	24K	7715004,97	346350,21	2,747
DIA-2	Costão a sul da praia do Diabo	24K	7715004,96	346347,56	3,169
CON-1	Costão a sul da praia das Conchas	24K	7716454,49	347320,87	0,706
CON-2	Costão a sul da praia das Conchas	24K	7716455	347319,33	1,043
CON-3	Costão a sul da praia das Conchas	24K	7716574,85	347378,27	3,284
CON-4	Costão a sul da praia das Conchas	24K	7716436,65	347334,49	2,538
CON-5	Costão a sul da praia das Conchas	24K	7716436,65	347334,49	2,218
CON-6	Costão a sul da praia das Conchas	24K	7716436,65	347332,15	3,161
CON-7	Costão a sul da praia das Conchas	24K	7716436,65	347332,15	3,349
CON-8	Costão a sul da praia das Conchas	24K	7716436,65	347332,15	3,461
PAD-1	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,94	340377,38	0,386
PAD-2	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,94	340377,38	0,339
PAD-3	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,94	340377,38	0,903
PAD-4	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	1,982
PAD-5	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	2,282
PAD-6	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	2,591
PAD-7	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	2,589
PAD-8	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	2,776
PAD-9	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	2,575
PAD-10	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	2,759
PAD-11	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	3,019
PAD-12	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	3,014
PAD-13	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	3,009
PAD-14	Costão a norte da praia dos Padres	24K	7706337,51	340383,19	2,935

Anexo 2. Descrição de campo dos pontos de coleta do poliqueta e areia da praia

DATUM: WGS84						
CODIGO DA AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE AMOSTRA	EMBASAMENTO	ZONA	UTM-S	UTM-E
PIN-1	Praia de Setiba Pina, norte	areia	enderbrito	24K	7717556,23	351347,78
PIN-2	Praia de Setiba Pina, sul	areia	enderbrito	24K	7717343,17	350918,94
PIN-P	Praia de Setiba Pina, sul	<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	enderbrito	24K	7717299,56	350916,77
SET-A	Praia de Setiba, norte	areia	kinzigito	24K	7717507,28	350510,81
SET-B	Praia de Setiba, sul	areia	kinzigito	24K	7717634	350024,6
SET-P	Praia de Setiba, norte	<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	kinzigito	24K	7717385,19	350508,12
ERM-1	Praia do Ermitão, norte	areia	kinzigito	24K	7715125,88	346967,83
ERM-2	Praia do Ermitão, sul	areia	kinzigito	24K	7715075,63	346987,1
ERM-P	Praia do Ermitão, sul	<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	kinzigito	24K	7715061,93	347006,08
DIA-A	Praia do Diabo, norte	areia	kinzigito	24K	7714987,34	346353,36
DIA-B	Praia do Diabo, sul	areia	kinzigito	24K	7714999,23	346343,65
DIA-P	Praia do Diabo, sul	<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	kinzigito	24K	7714999,47	346339,18
MOR-1	Praia do Morro, norte	areia	kinzigito	24K	7715609,9	345893,24
MOR-2	Praia do Morro, sul	areia	kinzigito	24K	7715038,8	344573,92
MOR-P	Praia do Morro, centro	<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	kinzigito	24K	7715577,41	346000,9
PRE-1	Praia da Areia Preta, norte	areia	enderbrito	24K	7713137,76	343933,16
PRE-2	Praia da Areia Preta, sul	areia	enderbrito	24K	7713010,96	343626,23
PRE-P	Praia da Areia Preta, sul	<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	enderbrito	24K	7712941,89	343566,64
PER-1	Praia de Peracanga, norte	areia	enderbrito	24K	7707114,2	341033,13
PER-2	Praia de Peracanga, sul	areia	enderbrito	24K	7706780,49	340851,61
PER-P	Praia de Peracanga, centro	<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	enderbrito	24K	7707077,65	340981,45

Anexo 3. Descrição e orientação dos pontos de coleta dos vermetídeos

CÓDIGO DA AMOSTRA	EMBASAMENTO	PONTO DE FIXAÇÃO	TIPO DE FIXAÇÃO	COSTÃO ROCHOSO
SET-1	kinzigito	48	teto inclinado (20 a 45 graus)	228
SET-2	kinzigito	-	teto reto (<20 graus)	228
SET-3	kinzigito	-	teto reto (<20 graus)	228
SET-4	kinzigito	-	teto reto (<20 graus)	228
SET-5	kinzigito	-	teto reto (<20 graus)	228
SET-6	kinzigito	120	parede vertical (>80 graus)	308
SET-7	kinzigito	110	teto inclinado (20 a 45 graus)	308
SET-8	kinzigito	40	teto inclinado (20 a 45 graus)	220
SET-9	kinzigito	144	parede vertical (>80 graus)	234
SET-10	kinzigito	175	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	265
SET-11	kinzigito	120	teto inclinado (20 a 45 graus)	307
SET-12	kinzigito	130	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	307
SET-13	kinzigito	25	parede vertical (>80 graus)	296
SET-14	kinzigito	-	teto reto (<20 graus)	296
SET-15	kinzigito	-	teto reto (<20 graus)	296
SET-16	kinzigito	220	teto inclinado (20 a 45 graus)	314
ER-A	kinzigito	-	parede inclinada (80 a 50 graus)	171
ER-B	kinzigito	-	parede inclinada (80 a 50 graus)	171
ER-C	kinzigito	80	parede vertical (>80 graus)	171
ER-D	kinzigito	80	parede vertical (>80 graus)	171
ER-E	kinzigito	120	parede inclinada (80 a 50 graus)	171
ER-F	kinzigito	350	teto inclinado (20 a 45 graus)	171
ER-G	kinzigito	-	assoalho reto (<20 graus)	171
ER-H	kinzigito	-	teto inclinado (20 a 45 graus)	171
ER-I	kinzigito	-	assoalho reto (<20 graus)	3
ER-J	kinzigito	-	assoalho reto (<20 graus)	3
ER-K	kinzigito	-	assoalho reto (<20 graus)	21
ER-L	kinzigito	110	parede vertical (>80 graus)	21
ER-M	kinzigito	110	parede vertical (>80 graus)	21
ER-N	kinzigito	110	parede vertical (>80 graus)	21
DIA-1	kinzigito	-	teto reto (<20 graus)	236
DIA-2	kinzigito	60	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	236
CON-1	enderbito	240	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	61
CON-2	enderbito	240	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	61
CON-3	enderbito	-	assoalho reto (<20 graus)	54
CON-4	enderbito	240	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	61
CON-5	enderbito	240	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	61
CON-6	enderbito	240	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	61
CON-7	enderbito	-	teto reto (<20 graus)	61
CON-8	enderbito	-	teto reto (<20 graus)	61
PAD-1	kinzigito	40	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-2	kinzigito	40	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-3	kinzigito	170	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-4	kinzigito	40	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-5	kinzigito	130	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-6	kinzigito	130	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-7	kinzigito	130	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-8	kinzigito	130	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-9	kinzigito	310	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-10	kinzigito	310	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-11	kinzigito	310	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-12	kinzigito	310	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-13	kinzigito	310	teto inclinado (20 a 45 graus)	217
PAD-14	kinzigito	40	assoalho inclinado (20 a 45 graus)	217

