

Boletim IG. Instituto de Geociências. USP. V. 6: 109-127, 1975
**MÉTODOS DE ESTUDOS PALEOECOLÓGICOS E AS ASSEMBLÉIAS
 CENOZÓICAS DE FORAMINÍFEROS DE CARAVELAS; BAHIA.**

por

Setembrino Petri

Departamento de Paleontologia e Estratigrafia

Elãene Machado Vieira

Universidade Federal de Santa Maria. RGS

ABSTRACT

This paper, the first one of a series of papers, deals with a paleoecological study of Cenozoic foraminiferal assemblages from cores from a well drilled at Caravelas, State of Bahia, Brazil.

The authors present herein the methodological approach as well as the employed paleoecological parameters. The conclusions will be presented in papers to be issued later.

RESUMO

Os autores tratam neste trabalho, o primeiro da série, das assembléias cenozóicas de foraminíferos obtidos de testemunhos de uma sondagem da Petrobrás perfurada em Caravelas, Estado da Bahia.

Neste trabalho são examinados os métodos utilizados e discutidos os parâmetros ecológicos deixando-se para trabalhos subsequentes, as conclusões.

☆ ☆ ☆

INTRODUÇÃO

Os autores estudaram as assembléias de foraminíferos do poço 2-CST-1-Ba (Caravelas, Bahia) (Fig. 1).

Todos os testemunhos estudados, excepto o nº 5, possuem 5 a 6 metros de espessura. São os seguintes:



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

Test. 1 (-30 a -36m)		Quaternário?
Test. 2 (-71 a -77m)	Formação	Pós-Mioceno
Test. 3 (-101 a -106m)	Caravelas	
Test. 4 (-136 a -146m)		
Test. 5 (-172 a -173m)		
Test. 6 (-200 a -206m)		
Test. 9 (-320 a -326m)	Formação	Mioceno
Test. 10 (-357 a -363m)		
Test. 11 (-394 a -400m)	Caravelas	
Test. 12 (-431 a -437m)		
Test. 13 (-468 a -474m)		
Test. 14 (-474 a -480m)		
Test. 15 (-510 a -516m)		
Test. 16 (-516 a -521m)		
Test. 17 (-551 a -557m)	Formação	Mioceno Inf.
Test. 18 (-588 a -594m)	Rio Doce	a
Test. 19 (-625 a -631m)		Eoceno Inf.
Test. 21 (-700 a -706m)		

O objetivo do trabalho integral consistiu em reconstituir os paleoambientes da sequência de sedimentos amostrados e inferir sobre o comportamento tectônico do local, através do uso integrado de diferentes critérios paleoecológicos e com aplicação de tratamentos estatísticos adequados.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, a fase de definição da metodologia a ser empregada foi laboriosa e fundamental para se atingir o objetivo, razão porque é aqui apresentada, exemplificada e avaliada.

Descrição das assembléias, reconstituição paleoambiental, resultados da análise agrupada e considerações geológicas do local serão objeto de próximas publicações.

O presente trabalho consta apenas das bases teóricas e práticas adotadas no estudo das citadas assembléias.

Após listar os parâmetros paleoambientais que são inferidos a partir da análise do sedimento e foraminíferos de cada amostra, coletou-se, na bibliografia, citações de métodos que poderiam ser empregados e de resultados obtidos em estudos similares. Em prosseguimento foram aplicados esses parâmetros às assembléias de foraminíferos examinadas. Por último, os resultados obtidos por critério paleoecológico foram confrontados e avaliados.

MÉTODOS DE LABORATÓRIO

Inicialmente foram retirados 10cc de sedimento de cada amostra, para estudo dos foraminíferos. A fração restante foi usada nas análises de litologia.

Os 10cc de sedimentos foram desagregados em peneiras de 0,062 a 0,125 e 0,125 a 0,250mm. As frações retidas em cada uma das malhas foram fluídas em tetracloreto de car-

bono e após filtradas. Os foraminíferos foram contados, triados e montados em lâminas especiais.

Primeiramente, foram calculadas as abundâncias de cada taxa, após, o total de testas em cada assembléia.

A etapa seguinte foi a da identificação sistemática das espécies.

Para as análises paleoecológicas todos os resultados dos cálculos realizados foram reduzidos e expressos em lcc de sedimento seco.

Os caracteres de preservação do material, espessura das paredes das testas, ornamentos e outros, foram quantificados.

Testas de diferentes populações foram medidas a fim de se verificar as variações dos tamanhos dos indivíduos e frequência das diferentes classes de tamanhos.

