

Boletim IG, Instituto de Geociências, USP, V. 10 : 31 - 56, 1979
ASSEMBLÉIAS DE FORAMINÍFEROS E OS PALEOAMBIENTES
CENOZÓICOS DE CARAVELAS, BAHIA, BRASIL

SETEMBRINO PETRI

ELÁENE M. VIEIRA

*Departamento de Paleontologia e
Estratigrafia*

*Instituto de Biologia
Unicamp*

ABSTRACT

S. Petri e E. M. Vieira – Foraminiferal Assemblages and the Cenozoic paleoenvironments of Caravelas, Bahia, Brazil – Bol. IG, Instituto de Geociências, USP, V. 10 : 31 - 56, 1979

Samples from sixteen cores obtained from a drilling at Caravelas, Bahia, were analyzed both on the point of view of foraminiferal assemblages and lithologies.

The paleoecological analysis of the foraminiferal assemblages were aimed at the reconstruction of the paleoenvironments and from these to the possible fluctuations of the ancient seashores.

The studied paleoecological parameters were: 1) Relative frequency of specimens; 2) faunistic dominance and dominant taxa; 3) Specific diversity; 4) Planktonic/Benthonic rate; 5) Characteristic taxa indicative of certain environmental conditions; 6) Size of the specimens; 7) Surviving curves; 8) Ornamentations and thicknesses of the tests; 9) Fragmentation of the tests; 10) Other organisms present; 11) Lithologies; 12) Relative spatial positions of the samples.

These studies led to the assumption that at the well place four encroachments and retreats of the sea took place from the Eocene on. Such encroachments and retreats could of course be the results of tectonic, eustatic or sedimentological factors and it is impossible to reach at the real causes with only one drilling at hand. Furthermore the well was not thoroughly cored therefore other sea fluctuations might have occurred which were not detected because of the lack of cores.

This paper tries to demonstrate anyway the potentiality of this approach which could eventually be refined with cores from other wells.

RESUMO

São aqui estudadas 16 amostras de uma sondagem perfurada pela Petrobrás em Caravelas, Bahia.

A análise paleontológica das assembléias de foraminíferos tiveram por finalidade a reconstrução dos paleoambientes e a partir destas reconstruções, chegar-se a um modelo das possíveis flutuações das antigas linhas da costa.

Os parâmetros paleoecológicos foram: 1) Frequência relativa de espécimes; 2) Dominância faunística e taxa dominantes; 3) diversidade específica; 4) Relação planctônicos/bentônicos; 5) Ta-

xa característicos indicativos de certas condições ambientais; 6) Tamanho dos espécimes; 7) Curvas de sobrevivência; 8) Ornamentações e espessuras das testas; 9) Fragmentação das testas; 10) Outros organismos presentes; 11) Litologias; 12) Posições espaciais relativas das amostras.

Propõe-se aqui quatro ingressões e regressões do mar durante o Cenozóico, no local onde foi perfurado o poço. Tais flutuações poderiam ser resultado de fatores tectônicos, eustáticos, ou puramente sedimentológicos. Não é possível chegar às causas reais com dados obtidos de uma única sondagem. Além disso, o poço não foi totalmente amostrado de modo a se ter o registro completo das flutuações. Este trabalho tem por escopo demonstrar as potencialidades dos métodos empregados, não se podendo ir além dado o número reduzido de material a disposição.

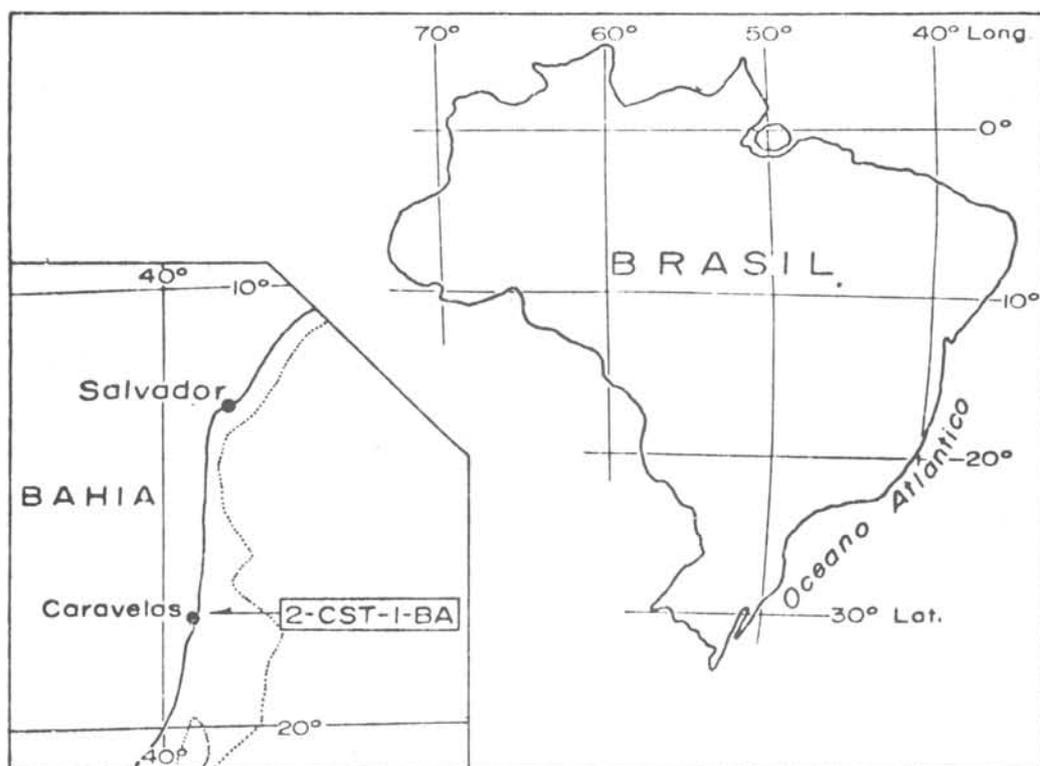


Fig. 1 - Mapa mostrando a localização do poço 2 - CST - 1 - BA.

INTRODUÇÃO

A metodologia aplicada no presente trabalho possibilitou que se apresentasse ao término das análises feitas, um modelo de evolução das flutuações do nível das águas oceânicas (transgressões e regressões), no local estudado, desde o Eoceno até o Atual.

Pesquisa paleoecológica, como a aqui realizada, impõe precaução nas afirmações, especialmente por basear-se em vários postu-

lados estabelecidos por diferentes autores em estudos de ambientes e comunidades que poderiam diferir, em muito, dos aqui encontrados. Deverá ser o presente trabalho encarado como uma tentativa de análise integrada (Paleontologia nomotética de Raup et al., 1973) especialmente por se ter empregado, pela primeira vez, certos conceitos que poderiam ser expressão da exceção e não da regra. Somente o progresso neste ramo poderá apontar o que foi indevidamente empre-

gado como generalidade, e, até lá, acredita-se que não serão poucas as pesquisas que deverão ser realizadas nos moldes desta.

MATERIAL ESTUDADO: 418 lâminas, depositadas na coleção paleontológica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, sob os números GP/ST 2.001 a GP/ST 2.418.

ESTRATIGRAFIA DO LOCAL ESTUDADO

O poço 2 - CST - 1 - Ba (estratigráfico, Caravelas nº 1, Bahia) foi localizado ao 17° 44' 06,5" de latitude sul e 39° 11' 11,0" de

longitude oeste (Figura 1). O local pertence à Bacia pericratônica Espírito Santo.

A elevação no local perfurado é de 2,03 m e a profundidade atingida, de 2,389 m. Foram retirados trinta e cinco testemunhos destes apenas os vinte e um superiores foram aqui estudados, correspondendo a 706 m da seqüência sedimentar superior (Braga 1959, in Pereira, 1973). As seguintes formações integrantes do Grupo Espírito Santo, foram amostradas: Formação Rio Doce (predominantemente arenosa e ocorrendo junto à margem continental) e Formação Caravelas (essencialmente carbonática e ocorrendo em toda a porção leste da Bacia do Espírito Santo) (Asmus et al., 1971).

Relação dos testemunhos de onde as frações analisadas (amostras) foram retiradas:

Test. 1 (- 30 a - 36 m)		Quaternário?
Test. 2 (- 71 a - 77 m)		
Test. 3 (- 101 a - 106 m)	Formação Caravelas	Pós-Mioceno
Test. 4 (- 136 a - 146 m)		
Test. 5 (- 172 a - 173 m)		
Test. 6 (- 200 a - 206 m)		
Test. 9 (- 320 a - 326 m)		
Test. 10 (- 357 a - 363 m)	Formação Caravelas	Mioceno
Test. 11 (- 394 a - 400 m)		
Test. 12 (- 431 a - 437 m)		
Test. 13 (- 468 a - 474 m)		
Test. 14 (- 474 a - 480 m)		
Test. 15 (- 510 a - 516 m)		
Test. 16 (- 516 a - 521 m)		Mioceno Inferior
Test. 17 (- 551 a - 557 m)	Formação Rio Doce	a
Test. 18 (- 588 a - 549 m)		Eoceno Inferior
Test. 19 (- 625 a - 631 m)		
Test. 21 (- 700 a - 796 m)		

TRATAMENTOS DE LABORATÓRIO

A metodologia empregada para as análises sedimentológicas baseou-se em Suguio (1973).

Dez cc de sedimento seco de cada amostra foram utilizados para as análises quantitativas e qualitativas das assembléias de foraminíferos.

A classificação adotada para os foraminíferos baseou-se em Loeblich & Tappan (1964).

PARÂMETROS PALEOECOLÓGICOS

Resume-se a seguir os critérios adotados nas reconstituições paleoambientais objeto do

primeiro trabalho desta série.

1. *Abundância relativa de espécimes* (A.R.E.) – número de espécimes em uma unidade de sedimento (Odum, 1972). A A.R.E. *primária* (teoricamente sem alteração) avaliada nos estudos das assembléias recentes a partir da relação vivos/mortos, expressa as condições de produtividade e permite estimativas da taxa de sedimentação. (Phleger, 1955, 1960, 1964; McGlasson, 1959; Smith, 1964; Boltovskoy, 1965). Em paleoecologia, embora com limitações, também é empregado nas aferições da taxa de sedimentação, sendo inversamente proporcional a ela. A A.R.E. pode estar muito alterada nas assembléias fósseis (Fagestrom, 1964) sendo essencial que isto seja detectado. Ela também pode ser associada a profundidade do ambiente de deposição (Bandy e Arnal, 1960; Boltovskoy, 1965).

2. *Taxa dominante e dominância faunística* (D.F.) – a(s) autopaleoecologia(s) do(s) *taxum* (*taxa*) dominante(s) e o valor porcentual da dominância faunística, isto é, o índice de dominância, é indiretamente proporcional ao grau de estabilidade ambiental (Walton, 1964; Sanders, 1968; Slobodkin & Sanders, 1969; Odum, 1972).

3. *Diversidade específica* (D.E.) – A D.E. foi associada à estabilidade ambiental. Na evolução de um ecossistema o aumento da maturidade ecológica é acompanhado de enriquecimento no número de espécies, quando o ambiente permanece relativamente estável e não interrompe o curso do processo de evolução que ocorre ao nível de comunidade. Tratamentos matemáticos e gráficos e os fundamentos deste critério são encontrados em Bandy & Arnal (1960), Patrick (1967), Sanders (1968), Tramer (1969), Odum (1972), Buzas & Gibson (1969). Buzas (1972), Petri (1972, Gibson & Buzas (1973), Sen Gupta & Kilbourne (1974).

4. *Relação foraminíferos planctônicos/foraminíferos bentônicos* – esta relação tende a aumentar diretamente com a profundidade. É afetada pelo grau de turvação das massas de água e pela salinidade, logo depende da proximidade da costa e aporte de água doce.