Após descrição de cada amostra, estas foram desagregadas e quarteadas até obter-se frações de 25 gramas. Cada fração foi processada de acordo com a metodologia usada por Suguio (1973, p.156-8); desta forma obteve-se as porcentagens de areia, silte e argila e de carbonato de cálcio (detritico e químico).

BASES TEÓRICAS DOS CRITÉRIOS PALEOECOLÓGICOS EMPREGADOS

Os métodos empregados são pertinentes a paleossinecologia. Entende-se este ramo apenas como conduta adotada em pesquisa paleoecológica.

A denominação *assembléia fóssil* foi usada para o conjunto de espécimes de foraminíferos encontrados em cada amostra. Fagerstrom (1964) a definiu como *um grupo de fósseis de um certo intervalo estratigráfico e localidade*

geológica, tendo uma conotação paleoecológica.

Os critérios de reconstituição paleoambiental utilizados, e a seguir descritos, foram:

- 1 – Abundância relativa de espécimes (A.R.E.)
- 2 – Taxa dominantes e dominância faunística (D.F.)
- 3 – Diversidade específica (D.E.)
- 4 – Indicadores ambientais
- 5 – Relação foraminíferos planctônicos/foraminíferos bentônicos (P/B)
- 6 – Tamanho dos espécimes
- 7 – Curvas de sobrevivência e nicho ecológico
- 8 – Características do material
- 9 – Outros organismos presentes na assembléia
- 10 – Litologia
- 11 – Posição espacial relativa da amostra

As variáveis usadas no método de correlação de análise agrupada foram físicas e biológicas, escolhidas dentro das populações do gênero *Ammonia*, sendo as seguintes:

1. Porcentagem de espécimes na assembléia
2. Porcentagem de testas inteiras
3. Porcentagem de testas fragmentadas
4. Porcentagem de testas transparentes mais testas translúcidas
5. Porcentagem de testas não desgastadas
7. Porcentagem de testas com umbo
8. Número de classes de tamanhos

1. Abundância relativa de espécimes (A.R.E.)

Odum (1972, p.180) definiu **abundância relativa** como o número de indivíduos ou sua porcentagem em amostra. Logo, o total de testas de foraminíferos encontrados em uma unidade de amostra, no caso lcc de sedimento seco, representa a abundância relativa de espécimes

na assembléia.

A partir da A.R.E. calcula-se as porcentagens dos diferentes taxa. Este é o primeiro parâmetro que deve obrigatoriamente ser quantificado, em estudos desta natureza, para que outros (dominância faunística, relação planctônicos/bentônicos) sejam conhecidos.

A A.R.E. é inversamente proporcional à velocidade de sedimentação. Grande sedimentação dilui as formas no meio da massa de sedimentos. Primariamente ela é função da taxa de reprodução e capacidade de desenvolvimento dos organismos e depende, entre outros fatores, da quantidade de nutrientes. Entende-se a capacidade de proliferação da vida como decorrentes das condições ambientais (o termo produtividade foi e deve ser evitado por ser usado em ecologia especificamente, para a produção de matéria orgânica, num ecossistema, em um dado nível trófico).

Segundo Fagerstrom (1964) a complexa história de um organismo desde o tempo de crescimento de suas partes duras até sua inclusão em uma coleção como fóssil pode ser dividida em dois períodos: pré-soterramento e pós-soterramento. Durante ambos, numerosos fatores atuam alternando a estrutura original e composição da comunidade. Nas comunidades marinhas os fatores que atuam no primeiro período são seletivos e interferem com diferentes intensidades no número total de espécimes preservados.

A ausência de nutrientes não faz parte dos fatores de alteração. Ela condiciona a **A.R.E. primária**, e esta quando alterada corresponde a **A.R.E. secundária**.

A separação entre primária e secundária é essencialmente teórica. Na prática, sabe-se ser impossível detectar e especialmente quantificar todos os prováveis casos.

Nas assembléias de Caravelas, durante as reconstituições dos prováveis ambientes de deposição das amostras, três dos valores encontrados para a A.R.E. foram interpretados como segue: — ausência ou redução de nutrientes ou outras condições desfavoráveis à vida; — efeito de acréscimo na frequência de espécimes, pelo transporte de formas (assembléias de origem mista); — situação de fáunula residual.

Os resultados obtidos em Caravelas, alertaram os autores do presente trabalho que, na fase inicial de análise dos resultados e antes de se formar uma idéia geral das condições de deposição, não é conveniente associar a A.R.E. e taxa de sedimentação ou abundância e outras situações ambientais como as que seguem.

Segundo Bandy e Arnal (1960), o número de espécies e de espécimes de foraminíferos aumenta a partir da costa e com aumento da profundidade da água, atingindo valores máximos sobre a plataforma continental externa (100 a 200m) e na parte superior e média da zona batial. Estes números, de acordo com os citados autores, podem ser usados nas determinações de paleoambientes. Afirmações semelhantes foram feitas por Boltovskoy (1965, p.116–133).

Deve-se excluir das comparações as amostras onde os foraminíferos são raros e naquelas onde suas preservações deficientes impedem a quantificação dos resultados.

Nas amostras de Caravelas, três intervalos de grandeza foram considerados para a A.R.E.: a — menor que 1.800 espécimes; b — de 1.800 a 3.200 espécimes; c — de 3.200 a 7.000 espécimes.

Pela comparação destes dados com os resultados da litologia (Tabela I) verificou-se as seguintes relações:

O menor intervalo ocorreu em todas as

amostras onde a fração de carbonato de cálcio foi superior a 65% (cinco amostras); os dois seguintes ocorreram quando a fração de silte e argila foi superior a 55% (duas amostras).

Devido ao reduzido número de amostras estudadas, apenas o menor intervalo pode ser caracterizado como dependente do tipo de sedimento. Admitindo, neste caso, que a deposição dos calcários tivesse sido relativamente rápida.

Admite-se que a relação A.R.E. — taxa de sedimentação, seja, de modo aproximado, inversamente proporcional, quando não há alteração na frequência de espécimes, isto é, quando os valores da A.R.E. não diferem muito dos da **A.R.E. primária**.

2. Taxa dominantes e dominância faunística (D.F.)

Nem todos os organismos de uma comunidade são igualmente importantes para a caracterização da comunidade inteira.

Walton (1964, p. 235) constatou ter significado ambiental relacionado com a profundidade e distribuição geográfica a ocorrência do gênero mais abundante de uma zona faunística, tendo também afirmado que a frequência dos espécimes de foraminíferos pertencentes a espécie mais comum (**espécie dominante**) numa associação, é proporcional à variabilidade ambiental. Tal frequência corresponde ao valor da **dominância faunística**.

Os subambientes litorâneos são muito variáveis e por isso a D.F. é maior nestes do que em outros do ambiente marinho. Em princípio a D.F. é máxima na zona das marés e decresce a um valor mínimo na borda da plataforma continental externa.

Na pesquisa realizada este critério serviu

apenas como evidência paleoambiental adicional.

Comparando as frequências da D.F. de diferentes assembléias do Mioceno do Brasil (Tabela II), é possível afirmar o que se segue:

a. D.F. variou dentro de limites amplos e independentes da litologia;

b. O valor da porcentagem da **espécie dominante** (calculado em assembléias fósseis), tomado isoladamente, não constituiu índice de profundidade, nos biótopos da plataforma continental.

c. A autoecologia e estado de preservação das testas da **espécie dominante**, devem também ser considerados, neste critério.

3. Diversidade específica (D.E.)

A quantidade de espécies em uma assembléia fóssil é utilizada como meio de interpretação do grau de variabilidade ambiental de seu respectivo paleoambiente; para tanto empregam-se os modernos conceitos da evolução biológica ao nível da comunidade.

Cada espécie representa a unidade de um padrão de variabilidade, quer em comunidades viventes ou em assembléias fósseis. O total de espécies corresponde a **diversidade específica**. A D.E. de uma dada assembléia somente equivale a **diversidade faunística** quando todas as espécies da fauna presente, forem computadas. Quando apenas um **taxon** (no caso foraminíferos) for o objeto da pesquisa, é conveniente adotar a primeira denominação.

Entende-se por índice de diversidade específica (I.D.E. ou simplesmente I.D.) o grau de variação de uma assembléia fóssil (ou comunidade vivente) em termos de número de espécies.

De acordo com Odum (1972, p. 168) os erros resultantes do fato de não distinguir espécies muito parecidas ou de contar etapas diversas da vida de uma espécie como espécies separadas, não são graves. Estas variações dentro da vida de uma espécie formam parte da diversidade. Além disso, segundo o mesmo autor, as espécies não são as únicas unidades úteis para a verificação da diversidade.

Quanto mais estável é o meio ambiente em relação aos agentes físicos, químicos e geológicos, maior é o índice de diversidade.

Toda comunidade é interpretada como o resultado de um processo evolutivo lento e gradual de fixação, desenvolvimento, competição e substituição de espécies, conduzindo ao acréscimo no número de espécies. Os ecólogos aceitam como uma probabilidade geral ou como uma tendência durante a evolução de uma comunidade, o aumento da uniformidade das quantidades e redução da redundância, aumentando, assim, a diversidade específica e diminuindo a porcentagem da dominância faunística.