Tal aporte depende do clima do continente. Referências em Grimsdale e von Marhoven (1955), Smith (1955), Krashninnikov (1960, in Loeblich an Tappan, 1964), Phleger (1964), Tipword et al. (1966) e Petri (1972).

5. *Indicadores ambientais* – Diversos autores têm utilizado e ou citado certos *taxa* de doraminíferos como indicadores de determinadas condições ambientais. Os *taxa* utilizados nas inferências paleoambientais foram os numericamente mais significativos.

6. *Tamanho dos espécimes* – Verifica-se limitações em sua aplicação quando se analisa suas bases teóricas, porém serve como fator adicional em certas circunstâncias, especialmente quando ocorrem espécimes transportados em uma assembléia. Ele deve ser avaliado ao nível de População e de comunidade. (Boltovskoy, 1957; Johnson, 1960; Petri & Vieira, 1976).

Aqui, o seguinte critério de classificação em classes de tamanho, foi empregado: o intervalo total entre o tamanho do menor indivíduo ao do maior de uma espécie, foi dividido em três partes iguais, cada uma representando uma das seguintes classes: pequena, média e grande.

7. *Curvas de sobrevivência e nicho ecológico* – A dispersão do tamanho dos espécimes de uma mesma população e as frequências de cada intervalo deste mesmo tamanho, representadas graficamente por curvas de sobrevivência (Petri, 1971), podem ser associadas a dinâmica dos nichos ecológicos (Hutchinson, 1958; Friedrich, 1965; Smith, 1966; Margalef, 1970; Terradas, 1971; Odum, 1972; Dajoz, 1973).

8. *Características do material* – Os seguintes caracteres das testas integrantes das populações das assembléias fósseis estudadas, foram quantificados: a. ornamentos – considerou-se a frequência das ocorrências e os estados de suas preservações (Todd e Bronimann, 1957; Closs, 1962; Petri, 1972); b. espessura da parede das testas – considerou-se três tipos de paredes, transparentes, translúcidas (representando as formas medianamente espessas) e opacas (Walton, 1964); c. fragmentação do material – também três tipos de testas foram considerados: inteiras comple-

tas (sem partes quebradas), inteiras incompletas (com pequenas partes quebradas), fragmentadas; d. estado superficial das testas – testas desgastadas e não desgastadas (algumas vezes foi necessário considerar a presença de superfície áspera e formações aderidas nas paredes).

RESULTADOS

A composição faunística dos foraminíferos de cada assembléia está representada na tabela I. Apenas os taxa quantitativa e qualitativamente significativos foram representados. Os demais foram incluídos na categoria *outros*. A ordem de citação empregada baseou-se especialmente em Krashninnikov (1960, in Loeblich and Tappan, 1964) que associou

a presença dos taxa citados a determinadas condições ambientais.

Integrando diferentes referências ecológicas e paleoecológicas, haveriam as seguintes relações entre os taxa da citada tabela (citados abaixo apenas pelos números referidos na tabela e pela ordem de significado ecológico) e as condições de deposição: a. *Taxa* 1 a 7 – foraminíferos indicadores de águas rasas; b. *Taxon* 2 – foraminíferos indicadores de águas rasas, agitadas e de rápida sedimentação; c. *Taxon* 3 – foraminíferos indicadores de águas rasas, calmas e lenta sedimentação; d. *Taxa* 8, 9, 10, 4 – foraminíferos indicadores de águas rasas e fácies algal; e. *Taxa* 4, 10, 1, 2, 11 – foraminíferos indicadores de depósitos clásticos; f. *Taxa* 12, 14, 14, 15 e formas planctônicas – foraminíferos indicadores de águas moderadamente profundas onde a quantidade de algas diminui.