Maior diversidade corresponde a maior maturidade ecológica, ocorrendo em comunidade de estabelecimento mais antigo (comunidade ecologicamente evoluída). A comunidade, por sua vez, possui mecanismos de autoregulação, surgidos gradativamente, o que lhe permite conservar sua estrutura grande e complexa. Os mecanismos atuam no sentido de atenuar as perturbações do meio físico. Tal desenvolvimento é atingido quando o ambiente é favorável e permanece relativamente estável.

As conclusões de maior ou menor estabilidade ambiental são relativas. Sugerem prováveis tendências. Devem ser inferidas, por comparação, a partir de um conjunto de amostras.

Resultados obtidos isoladamente, são pouco representativos por não haver padrões de comparação.

A posição espacial das amostras deve ser observada, como aquela dos testemunhos de uma sondagem. Acréscimo no índice de variabilidade pode indicar aumento na profundidade do sítio de deposição, enquanto redução sugere maior proximidade da linha de costa, porque em tais locais a instabilidade ambiental é geralmente maior.

Entre testemunhos contíguos estas observações podem até conduzir a inferências de alterações geológicas relativamente rápidas, quando um elevado I.D. é imediatamente seguido de baixo índice.

Pressões fortes ou mudanças rápidas produzidas por forças exteriores poderão destruir os ecossistemas de seus mecanismos protetores e tornar possível o desenvolvimento explosivo e canceroso de determinadas espécies (Odum, 1972). Esta situação foi registrada no estudo das assembléias de Caravelas (Testemunhos 14 e 13).

Alterações ambientais interromperiam o curso evolutivo das comunidades e nova fase de aquisição de maturidade ecológica teria início.

Assembléias de origem mista ou fáunulas residuais, quando detectadas no conjunto de amostras estudadas, deverão ser eliminadas das comparações.

Deve haver coerência parcial entre o I.D. e a A.R.E. nas assembléias de foraminíferos porque, de acordo com Bandy e Arnal (1960), o número de espécimes e de espécies aumentam com o aumento da profundidade. Logo, as comparações devem ser feitas entre assembléias encontradas em sedimentos com uma granulometria semelhante e/ou com resultados semelhantes para a A.R.E. Esta conduta pode conduzir à conclusões mais precisas, informando se a diversidade é apenas função do número de espécimes da amostra ou se é dependente da es-

tabilidade ambiental, neste caso sendo uma função do número de espécies.

Os resultados obtidos para a dominância faunística também devem ser confrontados com os da D.E. porque deve haver coerência entre eles, pela seguinte lógica – maior diversidade, menor dominância faunística.

Estas comparações constituem uma maneira válida de saber quais os resultados que devem ser utilizados e os que devem ser eliminados durante a reconstituição de um paleoambiente. O encontro de resultados incoerentes para uma mesma assembléia sugere ocorrência de tanatocenose.

Como atualmente a D.E. tem sido muito estudada, há diferentes tratamentos matemáticos e/ou gráficos como métodos de estudo. Odum (1972, p.168) atribui mais vantagens aos estudos gráficos. Os autores do presente trabalho sugerem o emprego de ambos na fase de estudo do material, escolhendo-se o mais representativo posteriormente.

Petri (1972) ao utilizar este critério, discutiu as definições do I.D. de Simpson (*in* Ager, 1963, p.20) e Walton (1964) e as relações com condições ambientais ressaltadas por Funnell (1967) e Gibson (1967). Tinoco (1972) também fez referências e tratamentos matemáticos do I.D.. Patrick (1967) e Sander (1968) introduziram alguns tipos de gráficos com resultados obtidos da utilização deste critério.

O método de Walton (1964, p.213) tem tido grande uso por ser de fácil aplicação e por considerar a porcentagem cumulativa de 95% das espécies, eliminando os 5% restantes atribuídos às espécies ocasionais que podem ou não comparecer na amostra, em função do acaso.

Os resultados obtidos nas amostras de Caravelas estão representados na Tabela I e Figs. 2 e 3. Os valores da A.R.E. e D.E. foram

distribuídos dentro do intervalo zero a 1.0 – e plotados linearmente ao lado das análises dos sedimentos (Fig. 2).