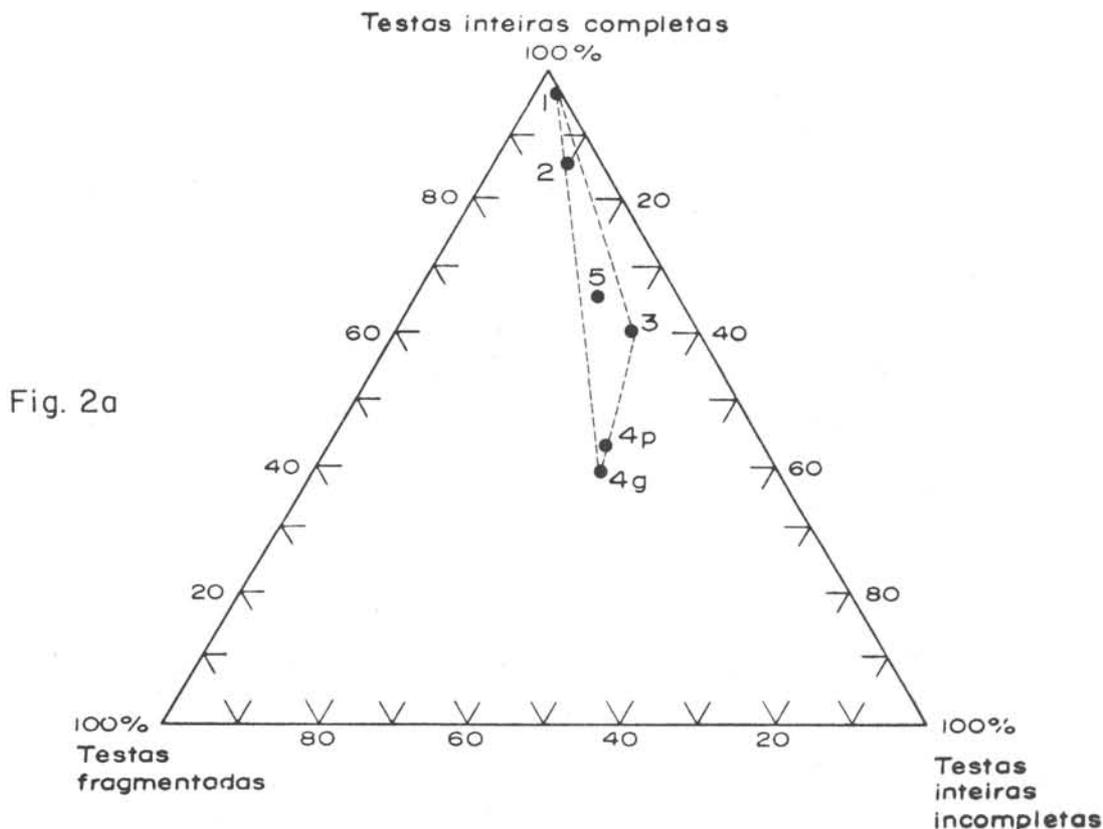


Fig. 2b

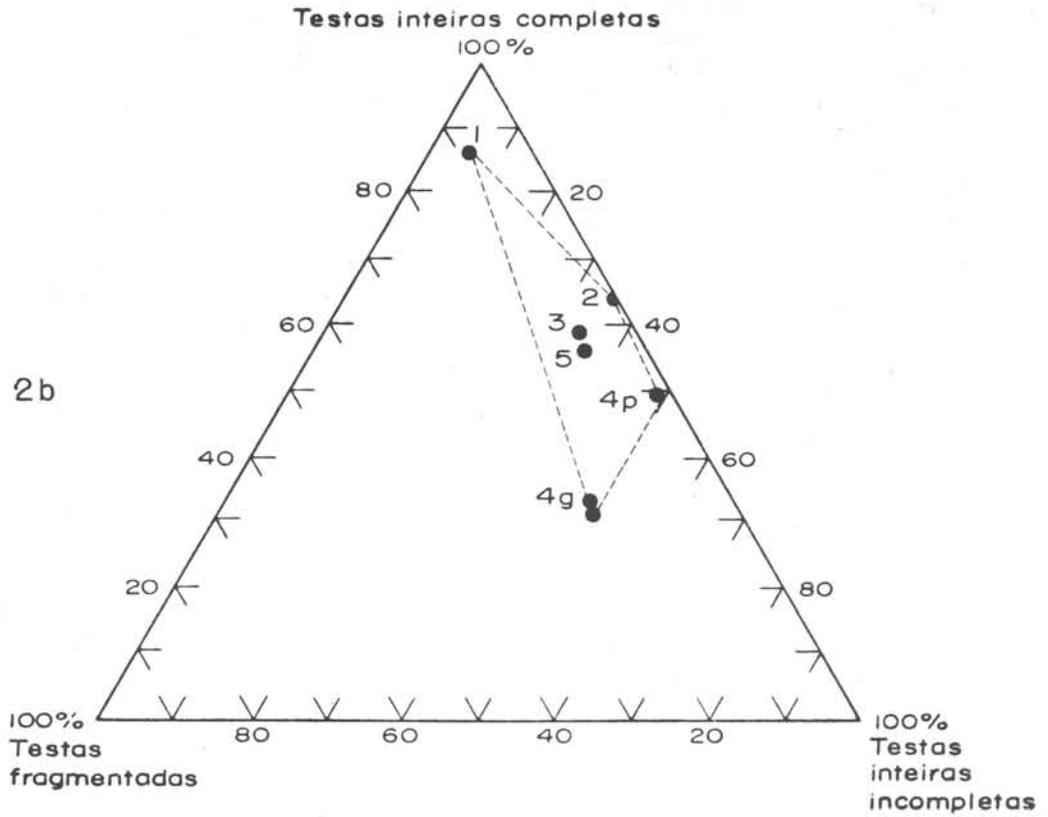


Fig. 2c

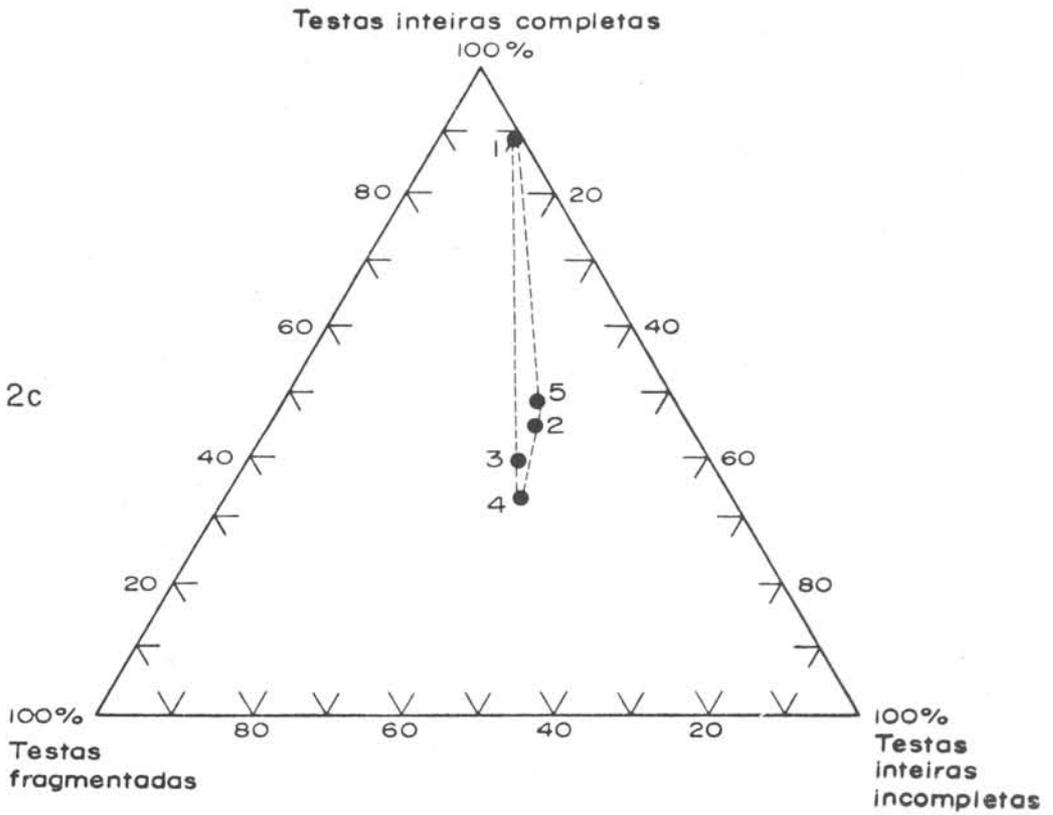


Fig. 2d

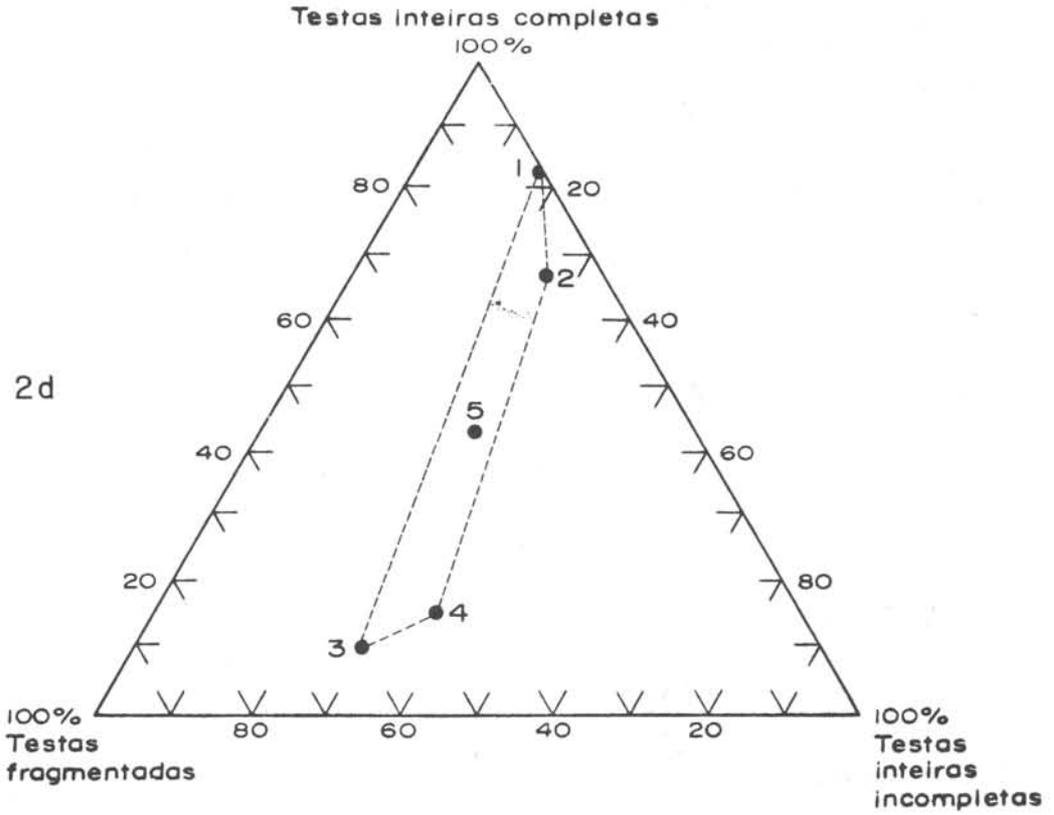


Fig. 2e

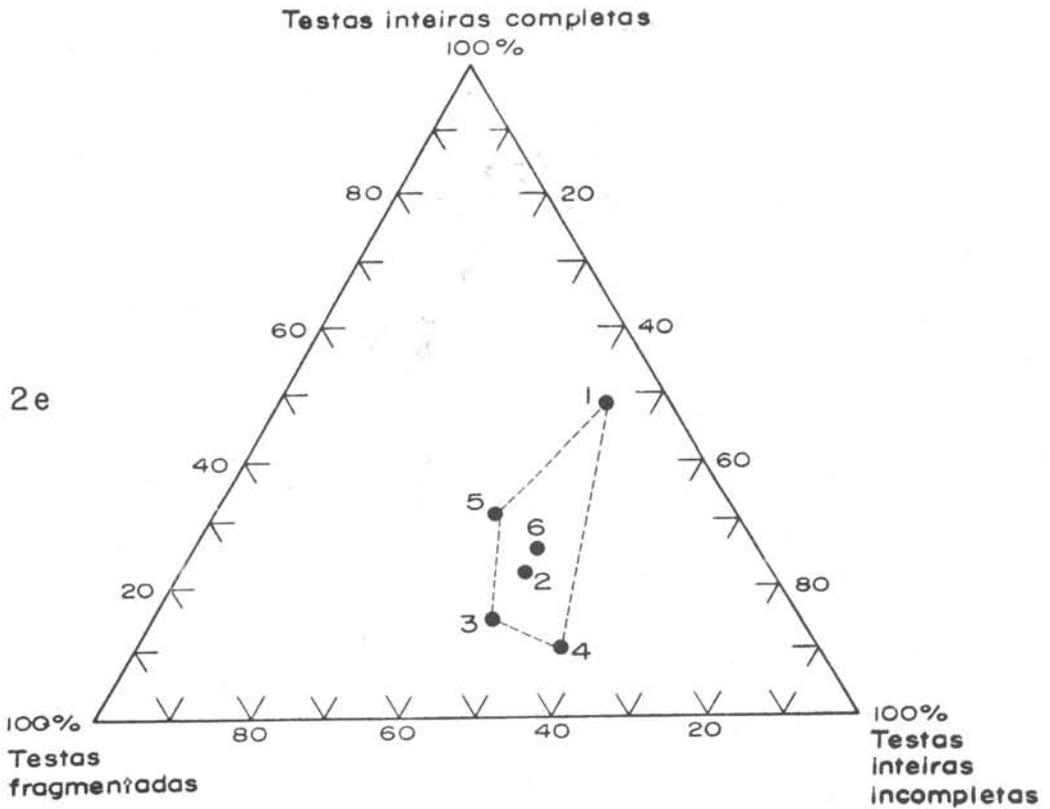


Fig. 2f

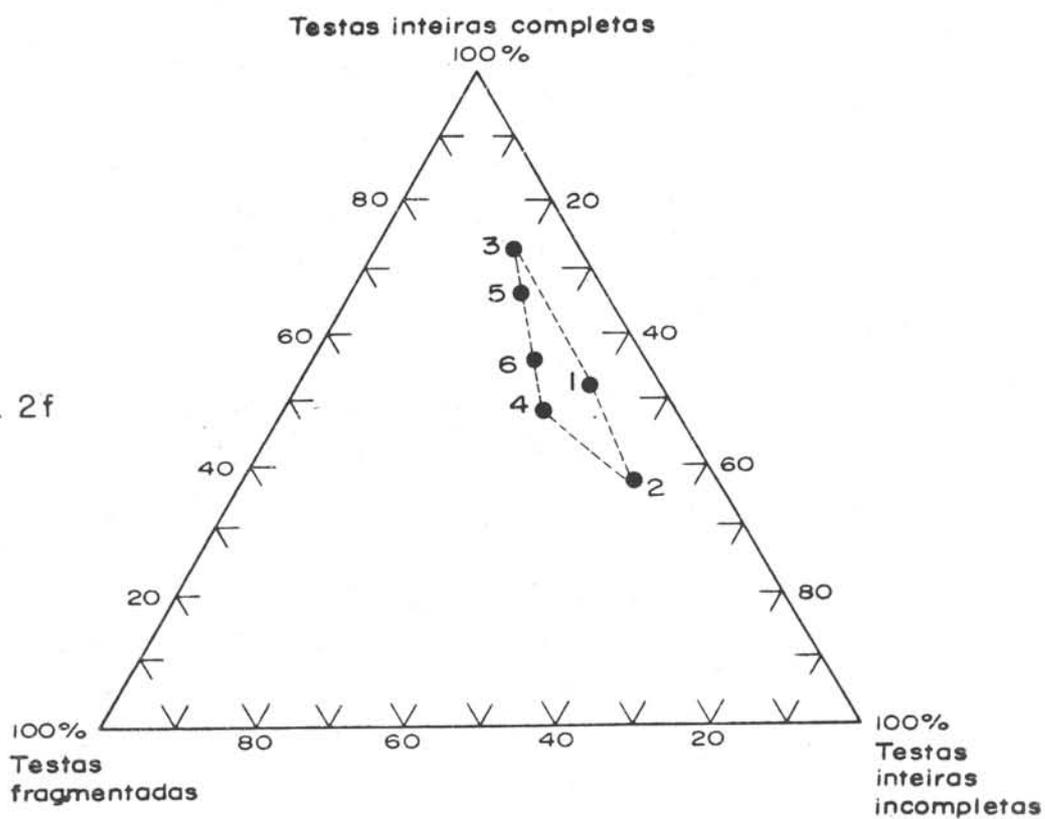
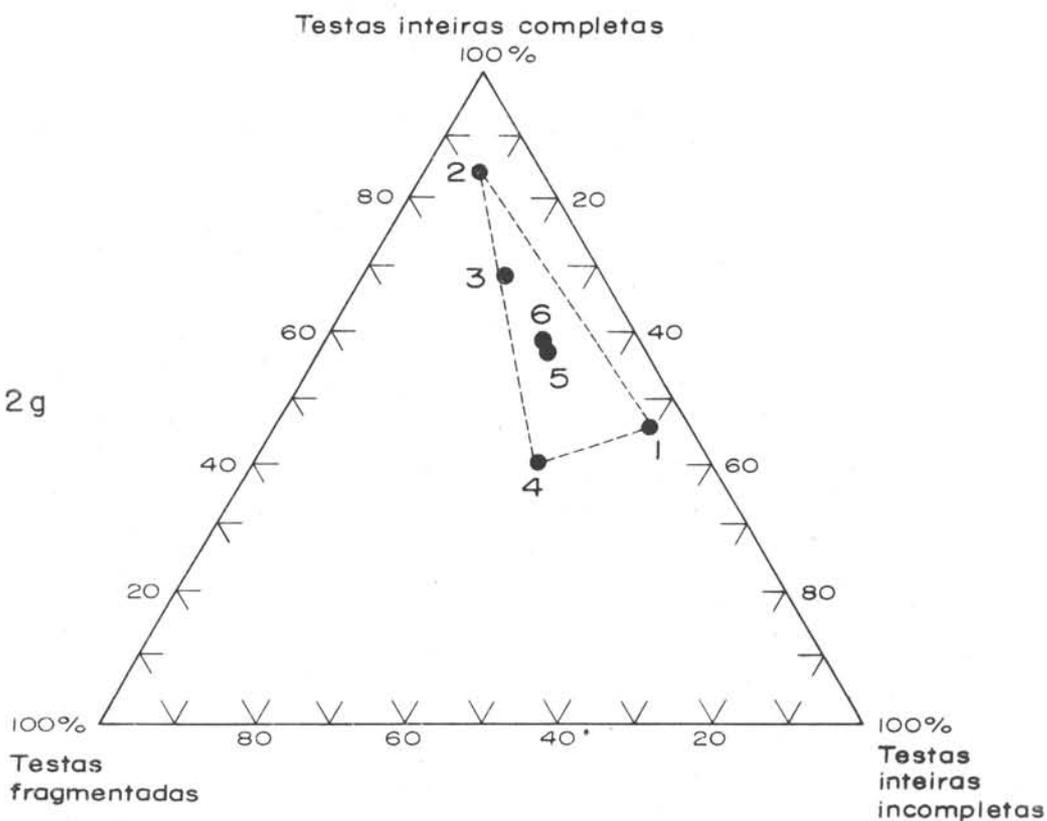


Fig. 2g



- Fig. — 2a Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 1.
1. *Lagena* e *Fissurina*; 2. *Bolivina*; 3. *Cibicides*; 4. *p. Ammonia*, formas pequenas; 4. *g. Ammonia*, formas grandes; 5. Média Geral.
- Fig. — 2b Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 2.
1. *Uvigerina*; 2. *Bolivina*; *Fissurina*; *Lagena* e outros. 3. *Cibicides* e *Discorbis*; 4. *p. Ammonia*, formas pequenas; 4. *g. Ammonia*, formas grandes; 5. Média Geral.
- Fig. — 2c Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 3.
1. *Lagena* e *Bolivina* e outros; 2. *Asterigerina*; 3. Diversos gêneros; 4. *Ammonia*; formas pequenas; 5. Média Geral.
- Fig. — 2d Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 6.
1. *Fissurina*, *Uvigerina* e outros; 2. *Cibicides*; 3. Diversos gêneros; 4. *Ammonia*; 5. Média Geral.
- Fig. — 2e Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 12.
1. *Bolivina* e *Uvigerina*; 2. *Cibicides*; 3. *Elphidium*; 4. *Ammonia*; 5. Gêneros diversos; 6. Média Geral.
- Fig. — 2f Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 13.
1. *Elphidium*; 2. *Spiroplectamina*; 3. Gêneros diversos; 4. *Ammonia*; 5. formas planctônicas; 6. Média Geral.
- Fig. — 2g Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 14.
1. *Bolivina* e *Uvigerina*; 2. *Eponides*; 3. Gêneros diversos; 4. *Ammonia*; 5. Formas planctônicas; 6. Média Geral.

Nos diagramas triangulares (figs. 2a-g) estão representados os graus de fragmentações das populações dos diversos testemunhos estudados, com exceção dos das populações dos test. 9, 16 e 17, que se encontram figurados em Petri e Vieira, 1976, figs. 6 a 8.

Testemunhos 21, 19 e 18

Amostras sem fósseis e com litologia essencialmente arenosa (tabela IV). Provavelmente prevaleceram condições continentais ao longo deste intervalo.

Testemunho 17

A análise dos resultados desta amostra sugeriu origem mista da assembléia.

As evidências de origem mista, foram: grau de fragmentação, de desgaste e distribuição das classes de tamanhos das testas dos gêneros *Ammonia*, *Elphidium*, *Criboelphidium* e *Amphistegina* (as curvas construídas a partir da distribuição das classes de tamanhos nestas populações, resultaram sempre deslocadas para

a direita devido à predominância dos espécimes maiores); ocorrência de outros *taxa* índices para águas moderadamente profundas, melhor preservados e com testas pequenas predominando sobre as grandes e litologia (arenito mal selecionado).

O primeiro grupo de espécimes (41,50% da assembléia) teria sido transportado para o sítio de deposição, de regiões mais rasas para mais profundas.

Excluindo as formas admitidas como transportadas, há redução da dominância faunística e dos índices de águas rasas agitadas, resultando dados mais coerentes para águas moderadamente profundas. Reduz-se também a diversidade específica. Johnson (1960) salientou o aumento no número de espécimes pela soma das espécies transportadas. Sem a exclusão destas, tornar-se-ia impossível a reconstituição dos parâmetros ambientais como profundidade, energia das águas, proximidade da costa e salinidade, e a integração dos resultados evidenciaria situações contraditórias. Enquanto litologia, população

de *Amphistegina* (Bandy, 1964b) e testas fragmentados e desgastadas sugerem condições de energia elevada, ornamentos bem preservados (Petri, 1972), testas de paredes muito delgadas, não preenchidas de sedimentos mas preservadas inteiras e a frequência das formas índices para maiores profundidades (Krashminnikov, in Loeblich & Tappan, 1964) sugerem condições de menor energia.

Pela presença de foraminíferos planc-tônicos, o paleoambiente do sítio de deposição deste intervalo deveria ser marinho de mar aberto e relativamente afastado da costa. A ausência de espécimes arenáceas e porcelânicas, de acordo com Bandy (1956) e Bandy & Arnal (1960) é compatível com as citadas condições. A presença de *Ammonia* e *Amphistegina* já foi discutida. A salinidade deveria ser normal pelas mesmas evidências apontadas.

A profundidade foi avaliada em torno de 45 m, porque em princípio estaria próxima ao limite máximo suportado para os gêneros considerados transportados (Norton, 1930, Phleger, 1951; Boltovskoy, 1965; Petri, 1971), e a relação encontrada para plantônicos/bentônicos, de acordo com Grimsdale & Von Marhoven (1955) permite estimá-la até 70 m. Adotando a mesma classificação de Bandy (1964a) para os subambientes bentônicos marinhos, os sedimentos deste intervalo teriam sido depositados próximo ao início da plataforma central.

É provável que a temperatura existente durante a referida deposição fosse inferior a da maior parte das amostras subseqüentes e similar a dos testemunhos 14 e 1. A espessura delgada das paredes das testas consideradas não transportadas serve de evidência a esta suposição (Greiner, 1969; 1974). Como regra a temperatura das águas tende a diminuir com a profundidade, sendo provável a coexistência das suposições citadas.

Testemunho 16

A presença de testas avermelhadas, pequena abundância relativa de espécimes e outros resultados, indica que as condições de deposição desta amostra foram bem diferentes das da amostra anterior.

Duas características da assembléia conferem com os aspectos citados por Walton (1964) para as associações residuais, seleção do tama-

nho das testas e cor das testas diferente da que ocorre nas demais assembléias. (Entende-se por fáunula residual, associações mais antigas dos organismos que teriam permanecido no sítio de deposição por tempo relativamente grande, não tendo sido soterradas ou se foram, teriam posteriormente sido descobertas pela erosão. Por outro lado, houve deslocamento de tamanho mínimo das testas de *Elphidium* (*taxon* dominante - 66,27%) para um menor valor. Esta redução, bem como a pequena abundância relativa de espécimes e reduzida diversidade específica verificadas nesta assembléia seriam o resultado de condições adversas.

O baixo teor de carbonato de cálcio da amostra (Tab. IV) possivelmente apenas do tipo detrítico sugere que a comunidade total de organismos seria reduzida da mesma maneira que a assembléia dos foraminíferos.

No sedimento predominou a fração fina sugerindo lenta deposição. Também foi encontrada, com certa frequência, biotita com coloração original. Sabe-se que esta mica é facilmente alterada pelo intemperismo. Estruturas de deslizamento foram comuns neste intervalo (Tab. IV). A litologia sugere provável ambiente de baixa energia com possível redução do teor de oxigênio. Tal situação seria o suficiente para tornar o ambiente impróprio à vida de muitos organismos e afetar o crescimento de outros. A população de *Ammonia* desta amostra, apresentou as mesmas características do padrão descrito por Petri (1971) para as populações de mangues. Suas características foram: pequena dispersão e pequeno número de classes de tamanhos; forma das curvas sugerindo ambiente hostil. Também o diâmetro médio das testas foi menor do que os das demais amostras.

As curvas de sobrevivência para as populações de *Elphidium* e *Eponides* apresentaram as mesmas características das de *Ammonia* e todas as demais evidências sugerem que o ambiente afetou igualmente todos os espécimes. O fator limitante atuou em nível de comunidade.

Em ambientes de mangues espera-se encontrar restos de vegetais e organismos tolerantes às variações de salinidade, como foraminíferos arenáceos. Estas formas não foram encontradas.

Pelo exposto, observa-se que duas hipóteses foram cogitadas na reconstituição deste

TABELA I
 Freqüências em porcentagem dos taxa de foraminíferos por amostras

Taxa	AMOSTRAS																
	1	2	3	5	6	9	12	13	14	16	17						
BENTÔNICOS																	
1. Rotalidae (<i>Ammonia</i>)	10,94	8,80	16,12	7,58	37,68	7,74	46,49	70,45	33,75	9,47	24,90						
2. Elphidiidae	41,67	70,47	36,56	6,06	10,00	23,74	22,74	6,22	17,06	66,27	16,66						
3. Miliolidae	23,88	2,05	n.s.	81,82	26,78	—	C	13,42	—	—	—						
4. Textulariidae	—	—	—	—	—	—	—	3,22	—	—	—						
5. Amphisteginidae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	n.s.						
6. Asterigenidae	—	—	27,02	—	—	—	—	n.s.	n.s.	—	—						
7. Soritidae	n.s.	A	n.s.	C	—	—	C	n.s.	—	—	—						
8. Cibicides	n.s.	—	n.s.	—	13,55	10,40	18,54	n.s.	9,26	n.s.	14,40						
9. Polymorphinidae	—	n.s.	—	—	—	—	—	n.s.	—	—	n.s.						
10. Discorbidae	2,13	—	10,81	—	—	8,71	2,03	—	n.s.	n.s.	n.s.						
11. Nonionidae	n.s.	n.s.	n.s.	—	—	n.s.	3,09	n.s.	n.s.	—	n.s.						
12. Cassidulinidae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
13. Buliminidae	n.s.	n.s.	—	—	—	n.s.	—	—	—	—	—						
14. Chilostomellidae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
15. Nodosariidae	n.s.	—	n.s.	—	—	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—	n.s.						
16. Bolivinitidae	6,28	5,71	n.s.	—	—	18,00	2,03	n.s.	5,56	n.s.	17,40						
17. Uvigerinidae	n.s.	3,66	—	—	—	10,62	—	n.s.	5,15	n.s.	2,07						
18. Eponididae	—	—	—	—	—	—	—	—	9,99	14,75	2,94						
PLANCTÔNICOS	n.s.	n.s.	—	—	n.s.	8,71	—	n.s.	15,60	n.s.	10,93						

OBS.: — n.s. - Resultado não significativo; (—) ausentes; C - Comuns; A - abundantes

paleoambiente. A primeira baseada em alterações da assembléia na fase pós-deposicional e a segunda, em alterações na fase de deposição dos sedimentos e concomitante com os ciclos vitais dos organismos fossilizados. Há maior número de evidências a favor da segunda hipótese, inclusive as estruturas de deslizamento.

Testemunho 15

A posição espacial desta amostra, especialmente por ser contígua a anterior foi o parâmetro básico para a influência das prováveis condições durante sua deposição, sugerindo condições continentais.

Os raros foraminíferos encontrados na alíquota analisada poderiam ser provenientes de contaminação durante a amostragem e a ausência de carbonato de cálcio no sedimento (Tab. IV), está de acordo com a situação proposta.

Testemunho 14

As características desta amostra sugerem as seguintes condições de deposição: ambiente marinho de mar aberto e relativamente afastado da costa; águas límpidas e calmas; salinidade normal; sedimentação lenta; temperatura pouco elevada; profundidade em torno de 30 metros; subambiente correspondente: plataforma continental interna (Bandy, 1964a).

As evidências para as afirmações acima foram:

Frequência de formas planctônicas indicando águas límpidas, salinidade normal, pequena influência continental e livre comunicação com o oceano;

Abundância relativa de espécimes e diversidade específica elevadas, sugerem certa estabilidade ambiental com maior maturidade ecológica da comunidade. Condições estas, como norma, encontram-se longe da costa;

A abundância relativa de espécimes, a litologia, o pequeno grau de fragmentação das testas (não obstante possuírem paredes delgadas), e a ausência de formas desgastadas, pressupõem condições de lenta sedimentação e baixo grau de energia das águas. Estas condições teriam contribuído para a referida estabilidade ambiental.

A espessura das paredes das testas (Tab. III) sugere condições de temperatura não

elevada, enquanto o predomínio dos foraminíferos calcáreos hialinos sugere condições de salinidade normal (Greiner, 1969, 1974).