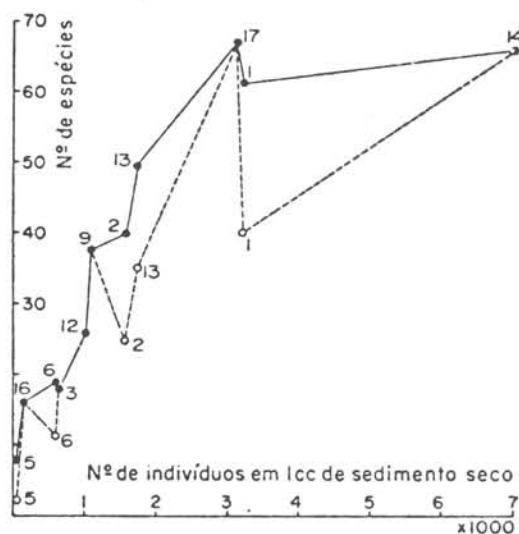


Fig. 2 — Relação entre a diversidade específica e a abundância relativa de espécimes nas amostras estudadas. Os números de cada testemunho estão representados junto aos pontos encontrados. As partes tracejadas, indicam qual seria a relação na ausência das espécies da família Miliolidae.

Pela comparação entre a D.E. e litologia de todas as amostras provenientes de Caravelas e as descritas por Petri (1954, 1957 e 1972) e provenientes de diferentes locais do Mioceno do Brasil (Bacia do Marajó, Formação Pirabas e Recôncavo Baiano), num total de 34 amostras, verificou-se o seguinte:

A D.E. nas 27 amostras provenientes de calcários foi geralmente menor (2 a 39 espécies por amostra) do que a encontrada nas 7 amostras provenientes de siltitos e argilitos (32 a 91 espécies por amostra).

Com o aumento da profundidade a A.R.E. e D.E. tendem a aumentar nos biótopos da plataforma continental. Logo, a simples ordenação dos pontos da Fig. 2 (relação A.R.E. e D.E.) poderia ser o método suficiente para dispor as amostras numa seqüência de sítios de deposição de profundidades crescentes. As profundidades inferidas apenas parcialmente conferiram com a seqüência das amostras da referida figura.

TABELA I

VALORES COMPARATIVOS ENTRE A ABUNDÂNCIA RELATIVA DE ESPÉCIMES, DIVERSIDADE ESPECÍFICA, DOMINÂNCIA FAUNÍSTICA, COMPOSIÇÃO E TIPO DE SEDIMENTOS, POR AMOSTRA

T	PARÂMETROS						
	Nº E	D.E.	% D.F.	% C	% S.A.	% A	L
1	3182	61	41,67 (E)	18,25	63,12	18,63	Siltito
2	1555	40	70,47 (F)	81,36	10,80	7,84	Siltito
3	632	18	36,56 (F)	66,93	31,72	1,36	Siltito
5	66	8	81,82 (F)	-	-	-	Arenito médio
6	605	19	37,68 (E)	69,52	10,64	19,84	Arenito médio
9	1082	37	23,74 (F)	81,08	17,06	1,86	Calcário
12	1033	26	46,49 (E)	-	-	-	Siltito
13	1722	49	73,47 (E)	64,80	20,00	15,20	Siltito
14	7010	66	33,75 (E)	8,20	58,56	33,56	Siltito
16	169	16	66,27 (F)	6,40	43,48	50,12	Folhelho
17	2895	67	24,90 (E)	30,88	7,60	61,52	Arenito

OBS.: T = testemunho; Nº E. = número de espécimes; D.E. = diversidade específica; % D.F. = frequência da dominância faunística; % C = porcentagem de carbonato de cálcio detrítico e químico; % S.A. = porcentagem de silte e argila; % A = porcentagem de areia; L = litologia; (E) representação no nível de espécie e sempre pertencentes ao gênero *Ammonia*; (F) representação no nível de família (Miliolidae no testemunho 5 e Elphidiidae nos demais).

TABELA II

RELAÇÃO ENTRE A DOMINÂNCIA FAUNÍSTICA, LITOLOGIA E PROFUNDIDADE ESTIMADA PARA O SÍTIO DE DEPOSIÇÃO

D.F.	Gênero	Local	Litologia	Profundidade
(*) 31,3%	<i>Bolivina plicatella</i>	Recôncavo Baiano	Folhelho	50 m
(**) 31,7%	<i>Cibicides pirabensis</i>	F. Pirabas (Japerica)	Calcário	muito raso
(**) 16,0%	<i>Ammonia</i>	F. Pirabas (Canecos)	Calcário	muito raso
(**) 19,0%	<i>Ammonia</i>	F. Pirabas (Castelo)	Calcário	30 m
37,5%	<i>Ammonia</i>	Caravelas (Test. 6)	Arenito médio	muito raso
33,7%	<i>Ammonia</i>	Caravelas (Test. 14)	Silte argiloso	40 m
70,0	<i>Ammonia</i>	Caravelas (Test. 13)	Siltito	muito raso

(*) - Resultados de Petri, 1972;

(**) - Resultados de Petri, 1957.

Analisando a D.E. das amostras onde a família Miliolidae (indicadora de águas rasas) ocorreu, verificou-se que as espécies deste taxon eram responsáveis pelas seguintes porcentagens das diversidades encontradas: 33% no testemunho 1; 25% no testemunho 2; 75% no testemunho 5; 31,5% no testemunho 6; 28,5% no testemunho 13. Excluindo estas espécies nestas amostras, a relação entre a A.R.E., a D.E. e as profundidades estimadas por meio de outros critérios, tornou-se mais nítida.

A D.E. relativamente elevada desta família, também tem sido referida por outros autores, para diferentes localidades e para condições de águas relativamente rasas (Ferreira, 1958; Rocha e Mateus, 1971). Em outros trabalhos, resultados semelhantes são encontrados se for feito o cálculo do número de espécies de miliolídeos em relação ao número total de espécies encontradas. O resultado dos estudos de Tinoco (1955) para Cabo Frio exemplifica esta afirmação: 39 espécies foram encontradas e 19

(49,7%) pertenciam a esta família.

Observa-se a partir dos dados acima, que o valor da D.E. pode ser muito alterado pela presença das espécies de miliolídeos e, neste caso, não deve ser interpretado como uma função da estabilidade ambiental, maturidade ecológica da assembléias e por extensão, da profundidade.

De acordo com Lack (1969), um maior desenvolvimento evolutivo favorece a coexistência e a diversidade, explicando assim os casos de coexistência de várias espécies de um mesmo gênero e filogeneticamente muito relacionadas, em um dado local. Este poderia ser o status evolutivo de muitas espécies de miliolídeos. O caso merece maiores estudos.

4. Indicadores ambientais

Muitos autores tem utilizado e/ou citado

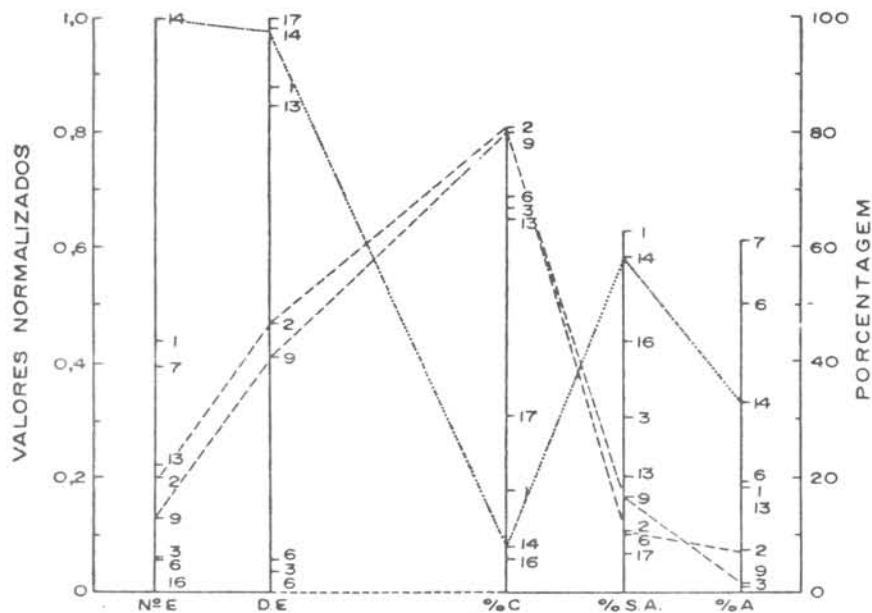


Fig. 3 - Distribuição esquemática dos valores da tabela 1. (N.º E = valores normalizados do número de espécimes; D. E = valores normalizados da diversidade específica; C = carbonato de cálcio; S. A. = silte e argila; A = areia; 1, 2, 3, 6, 9, 13, 14, 16, 17 = número das amostras.

espécies, gêneros ou até famílias como indicadores de determinadas condições ambientais.

Este critério foi aplicado para as assembléias fósseis de Caravelas. Primeiramente procurou-se citações aplicáveis à composição qualitativa do material estudado. Após, procurou-se ordenar as diferentes citações por parâmetro paleoambiental que se desejava conhecer. Por último, e quando possível, diferentes histogramas foram construídos com as porcentagens acumuladas dos taxa de foraminíferos indicadores de uma mesma condição ambiental. A partir dos resultados tentou-se inferir sobre os paleoambientes.

Foram as seguintes citações utilizadas:

Norton (1930) verificou que os espécimes de *Elphidium* são raros abaixo da profundidade de 28,29 m.

De acordo com Cushman (1931, 1948). *Peneroplidae* e *Amphistegina* são característicos das regiões de recifes tropicais, sendo provável

que este gênero como outros foraminíferos grandes, possuam uma distribuição limitada a 55 metros de profundidade porque as algas comensais que os acompanham estão circunscritas às regiões oceânicas onde a luz solar consegue penetrar.