A litologia (caráter de fundo) e baixa energia teriam inibido o desenvolvimento de soritídios e do gênero *Amphistegina*, visto que estes *taxa* são típicos de ambientes de recifes, onde estão se depositando calcáreos e onde a energia das águas é elevada (Cushman, 1931, 1948).

Não foram detectadas formas transportadas nesta assembléia. Em todas as populações as formas pequenas predominaram sobre as grandes. O número de testas desgastadas foi insignificante. Testas quebradas foram mais frequentes na população de *Ammonia*, porém, estes espécimes possuíam portes maiores do que os demais indivíduos da assembléia, sendo por isso mais favoráveis à fragmentação. Estes resultados não bastam para que se possa considerar esta associação como uma assembléia de vida (comunidade natural) (Fagerstrom, 1964), porém são importantes nas inferências da profundidade.

Se os espécimes de *Ammonia* são autóctones na assembléia, e considerando que este foi o taxon dominante entre os foraminíferos, a profundidade não deve ter sido superior a 40 m (Smith, 1964; Phleger, 1965; Petri, 1971, 1971). Este resultado está dentro dos limites de profundidade indicados pela relação planctônicos/bentônicos (de zero a 70 m) (Grimsdale e Von Markhoven, 1955).

Comparando as características da população de *Ammonia* desta assembléia com as de outras, verifica-se que, embora tenha sido o *taxon* dominante, a ornamentação umbilical das testas foi pouco desenvolvida e o intervalo de variação dos tamanhos não foi dos maiores. Isto sugere afastamento relativo das condições ótimas para a população (Todd & Bronnimann, 1957; Closs, 1962).

Testemunho 13

Tanto as evidências biológicas quanto as físicas indicam para o ambiente de deposição deste intervalo, condições de águas bem mais rasas do que o anterior. As justificativas para esta afirmação são: elevada frequência de *Ammonia*; dominância faunística muito pronunciada; formas indicadoras de maiores profundidades, muito raras; decréscimo na

TABELA II

Resultados por amostra dos seguintes parâmetros: Abundância Relativa de Espécimes (A.R.E.); Diversidade Específica (D.E.); Dominância Faunística (D.F.); Índice Planctônicos/Bentônicos (IP/B.); % Foraminíferos Pequenos (F.P.); % Foraminíferos Médios (F.M.); % Foraminíferos Grandes (F.G.); Número de Classes de Tamanho das Populações de *Ammonia* (C.A.)

Test.	ARE	D.E.	% D.F.	I,P/B	% F.P.	% F.M.	% F.G.	C.A.
1	3182	61	41,67(E)	...	36,7	44,5	18,8	10
2	1555	40	70,47(F)	...	31,8	46,1	22,1	22
3	632	18	35,56(F)	—	...	...	...	27
5	66	8	81,82(F)	—	...	...	...	—
6	605	19	37,68(E)	...	14,6	57,4	28,0	15
9	1082	37	23,74(F)	0,095	23,0	55,3	21,7	17
12	1033	26	46,49(E)	—	42,1	43,3	14,6	19
13	1722	49	70,47(E)	—	23,9	38,2	42,9	20
14	7010	66	33,75(E)	0,184	39,2	41,8	19,0	17
16	169	16	66,27(F)	—	20,4	67,5	12,1	8
17	2895	67	24,90(E)	0,125	13,5	39,4	47,1	20

OBS.: (E) — nível de espécie (*Ammonia*); (F) — nível de família Miliolidae no test. 5; Elphidiidae nas demais; (...) prejudicado

diversidade específica; presença de Miliolidae (Bandy & Arnal, 1960) e Textulariidae. Estas mesmas evidências sugerem ambiente não muito afastado da costa.

A extrema raridade das espécies planctônicas serve de evidência para condições de águas turvas e proximidade da costa (Curry *et al.*, 1965).

A presença de umbo bem destacado e proeminente em 87,8% das testas de *Ammonia* e a ampla dispersão da curva de sobrevivência obtida a partir destas mesmas (Petri, 1971), bem como os grandes portes, desenvolvimento dos ornamentos e relativa diversidade específica dos miliolídios, são características que revelam condições peculiares à sobrevivência dos indivíduos destes dois *taxa* (Todd & Bronniamann, 1957; Closs, 1962) e típicas de populações de ambientes marinhos. Como a frequência de formas arenosas foi pequena e na assembléia também ocorrem espécimes de Soritidae (Bandy & Arnal, 1960) e do gênero *Amphistegina* (Cushman, 1931, 1948), é provável que a salinidade fosse normal ou próxima dela.

A temperatura das águas deveria ter sido elevada e maior do que a da amostra anterior. Não foi possível saber se a temperatura das águas que teria prevalescido no sítio de deposição da amostra anterior seria função de massas de águas locais ou se aquele tempo representou época de condições frias generalizadas. Contudo, verifica-se que este parâmetro variou num intervalo de tempo relativamente pequeno já que este testemunho é contíguo ao anterior. (A grande espessura das paredes das testas, e a presença de Soritidae e *Amphistegina* servem de evidências para a temperatura inferida).

Nas supostas condições poder-se-ia esperar frequência ponderável de testas fragmentadas pelo nível de energia ambiental. Tal não ocorreu. A espessura da parede das testas deve ter oposto resistência à fragmentação.

A comparação da dominância e demais integrantes desta assembléia com as associações dos mares costeiros do Espírito Santo, descritas por Petri (1973a) revela grande semelhança entre esta e a "associação *Ammonia catesbyana* ou IV" daquele autor.

As características apontadas por Petri para a citada associação são: dominância faunística de *Ammonia*: presença da famí-

lia Miliolidae como segundo *taxon* em ordem de importância: ocorrência do gênero *Cribrorhynchium* com frequência similar ou menor que a dos miliolídios; ausência ou reduzida frequência de *Brizalina striatula* (Cushman) e *Nonionella atlantica* Cushman.

Embora as diferenças de idades entre as duas assembléias (Mioceno Inferior e Recente), as porcentagens encontradas na de Caravelas (Tab. I) revelam as citadas similaridades. Nesta, a espécie *B. striatula* (Cushman) não foi encontrada e *N. atlantica* (Cushman), muito rara.

Petri (op. cit.) associou este subambiente ao de baías, golfos e estuários onde chegam rios e há comunicação restrita com o mar, representando um subambiente de transição. A acentuada influência do continente se manifesta não só pela turbidez da água, mas, também, e principalmente, por variações bruscas da salinidade. Não se encontrou evidências nítidas para a variação da salinidade. Infelizmente, não se contou com dados para outros organismos como diatomáceas de águas doces e Tecamebas.

Testemunho 12

Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre esta amostra e a anterior, logo muita semelhança deve ter existido entre os dois paleoambientes.

A quantidade de sedimento desta amostra foi insuficiente para ser processada em laboratório, porém, macroscopicamente, era também semelhante ao do testemunho 13.

Os resultados obtidos sugerem paleoambiente de águas bem rasas, turvas, agitadas e quentes. Salinidade próxima a normal. Sítio de deposição localizado próximo da costa. Provavelmente subambiente de mares costeiros. As evidências já foram discutidas no testemunho 13.

Testemunho 11

Apenas três informações foram obtidas para essa amostra: litologia; presença de foraminíferos de preservação precária; posição intermediária desse testemunho entre outros cujos paleoambientes foram mais claramente analisados.

A litologia (arenito grosseiro mal selecionado) sugere condições de elevada energia

e rápida deposição.

É provável que a comunidade biológica não tenha sido tão reduzida porque a fração de carbonato de cálcio foi relativamente elevada (53%), especialmente comprovada para os foraminíferos. Eles foram comuns tendo, suas preservações deficientes, prejudicado a análise da composição da assembléia.

Testemunho 10

Esta amostra caracterizou-se por conter muita madeira carbonizada, por ser rica em pirita, ser praticamente isenta de carbonato de cálcio e possuir, apenas, onze testas de foraminíferos calcáreos, em 10 cc de sedimentos.

Com tais evidências é possível supor deposição em ambiente de águas mixohalinas com pequena circulação, onde pouco acesso de oxigênio seria responsável pelas características dos sedimentos. Os foraminíferos poderiam ter sido transportados por correntes fortes de marés, por tempestades ou ainda ocorrerem devido à contaminação posterior da amostra.

Com tais características é compatível pensar-se em subambiente de lagunas costeiras ou locais pantanosos.

As condições ambientais dessa amostra foram similares às de diversas amostras provenientes da Bacia do Marajó (Petri, 1954) e do afloramento Baunilha Grande, pertencente à Formação Pirabas (Petri, 1957), também miocênicos.

Testemunho 9

Significativos resultados foram obtidos para essa amostra, permitindo reconstituição paleoambiental com maior riqueza de informações do que a maioria das demais.

Os resultados obtidos sugerem condições de ambiente marinho de mar aberto, relativamente afastado da costa; águas quentes e límpidas; salinidade normal; sedimentação rápida e profundidade no sítio de deposição em torno de 40 m, correspondendo a subambiente de plataforma interna (Bandy, 1964).

As evidências para as afirmações acima são:

Frequência de formas planctônicas sugerindo águas límpidas, salinidade normal, pequena ou ausência de influência continental e livre comunicação com o oceano;

Ausência de espécies arenosas, dominância dos *taxa* calcáreos hialinos (Greiner, 1969 e 1974), e baixa frequência de *Ammonia* servem de evidências para a salinidade normal;

Baixo índice de dominância em comparação com outras amostras, sugerindo certo grau de estabilidade ambiental e por conseguinte certo afastamento da costa, como regra geral (Slobodkin & Sanders, 1969) (A representação da D.F., na tabela II, foi feita ao nível de família e três espécies foram representadas juntas);

A temperatura é sugerida pela espessura grande das paredes das testas. O ambiente deveria ser altamente favorável à deposição de calcário, explicando assim, as formações desse material aderidas às superfícies das testas. Nesse caso, a ausência de foraminíferos calcáreos porcelânicos torna-se inexplicável pelos postulados de Greiner (1969, 1974).

A deposição dos sedimentos detríticos deve ter sido lenta, tendo em vista o bom selecionamento de sedimento, seu teor de areia (1,86%) e o reduzido grau de fragmentação das testas revelado na Fig. 2e. Baixa energia ambiental explicaria a ausência de *Amphistegina* e soritídeos.

A reduzida abundância relativa de espécies sugere rápida deposição, neste caso correspondendo a fração de carbonato de cálcio (81,08%), a não ser que a produtividade fosse pequena.

Pelas mesmas razões discutidas para o testemunho 14 a profundidade foi estimada em torno de 40 metros.

A análise da população de *Ammonia* é importante pois contribui para elucidar as condições de outros paleoambientes. Suas características nessa amostra foram: frequência reduzida (7,74%); redução no intervalo de variação dos tamanhos em relação às amostras 17, 13, 12, 3 e 2 e igual a do testemunho 14; ornamentação umbilical pouco desenvolvida e em apenas 17,5% das testas da população (Tab. II).

Comparando as curvas de sobrevivência dessas populações (Petri, 1971), observa-se semelhança entre a desse intervalo e a do testemunho 14, ambos depositados a profundidades estimadas como semelhantes.

Como a do testemunho 14, essa população deve representar condições afastadas do ótimo da espécie.