Phleger (1951) afirmou que o gênero *Elphidium* aparece com maior freqüência em águas rasas, ocorrendo até 100m de profundidade.

De acordo com Boltovsloy (1954), o quadro apresentado pelos foraminíferos do Golfo San Jorge foi monótono por ter sido relativamente pobre em espécies e subespécies e muito pobre em exemplares. O autor referiu-se a esta situação como típica de águas frias. Pressupõe-se assembléias mais ricas e diversificadas em águas mais quentes, e isto tem sido realmente encontrado em muitos locais.

Em 1956, Bandy encontrou maior freqüência de miliólídeos e formas arenáceas na zona costeira do Golfo do México, até 30 m de pro-

fundidade. Na mesma oportunidade, constatou que *Amphistegina* e *Archaias* são comuns em águas límpidas e inibidos em seus desenvolvimentos quando as águas são turvas, enquanto o gênero *Hanzawaia* era tolerante a este tipo de água.

Ayala-Castanãres (1958), encontrou espécimes de Miliolidae na Laguna Términos, México, em locais de salinidade muito variável (8 a 16%) e com baixos teores de carbonato de cálcio nos sedimentos. *Quinqueloculina polygona* d'Orbigny foi uma das espécies encontradas pelo autor na biofácies lagunar interna, onde a salinidade era muito variável. Ele constatou para a citada laguna, um notório aumento dos miliolídeos desde as zonas de baixa salinidade até as ultrahalinas (31% na biofácies de golfo aberto) onde atingiram 21,7%.

Bandy e Arnal (1960) afirmaram que as espécies arenáceas com interior simples, não labiríntico, podem ser abundantes em águas rasas e diversas espécies de foraminíferos porcelânicos são muito abundantes em ambientes marinhos próximos da costa.

Krashninnikov (1960, *in* Loeblich e Tappan, 1964), afirmou que diferentes biofácies ocorrem em uma mesma profundidade, dependendo da razão de sedimentação e caracteres do fundo. Águas agitadas e rápida sedimentação, em pequenas profundidades, proporcionam a predominância dos espécimes do gênero *Elphidium*, e onde as águas são calmas e a sedimentação lenta, predominam, numa mesma profundidade, as formas porcelânicas (Miliolidae e Peneroplidae).

Ainda como foraminíferos indicadores de profundidade, Krashninnikov (1960, *in* Loeblich e Tappan, 1964) afirmou: *com o aumento da profundidade, onde as algas são menos abundantes, aumentam os representantes de Cassidulinidae e aparecem os de Buliminidae e Chilostomellidae, sendo que os gêneros destas duas fa-*

mílias aumentam onde as algas estão ausentes, como também os de Nodosariidae e famílias planctônicas.

Este mesmo autor afirmou que em águas rasas de fácies algal o gênero *Cibicides* é abundante, junto com espécimes das famílias Polymorphinidae, Cassidulinidae, Discorbidae e Textulariidae, enquanto em depósitos clásticos são dominantes os representantes das famílias Textulariidae, Discorbidae, Rotaliidae, Elphidiidae e Nonionidae.

Bandy (1964) verificou, na plataforma da Baía Batabano, Cuba, que os miliolídeos constituíram o grupo de foraminíferos dominantes onde a energia das águas era pequena, enquanto *Archaias* era o gênero dominante nos locais de alta energia. Também em condições de elevada energia das águas. Bandy (*op. cit.*) identificou a fácies *Amphistegina* contendo mais de 10% de espécimes desse gênero.

Dos taxa encontrados nas assembléias de Caravelas, apenas *Amphistegina*, *Archaias* e *Sorites* tem sido referidos como típicos de águas quentes.

A distribuição dos espécimes da Elphidiidae é independente da temperatura (Bandy, 1964) e de acordo com Loeblich e Tappan, (1964) os da família Asterigenidae indicam águas rasas e quentes.

A abundância dos foraminíferos planctônicos depende da turvação da água, sendo inversamente proporcional ao grau de turvação (Curry, *et. al.*, 1965, *in* Funnel, 1967).

A partir das citações aqui transcritas construiu-se os seguintes histogramas de porcentagens acumuladas:

a. Indicadores de águas rasas: *Ammonia*, *Elphidium*, *Criboelphidium*, Miliolidae, Textulariidae, Soritidae, Amphisteginidae e Asterigerimidae.

b. Indicadores de águas rasas, agitadas e de rápida sedimentação: *Elphidium* e *Criboelphidium*.

c. Indicadores de águas rasas, calmas e lenta sedimentação: Miliolidae.

d. Indicadores de águas rasas e fácies algal: Cibicidae, Polymorphinidae, Discorbidae e Textulariidae.

e. Indicadores de depósitos clásticos: Textulariidae, Discorbidae, Rotalidae, Elphidiidae e Nonionidae.

f. Indicadores de águas moderadamente profundas onde a quantidade de algas diminui: Cassulinidae, Buliminidae, Chilostomellidae, Nodosariidae e formas planctônicas.