TABELA III
Distribuição das frequências das características das testas de foraminíferos das diferentes assembléias

Nº Test.	Taxa de Foraminífera	Nº T.	Espessura da parede				Grau de desgaste		
			tp. %	tl. %	to. %	nd. %	d. %	pa. %	ga. %
1	<i>Lagena e Fissurina</i>	37	100,0	—	—	97,4	2,6	—	—
	<i>Bolivina</i>	30	93,4	6,6	—	100,0	—	—	—
	<i>Cibicides</i>	39	59,0	41,0	—	100,0	—	—	—
	<i>Ammonia</i> P.	100	100,0	—	—	100,0	—	—	—
	G.	100	95,5	4,5	—	100,0	—	—	—
	Média	306	87,6	12,4	—	99,5	0,5	—	—
2	<i>Uvigerina</i>	26	—	15,2	84,8	73,0	...	27,0	7,6
	<i>Bolivina e Lagena</i>	28	10,7	25,0	64,3	46,4	...	53,6	10,7
	<i>Cibicides e Discorbis</i>	27	11,1	11,1	77,8	40,7	...	59,3	59,3
	<i>Ammonia</i> P.	70	—	14,0	86,0	54,0	...	46,0	14,0
	G.	70	—	7,0	93,0	37,0	...	63,0	31,5
	Média	291	5,4	14,4	80,2	41,8	...	41,4	20,5
3	<i>Lagena e Bolivina</i>	18	—	5,5	94,5	5,5	...	94,5	38,8
	<i>Asterigina</i>	20	—	—	100,0	—	...	100,0	100,0
	<i>Ammonia</i>	90	—	4,0	96,0	4,4	...	95,6	52,8
	<i>Peneroplis</i>	F	—	—	100,0	...	...	100,0	50,0
	Outros	20	—	—	100,0	—	...	100,0	25,0
	Média	148	—	2,3	97,7	1,4	...	98,0	53,3
6	<i>Fissurina e Uvigerina</i>	11	—	—	100,0	—	100,0	—	29,1
	<i>Cibicides</i>	24	—	4,5	95,5	4,5	95,5	—	29,1
	<i>Ammonia</i>	200	—	—	100,0	2,0	98,0	—	50,0
	Outros	20	—	—	100,0	10,0	90,0	—	40,0
	Média	255	—	1,1	98,9	4,1	95,9	—	37,0
9	<i>Lagena e Fissurina</i>	26	19,3	26,0	54,7	66,6	...	33,4	33,4
	<i>Uvigerina</i>	53	—	—	100,0	...	...	100,0	26,4
	<i>Bolivina</i>	155	—	1,3	98,7	9,2	...	90,8	29,6
	<i>Ammonia</i> P.	50	—	—	100,0	6,0	...	94,0	40,0
	G.	50	—	—	100,0	4,0	...	96,0	50,0
	<i>Cibicides</i>	115	18,2	26,9	54,9	69,4	...	22,9	22,9
	Outros	46	—	—	100,0	4,4	...	95,6	33,8
	Planctônicos	42	—	—	100,0	45,0	...	55,0	11,9
Média	537	4,7	6,7	88,6	38,7	...	61,3	31,0	

	<i>Bolivina e Uvigerina</i>	21	—	61,8	38,2	14,2	85,8	—	—
	<i>Cibicides</i>	31	25,8	9,8	64,4	38,7	61,3	—	—
	<i>Criboelphidium</i>	184	—	—	100,0	2,2	97,8	—	—
12	<i>Ammonia</i>	200	—	4,5	95,5	4,5	95,5	—	—
	<i>Archaias</i>	F	—	—	100,0	—	100,0	—	—
	Outros	36	—	24,8	75,2	12,1	87,9	—	—
	Média	472	5,1	22,5	73,4	14,3	85,7	—	—
	<i>Criboelphidium</i>	263	—	6,0	94,0	95,1	4,9	—	—
	<i>Spirolectamina e</i> <i>Textularia</i>	39	—	—	—	100,0	—	—	—
13	<i>Ammonia</i>	533	—	—	100,0	100,0	—	—	—
	Outros	48	—	20,0	80,0	93,8	6,2	—	—
	Planctônicos	18	—	—	100,0	—	—	—	—
	Média	901	—	6,5	93,5	97,8	2,2	—	—
	<i>Bolivina e Uvigerina</i>	154	66,1	33,8	—	100,0	—	—	—
	<i>Eponides</i>	100	15,0	85,0	—	100,0	—	—	—
14	<i>Ammonia</i>	100	—	100,0	—	100,0	—	—	—
	Planctônicos	100	41,0	59,0	—	100,0	—	—	—
	Outros	200	41,2	50,0	8,7	91,0	9,0	—	—
	Média	654	32,6	66,7	1,7	98,5	1,5	—	—
	<i>Eponides</i>	25	20,0	80,0	—	72,0	28,0	—	—
	<i>Criboelphidium</i>	112	28,0	72,0	—	82,5	17,5	—	—
16	<i>Ammonia</i>	16	43,7	56,3	—	75,0	25,0	—	—
	Outros	10	20,0	80,0	—	70,0	30,0	—	—
	Média	163	27,9	72,1	—	74,8	25,2	—	—
	<i>Eponides</i>	76	—	100,0	—	69,7	30,3	—	—
	<i>Cibicides</i>	197	—	100,0	—	61,4	38,6	—	—
	<i>Criboelphidium</i>	130	—	35,0	65,0	—	100,0	—	—
17	<i>Ammonia</i>	240	—	30,0	70,0	5,0	95,0	—	—
	Outros	361	8,4	91,6	—	81,0	19,0	—	—
	Planctônicos	127	5,0	95,0	—	82,7	17,3	—	—
	Média	1131	2,2	75,3	22,5	51,6	48,0	—	—

OBS.: *N.T.* — número de testas quantificadas; *tp.* — testas transparentes; *tl.* — testas translúcidas; *to.* — testas opacas; *nd.* — não desgastadas; *d.* — desgastadas; *pa.* — parede áspera; *ga.* — com grânulos aderidos na superfície; *F* — fragmentadas; *P.* — pequenas; *G.* — grandes; (...) — cálculo prejudicado; (—) — ausentes.

Testemunho 8 e 7

A litologia indicada por Pereira (1973) como calcários, constitui a única informação que se possui para esses intervalos.

As condições paleoambientais poderiam ter sido intermediárias entre as dos testemunhos 9 e 6.

Testemunho 6

Os sedimentos deste testemunho ter-se-iam depositado em águas provavelmente muito rasas, agitadas, turvas e quentes; a deposição teria ocorrido em local próximo à margem continental; a salinidade poderia ter apresentado pequenas variações; a sedimentação relativamente rápida.

As evidências para águas rasas são: pequena abundância relativa de espécimes; reduzida diversidade específica; dominância faunística de 38%; *Ammonia* como *taxon* dominante; ausência de índice de águas moderadamente profundas; frequência de 95% dos índices de águas rasas; espécimes planctônicos muito raros.

O nível de energia ambiental seria elevado. As evidências são: litologia (arenito médio, mal selecionado); frequência das testas desgastadas (98%); grau de fragmentação de muitos espécimes, (Fig. 2), considerando que estes possuem paredes espessas.

A raridade das espécies planctônicas é compatível com condições de águas, proximidade da costa e variações de salinidade.

A espessura da parede das testas sugere águas quentes.

A abundância relativa de espécimes e litologia sugerem condições de rápida deposição.

Em condições de águas rasas, agitadas e quentes, os foraminíferos da família Soritidae e gênero *Amphistegina* deveriam ocorrer. As variações da salinidade e turbidez das águas seriam fatores limitantes, justificando suas ausências e servindo de evidência adicional às condições inferidas.

A população de *Ammonia* caracterizou-se pela redução na dispersão dos tamanhos (Tab. II), ornamentação umbilical pouco desenvolvida, deslocamento do menor diâmetro medido para valor mais baixo. As populações de *Elphidium* também apresentaram redução no intervalo de variação dos tamanhos.

As referidas reduções poderiam ser provocadas por condições ambientais relativamente pouco favoráveis, talvez tão desfavoráveis quanto as de mangues.

Novamente a composição dessa assembléia foi idêntica a da "associação *Ammonia catesbyana*" (Petri, 1973a). As espécies *Brizalina striatula* (Cushman) e *Nonionella atlantica* Cushman, não ocorreram na assembléia.

Em relação às condições ambientais, essa amostra apresentou maior semelhança com as condições indicadas por Petri (op. cit) do que a assembléia do testemunho 13. Logo o subambiente de deposição dessa amostra poderia ter sido misto ou de transição ou, pelo menos, muito próximo dele.

Testemunho 5

É difícil reconstituir as condições paleoambientais desta amostra pelos resultados obtidos (miliolideos como foraminíferos dominantes, abundância relativa de espécimes reduzida, pequena diversidade específica e escassez de material para análises sedimentológicas).

Das seis espécies de Miliolidae encontradas, apenas *Quinqueloculina lamarkiana* d'Orbigny foi frequente. As demais foram muito raras.

A posição intermediária desse testemunho, entre um paleoambiente representando provável subambiente misto (testemunho 6) e um outro depositado em condições inferidas como continentais (testemunho 4), constitui a principal informação para essa amostra.

Embora Krashninnikov, (1960, in Loeblich and Tappan, 1964) houvesse postulado a predominância da família Miliolidae em condições de águas calmas e lenta sedimentação, não se verificou sua validade para as amostras onde o *taxon* ocorreu. Para as amostras 13, 12 e 6 as condições foram inferidas como de águas rasas, agitadas e a sedimentação rápida, embora a presença de miliolídeos naquelas assembléias. Na assembléia do testemunho 14, provavelmente depositada sob condições de águas rasas, calmas e lenta sedimentação, nenhum representante desse grupo foi encontrado. Sabe-se que a salinidade não é o fator limitante para algumas espécies desse *taxon* e o mesmo ocorre com a temperatura, de acordo com os resultados

de Boltovskoy (1954), para a fauna de águas frias do Golfo de São Jorge.

Por outro lado, Petri (1973a) verificou não apenas a presença mas o desenvolvimento exuberante dos miliólídeos sobre fundos calcáreos, na área de recifes algais. Os resultados desse autor estão mais próximos com os obtidos para os testemunhos 13, 12 e 6 e com as afirmativas de Greiner (1969, 1974) do que as condições indicadas por Krashninnikov.

Considerando que a litologia dessa amostra, macroscopicamente, é similar a do testemunho anterior (arenito) e tendo em vista as considerações sobre os miliólídeos, é viável afirmar que as condições de deposição dessa amostra tenham sido as seguintes: águas rasas, agitadas e rápida deposição dos sedimentos. A salinidade poderia ter sido variável.

Testemunho 4

Este testemunho teria sido depositado em ambiente não marinho. Nenhuma evidência de vida foi nele encontrada.

Testemunho 3

Confrontando os resultados desta amostra com as dos testemunhos 13, 12 e 6, verificou-se semelhança entre elas.

Todas as evidências sugerem condições de ambiente costeiro, de águas bem rasas, quentes, turvas e agitadas.

Fato singular nessa assembléia foi o elevado tamanho atingido por espécimes da população de *Ammonia*, tendo sido o maior verificado entre as amostras de Caravelas. Acompanhando os portes atingidos, houve grande desenvolvimento da ornamentação umbilical entre 66,7% das testas. A frequência dos espécimes foi de apenas 16,12%. A curva de sobrevivência dessa população caracteriza-se por ampla dispersão (Petri, 1971).

Aplicando as citações de Todd e Bronnimann (1957) e Closs (1962) para o caráter ornamentação umbilical, deduz-se que a salinidade tivesse sido normal.

Testemunho 2

Os seguintes resultados desta amostra foram semelhantes aos encontrados na amostra 9: abundância relativa de espécimes; diversidade específica; % de carbonato de cálcio;

% de silte e argila; % de areia; grau de fragmentação das testas; presença de paredes ásperas e com formações calcáreas nelas aderidas; espessura de parede das testas.

Certamente essas semelhanças foram basicamente determinadas por condições de águas quentes refletidas em condições favoráveis à precipitação de calcáreos.

O conjunto de critérios dessa amostra sugere condições de águas rasas, turvas e agitadas, sítio de deposição próximo da costa e salinidade normal. O subambiente provavelmente tenha sido o de plataforma continental interna a uma profundidade em torno de 20 m.

Em síntese, as principais características dessa amostra foram: raridade das espécies planctônicas; frequência elevada de soritídeos de grande porte; miliólídeos presentes e diversificados; populações de *Ammonia* com características próximas às descritas para o testemunho 3; elevada frequência de foraminíferos indicadores de águas rasas; litologia (calcáreo).

As espécies de *Elphidium* e *Criboelphidium* predominaram na assembléia, atingindo grandes portes e maior diversidade específica do que nas demais assembléias. Espécimes da família Soritidae não foram quantificados por não ter sido possível retirá-los da matriz.

Testemunho 1

Diferenças foram notadas entre esta amostra e a anterior, como: maior abundância relativa de espécimes; maior diversidade específica; aumento na frequência dos miliólídeos com aumento também na diversidade (21 espécies); decréscimo na frequência de Elphidiidae; ausência da Família Soritidae; redução geral dos tamanhos dos espécimes; redução na espessura das paredes das testas (predomínio das testas transparentes); redução na frequência das testas de *Ammonia* com umbo; nítida diferença nas curvas de sobrevivência de populações de *Ammonia* (Petri, 1971); grande redução no teor de carbonato de cálcio dos sedimentos.

As semelhanças entre as duas amostras foram: formas arenosas ausentes, formas planctônicas raras; espécimes de Elphidiidae como formas dominantes na assembléia; frequência de *Ammonia* reduzida.

TABELA IV
LITOLOGIA DAS AMOSTRAS ESTUDADAS

Test.	Rocha	Características	% CaCO ₃	% Silte e Argila	% Areia
21	Arenito	Branco, cinza variegado. Mal selecionado, com grânulos e seixos de quartzo muito angulosos. Medianamente compactado. Afossilífero.	—	39,00 (média)	61,00 (média)
19					
18					
17	Arenito	Branco acinzentado. Pouco selecionado, com grãos angulosos de 1 a 3 mm e palhetas de mica.	30,88	7,60	61,52
16	Folhelho arenoso	Verde acinzentado com manchas vermelho-marrom. Bem selecionado. Estruturas de deslize são frequentes nestes folhelhos (Pereira, 1973).	6,40	43,48	50,12
15	Argilito	Cinza-claro. Bem selecionado. Bem compactado.	—	62,80	37,20
14	Siltito argiloso	Cinza claro esverdeado. Bem selecionado. Friável. Lâminas esbranquiçadas.	8,20	58,56	33,24
13	Siltito	Branco acinzentado. Mal selecionado. Friável.	64,80	20,00	15,20
12	Siltito arenoso	Branco acinzentado. Mal selecionado. Reagiu com ácido clorídrico.		Material insuficiente para análise	
11	Arenito	Cinza claro. Mal selecionado. Bem compactado.	53,00	21,60	25,40
10	Siltito argiloso	Cinza esverdeado com manchas brancas. Pouco friável. Rico em pirita.	—	86,30	15,70
9	Calcáreo	Cinza claro. Bem selecionado. Bem compactado. Homogêneo.	81,08	17,06	1,86
6	Arenito médio	Cinza escuro e branco acinzentado. Pouco selecionado. Bem compactado.	69,52	10,64	19,84
5	Arenito médio	Cinza. Pouco selecionado. Bem compactado. Reagiu com ácido clorídrico.		Material insuficiente para análise	
4	Argiloso	Cinza escuro esverdeado. Bem selecionado. Medianamente compacto.	—	82,80	17,20
3	Siltito	Cinza claro esbranquiçado. Mal selecionado. Com restos orgânicos visíveis macroscopicamente.	66,93	31,72	1,36
2	Calcáreo	Cinza claro. Mal selecionado. Bem compactado. Muitos restos orgânicos especialmente Soritídeos.	81,36	10,80	7,84
1	Siltito argiloso	Cinza escuro. Bem selecionado. Pouco compacto. Sem estruturas orgânicas visíveis.	18,25	63,12	18,63

O confronto entre esses parâmetros conduziram à interpretação de que o ambiente teria continuado como marinho raso e não muito afastado da costa. As águas poderiam ter sido mais turvas, deduzido da ausência de Soritidae e predomínio da fração de silte e argilas nos sedimentos. A temperatura teria sido menor devido à ausência de Soritidae e também considerando a pequena espessura da parede das testas. A energia ambiental, a abundância de espécimes, a redução do número de *Elphidium*, a ausência de Soritidae e aumento dos miliolídeos servem de evidências.

A raridade das formas planctônicas nessa assembléia sugere proximidade da costa, águas turvas e talvez variações na salinidade, porém os foraminíferos arenáceos não ocorreram e os espécimes de *Ammonia* foram pouco frequentes. Deve-se considerar que pode haver diferenças entre as características das massas de água superficiais e de fundo.

O caráter mais diferenciado nessa assembléia foi o da redução no tamanho dos espécimes. Situação oposta ocorreu nas duas

amostras anteriores, e secundariamente na amostra 13. Essa característica não deveria ter sido provocada por competição acentuada porque essa ocorre ao nível de populações e não afetaria a comunidade inteira como foi constatado. Também nesse caso, seriam ocupados os nichos reais e esses em regra, têm posição central nos nichos potenciais e não deslocados para situações extremas, como foi o caso (Hutchinson, 1957, *in* Dajóz, 1973).

A assembléia dessa amostra apresentou a característica de pequeno tamanho dos espécimes mas diferiu nos demais caracteres apontados por Phleger (1964) para as assembléias de locais com elevado "standing crop" e suficiente alimentação disponível.

É possível que durante a deposição desse intervalo já se fizesse sentir as variações climáticas que ocorreram durante o Pleistoceno, acarretando alterações especialmente na temperatura. Tais variações poderiam ter afetado as cadeias tróficas, reduzindo os produtores e os alimentos disponíveis ao mesmo tempo que baixas temperaturas diminuiriam o ritmo metabólico e crescimento dos espécimes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na tabela V elaborou-se um modelo das prováveis flutuações do nível das águas oceânicas que teriam condicionado a seqüência de paleoambientes inferidos anteriormente. Para o estabelecimento dessa tabela, foi necessário admitir que teria ocorrido correspondência entre os picos de máxima e mínima das flutuações em alguns dos intervalos amostrados e também que os intervalos não amostrados possuiriam condições intermediárias entre as inferidas para os espaços amostrados.

Tendências tectônicas, de subsidência e de soerguimentos, poderiam justificar as fases inferidas de transgressões e regressões. Outras alterações tectônicas, na área circunvizinha ao poço estudado, poderiam ter contribuído para a ocorrência das referidas flutuações. Ainda, alterações não tectônicas, decorrentes de flutuações climáticas, como o maior ou menor aporte de sedimentos terrígenos,

deslizamentos de sedimentos, oscilações das massas de águas oceânicas no local do poço estudado. As causas atectônicas não devem ser desprezadas, especialmente por se ter estudado apenas uma perfuração.

A maior alteração ambiental inferida, ocorreu entre os 480 e 468 m de profundidade no poço, correspondendo ao local de onde foram retirados os testemunhos 14 e 13 (contíguos).

De acordo com Odum (1972), durante a evolução das sucessões que conduzem à formação de um ecossistema de clímax, surgem mecanismos de autoregulação que permitem à comunidade biológica conservar a estrutura adquirida, grande e complexa, que resiste às perturbações do meio físico. Pressões fortes ou mudanças rápidas produzidas por forças exteriores poderão, contudo, destruir os mecanismos protetores dos ecossistemas e tornar possível o desenvolvimento explosivo de determinadas espécies, como *Ammonia* no teste-

munho 13 (70,45% de toda a assembléia).

A comparação entre as assembléias 14 e 13, permite verificar que a primeira apresenta maior número de características de comunidade mais desenvolvida (maior maturidade e estabilidade). Durante o desenvolvimento e evolução de um ecossistema, o tipo de assembléia encontrado no testemunho 13, deveria preceder ao encontrado no testemunho 14. Portanto, deve ter ocorrido alteração relativamente drástica que afetou a comunidade então existente e impediu o curso normal de evolução das sucessões.

Além disso, o estabelecimento de uma comunidade de organismos em um dado ambiente, ao nível de uma povoação efetiva e com as características desse ambiente refletidas na comunidade, é um processo lento. Logo, a alteração deveria ter sido rápida para que também houvesse tempo suficiente à estruturação da nova comunidade que caracterizou o testemunho 13.

A tendência das águas transgressivas é destruir a parte superior dos depósitos regressivos anteriores, reduzindo a espessura dos sedimentos depositados durante as regressões; não obstante, a espessura dos sedimentos regressivos é superior a dos transgressivos, o que sugere transgressões rápidas e regressões lentas e revela a tendência geral de soerguimento que conduziu ao estabelecimento das condições continentais atualmente existentes no local.

De acordo com Asmus et al. (1971) a regressão máxima do Terciário na Bacia do Espírito Santo, efetuou-se no Oligoceno. A esta época poderia pertencer a parte da Formação Rio Doce que ocorre nesse poço no intervalo de 706 a 588 m; estes sedimentos não estão precisamente datados, mas foram seguramente depositados entre o Eoceno Inferior e o Mioceno Inferior; sendo depósitos regressivos, se enquadrariam no quadro tectônico do Oligoceno.

Após a regressão oligocênica seguiu-se a transgressão miocênica, com depósitos predominantes carbonáticos e com atitude sub-horizontal indicativa de sensível diminuição

do basculamento da margem continental (Asmus et al., 1971).

A partir do testemunho 15, três flutuações do nível das águas oceânicas foram reconstituídas. Seus depósitos foram essencialmente carbonáticos, tendo sido atribuídos à Formação Caravelas (Mioceno Inferior).

O ambiente de deposição não teria sido homogeneamente marinho raso como indicou Pereira (1973) mas oscilando entre subambientes de plataforma continental interna, transicional e até mesmo continental como parece ter sido durante a deposição do testemunho 4.

O testemunho nº 1 representa sedimentos que se teriam depositado em condições de subambiente de plataforma continental interna e não de praias e aluviões de ambiente de transição como indicou Pereira (op. cit.).

Naturalmente não se pressupõe que os resultados obtidos possam ser extrapolados para outros locais da Bacia do Espírito Santo e mesmo que os intervalos não amostrados sempre teriam possuído condições intermediárias entre as reveladas pelos espaços amostrados. Variações significantes poderiam ter ocorrido em intervalos pequenos como foi detectado entre os testemunhos 14 e 13.

A espécie *Cycloloculina miocenica* Cushman e Ponton, ocorre nos testemunhos 14 a 9, tendo frequência maior nas amostras onde a profundidade do sítio de deposição foi estimada em torno de 35 m (Testemunhos 14 a 9), sendo rara nos de águas mais rasas. Esses resultados concordam com a frequência da espécie nas assembléias do Mioceno do Recôncavo Baiano (Petri, 1972), que teriam sido depositados a aproximadamente 50 m de profundidade. Possivelmente, condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento ocorrem em águas moderadamente profundas. Logo, considerando a profundidade de deposição deduzida para a amostra do testemunho 17 (45 m) verifica-se condições favoráveis a seu desenvolvimento nessa amostra e sua ausência não pode ser atribuída ao ambiente mas à idade pré-Mioceno Inferior daqueles sedimentos.

TABELA V

MODELO DA EVOLUÇÃO DAS FLUTUAÇÕES OCEÂNICAS NA SEQUÊNCIA DE SEDIMENTOS ESTUDADOS

Flutuação	Fase	Intervalo (m)	T	E	R	Testemunhos	Formação	Idade	Possível tendência tectônica
4ª	R	30 - 0	-	-	30	1	-	?	Soerguimento
	E	71 - 30	-	41	-	2 ao 1	-	-	Estabilidade
	T	136 - 71	65	-	-	4 ao 2	-	-	Subsidência
3ª	R	320 - 136	-	-	184	9 ao 4	Caravelas	Mioceno Inferior	Soerguimento
	T	357 - 320	37	-	-	10 ao 9				Subsidência
2ª	R	474 - 357	-	-	117	14 ao 10	-	-	Soerguimento
	T	510 - 474	36	-	-	15 ao 14				Subsidência
1ª	R	551 - 510	-	-	41	17 ao 15	Rio Doce	?	Soerguimento
	T	588 - 551	37	-	-	18 ao 17				Subsidência
	R	706 - 588	-	-	118	21 ao 18	-	-	Soerguimento

OBS.: R - Fase regressiva; E - Fase de estabilidade; T - Fase transgressiva.

BIBLIOGRAFIA

- ASMUS, H. E., GOMES, J. B. e PEREIRA, S. C. B., - 1971 - Integração Geológica Regional da Bacia do Espírito Santo - *An. XXV Congresso Bras. Geol.*, p. 253 - 252.
- BANDY, O. L., - 1956 - Ecology of foraminifera in northeastern Gulf of Mexico - *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 274 G*, p. 179 - 204, pls. 29 - 31, figs. 25 - 28.
- BANDY, O. L., - 1964a - General correlation of foraminiferal structure with environment. *In*: Imbrie, J. and Newell, N., ed - *Approaches to Paleocology*. p. 75 - 90.
- BANDY, O. L., - 1964b - Foraminiferal biofacies in sediments of Gulf of Batabano, Cuba and their geologic significance. *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol.* 48 (10) : 1666 - 1679.
- BANDY, O. L. and ARNAL, R. E., - 1960 - Concepts of foraminiferal paleoecology - *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol.* 44 (12) : 1921 - 1932, 14 figs.
- BOLTOVSKOY, E., - 1954 - Foraminiferos del Golfo San Jorge - *Rev. Inst. Nac. Invest. Cien. Nat.* 3 (3) : 79 - 246, 19 est.
- BOLTOVSKOY, E., - 1957 - Los foraminiferos del estuario del Rio de la Plata y su zona de influencia - *Rev. Inst. Nac. Invest. Cien. Nat.* 6 (1) : 3 - 77, 11 est.
- BOLTOVSKOY, E., - 1965 - Los Foraminiferos Recients - Buenos Aires. *EUDEBA Edit. Univ. Buenos Aires*.
- BUZAS, M. A., - 1972 - Patterns of species diversity and their explanation - *Taxon* 21 : 175 - 286.
- BUZAS, M. A. and GIBSON, T. G., - 1969 - Species diversity; benthonic Foraminifera in western North Atlantic. *Science*, 163.
- CLOSS, D., - 1962 - Foraminiferos e tecamebas na Lagoa dos Patos, R. S. *Bol. Esc. Geol. Porto Alegre* 11.
- CURRY, D., MURRAY, J. W. and WHITTARD, W. F., - 1965 - The geology of the Western Approaches of the English Channel III. The *Globigerina* Silts and associated rocks. *Proc. 17th Symposium Colston Res. Soc.*, p. 239 - 254.
- CUSHMAN, J. A., - 1931 - The Foraminifera of the Atlantic Ocean. *U. S. Nat. Mus. Bull.* 104(8) : 1 - 179, 26 t.
- CUSHMAN, J. A., - 1948 - Additional new species of arenaceous Foraminifera from shallow waters of Trinidad - *Cushman Lab. Foram. Res. Res., Contr.* 24 : 37 - 42, pls. 7,8.
- DAJOZ, R., - 1973 - Ecologia Geral - (Trad. de F. M. Guimarães). São Paulo. *Vozes Edit. Univ. São Paulo*.
- FAGERSTROM, J. A., - 1964 - Fossil communities in paleoecology: Their recognition and significance - *Bull. Geol. Soc. America*, 75 (12) : 1197 - 1216.
- FRIEDRICH, H., - 1965 - Marine Biology: an introduction to its problems and results - *London, Sidgwick & Jacksons*.
- GIBSON, T. G. and BUZAS, M. A., - 1973 - Species diversity: Patterns in modern and Miocene Foraminifera of the Eastern Margin of North America. *Geol. Soc. America. Bull.* 84 : 217 - 238.
- GREINER, G. O. G., - 1969 - Recent benthonic foraminifera: environment factors controlling their distribution. *Nature*, 223 : 168 - 170, text. fig. 1.
- GREINER, G. O. G., - 1974 - Environmental factors controlling the distribution of recent benthonic Foraminifera. *Breviora*, 420 : 1 - 35.
- GRIMSDALE, T. F. & MARKHOVEN, F. P. C. M. von, - 1955 - The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. *Proc. 4th World Petrol. Cong.* 1/d : 473 - 491.

ASSEMBLÉIAS DE FORAMINÍFEROS E OS PALEOAMBIENTES CENOZÓICOS DE CARAVELAS, BA, BRASIL

- HUTCHINSON, G. E., – 1958 – Concluding remarks – *In: Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22 : 415 - 427.
- JOHNSON, R. G., – 1960 – Models and methods for analysis of the mode of formation of fossil assemblages – *Bull. Geol. Soc. Amer.* 71 : 1075 - 1086.
- LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H., – 1964 – Protista. *In: Treatise on the Invertebrate Paleontology – T. C. part. 2, p. 1 - 900.*
- MACGLASOON, R. H., – 1959 – Foraminiferal biofacies around Santa Catalina Island, California, *Micropaleont.*, 5(2) : 217 - 240.
- MARGALEF, R. H., – 1970 – Perspectives in Ecological Theory – London, The University of Chicago Press.
- NORTON, R. D., – 1930 – Ecologic relations of some Foraminifera – *Bull. Scripps. Inst. Ocean., Tech., Ser.*, 2(9) : 331 - 388.
- ODUM, E. P., – 1972 – Ecologia – 3ª Ed. Méx., Nueva Edit. Interamericana S.A. de C.V.
- PATRICK, R., – 1967 – Diatom communities in estuaries. *In: Estuaries* (Lauff, G. H. dir.) – Amer. Assoc. Adv. Sci. Publ., Washington, D. C., 83 : 311 - 315.
- PEREIRA, A. C., – 1973 – Estudo sedimentológico/estratigráfico do poço 2 - CST - 1 - Ba – *Petrobrás, DIREX (Rel. int.)*.
- PETRI, S., – 1954 – Foraminíferos fósseis da bacia do Marajó – *Bol. Fac. Fil. Ciên. Letras, Univ. São Paulo, Geol.* 11 : 1 - 172, 14 est., 10 figs., 3 tab.
- PETRI, S., – 1957 – Foraminíferos miocênicos da Formação Pirabas – *Bol. Fac. Fil. Ciên. Letras, Univ. São Paulo, Geol.* 16 : 1 - 79, 9 est., 3 figs., 3 tab.
- PETRI, S., – 1971 – O gênero *Ammonia* e as correlações dos sedimentos da parte superior do Cenozóico da faixa litorânea brasileira. *Anais Acad. Bras. Ciênc., Simp. Bras. Paleont.* 43 : 557 - 575.
- PETRI, S., – 1972 – Foraminíferos e o ambiente de deposição dos sedimentos do Mioceno do Recôncavo Baiano – *Rev. Bras. Geociênc.*, 2 : 51 - 67.
- PETRI, S., 1973a – Foraminíferos e tecamebas do delta do Rio Doce Parte I – Ecologia – *Convênio Petrobrás/USP (Rel. int.)*.
- PETRI, S., – 1973b – Foraminíferos e tecamebas do delta do Rio Doce – Parte II – Sistemática; *Convênio Petrobrás/USP (Rel. Int.)*.
- PETRI, S., VIEIRA, E. M., – 1976 – Métodos de Estudos paleoecológicos e as assembléias cenozóicas de Foraminíferos de Caravelas, Bahia – *Bol. IG (Inst. Geociên.) – USP, v. 6, p. 109 - 127.*
- PHLEGER, F. B., – 1951 – Ecology of Foraminifera. Northwest Gulf of Mexico – *Geol. Soc. Am. Mem., Foraminifera Distribution* 46(1) : 1 - 88, 29 tabs.
- PHLEGER, F. B., – 1955 – Ecology of Foraminifera in South Eastern Mississippi Delta Area. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, 39(5) : 712 - 752.
- PHLEGER, F. B., – 1960 – Sedimentary patterns of microfaunas in Northern Gulf of Mexico. *In* F. P. Shepard, F. B. Phleger and Tj. H. van Andel (Editors). Recent Sediments. Northwest Gulf of Mexico. *An. Assoc. Petrol. Geologists, Tulsa*, p. 267-301.
- PHLEGER, F. B., – 1964 – Foraminiferal ecology and marine geology – *Marine Geol.*, 1 : 16 - 43.
- PHLEGER, F. B., – 1965 – Patterns of marsh foraminifera – Galveston Bay, Texas. *Limon. and Ocean.* 10 (supp.): R 169 - R 184.
- RAUP, D. M., GOULD, S. J., SCHOPF, T. J. M. and SIMBERLOFF, D. S. – 1973 – Stochastic models of phylogeny and the evolution of diversity – *Jour. Geol.* 81 (5) : 525-542.

- SANDERS, H. L., - 1968 - Marine benthic diversity: a comparative study - *Amer. Nat.*, 102 : 243 - 282.
- SEN GUPTA, B. K. and KILBOURNE, R. T., - 1974 - Diversity of benthic foraminifera on the Georgia continental shelf. *Geol. Soc. Am. Bull.* 85 (6) : 969 - 972.
- SLOBODKIN, L. B. and SANDERS, H. L., - 1969 - On the contribution of environmental predictability to species diversity. *Brookhaven Symposia in Biology* 22 : 82 - 95.
- SMITH, F. D., - 1955 - Planktonic Foraminifera as indicators of depositional environment. *Micropaleontology*, 1 : 147 - 151.
- SMITH, P. B., - 1964 - Ecology of Benthonic Species. Recent Foraminifera of Central America. *Geol. Surv. Prof. Paper*, 429 - B: 1 - 7, text figs. 1 - 23.
- SMITH, R. L., - 1966 - Ecology and Field Biology - *New York - London, Harper & Row.*
- SUGUIO, K., - 1973 - Formação Bauru. Calcáreos e Sedimentos detríticos associados - São Paulo (*Tese, Inst. Geociên. - USP*).
- TERRADAS, J., - 1971 - Ecology, hoy - *Barcelona, Edit. Teide, S.A.*
- TIPSWORD, H. L., SETZER, F. M. & SMITH, JR, F. L., - 1966 - Interpretation of depositional environment in Gulf Coast Petroleum Exploration from paleoecology and related stratigraphy - *Transactions - Gulf Coast Assoc. of Geol. Societies* 16 : 119 - 130.
- TOD, R. and BRONNIMANN, P., - 1957 - Recent Foraminifera and Thecamoebina from the Eastern Gulf of Paria - *Cushman Found. Foram. Res., Sp. Publ.* 3 : 1 - 43, 12 pls., 1 tab.
- TRAMER, E. J., - 1969 - Bird species diversity; components of Shannon's formula - *Ecology* 50 : 927 - 929.
- WALTON, W. R., - 1964 - Recent Foraminiferal Ecology and Paleoecology In: Inbrie and Newell eds - *Approaches to Paleoecology - John Wiley and Sons, Inc. New York, p. 151 - 237.*