Pelos resultados obtidos verificou-se não ser ainda possível avaliar com precisão o valor dos agrupamentos utilizados. Três deles (a, e, f) sugeriram tendências e revelaram semelhanças e diferenças. Nos demais os resultados foram confusos (b), ou muito semelhantes nas diversas amostras (d).

O agrupamento formado pelos foraminíferos indicadores de depósitos clásticos (e), forneceu resultados não diretamente relacionados com a litologia, mas dentro de limites amplos de variações, relacionou-se com a energia ambiental.

Os agrupamentos experimentados basearam-se especialmente nas citações de Krashninnikov que estudou principalmente associações de foraminíferos de regiões da Eurásia.

É conveniente testar novas combinações de taxa e constituir agrupamentos de indicadores ambientais, em base no que já se conhece das associações atuais ou fósseis detectadas em locais das províncias biogeográficas das Índias Ocidentais e Sul Americana Atlântica. A in-

clusão nos resultados de amostras com A.R.E. muito baixa deve ser evitada.

Em princípio este critério poderá constituir-se num método fácil e rápido de se obter uma visão preliminar das condições de deposição de uma dada assembléia de foraminíferos. Especialmente à PETROBRÁS é importante o encontro de métodos de pesquisa, com as citadas características.

5. Relação foraminíferos planctônicos/foraminíferos bentônicos (P/B)

Em síntese a ocorrência das espécies planctônicas e por conseguinte da relação P/B pode ser definida como sendo inversamente proporcional ao grau de turvação da água, que por sua vez depende da distância da costa e aporte de águas fluviais. A interrelação não é direta devido à ação de correntes marinhas e do fenômeno de ressurgência.

A proliferação das espécies planctônicas é afetada pela quantidade de nutrientes e pela temperatura.

Boltovskoy (1965) resumiu a situação complexa de distribuição das formas planctônicas, como função do caráter geral da região estudada.

Embora a citada complexidade, autores como Grimsdale e von Markhoven (1955) e Smith (1955) propuseram valores independentemente, para a relação P/B, com a finalidade de estimar as profundidades de deposição de sedimentos. Tipsword (1966) associou os valores propostos pelos dois primeiros autores, com as divisões da plataforma continental.

Este critério foi empregado na análise das amostras provenientes de Caravelas e em apenas três delas os planctônicos foram numericamente significantes. Considerando as afirmações acima

não é conveniente a supervalorização deste critério, porém o reconhecimento de diferenças ou semelhanças e a separação de grupos de amostras no conjunto estudado foi importante na fase de confronto e de relacionamento dos resultados com vistas às reconstituições paleoambientais. A metodologia de confronto ampliou o valor deste critério. A relação foi aplicada a fim de se inferir sobre as condições acima citadas (profundidade, grau de turvação de água e distância da costa).

6. Tamanho dos espécimes

Dentro de certos limites o tamanho dos organismos é determinado por fatores genéticos, secundariamente as condições ambientais também interferem.

Diferentes e até contraditórios resultados referidos na literatura acrescido das várias possibilidades de alterações do tamanho dos indivíduos nos períodos pré e pós-soterramento impõem restrições e cautela no uso do tamanho dos espécimes como critério paleoecológico.

Retardamento do crescimento pela ausência ou escassez de alimentação disponível; retardação da reprodução verificada em algumas espécies em ambientes de difícil subsistência; transporte seletivo de testas; dissolução preferencial de testas (principalmente das formas jovens); destruição parcial de espécimes pelo efeito da exposição; fase ou etapa evolutiva no curso da existência de uma espécie (fase filoneônica, filoefébrica, filogerônica) são situações que fornecem diferentes resultados. O difícil é detectar a relação causa e efeito e interpretar as características dinâmicas do tamanho dos indivíduos de uma população pertencente a uma assembléia fóssil.

Mesmo considerando as afirmações acima, este critério foi incluído na metodologia de estudo do material de Caravelas.

Testas foram medidas com a finalidade de se verificar os seguintes aspectos: intervalo de variação entre o tamanho mínimo e máximo; – valores tamanhos mínimos; – frequências das classes de tamanhos, de jovens a adultos e representados por testas pequenas, médias e grandes. Estas medidas sempre foram intrapopulacionais.

Após, procurou-se comparar os resultados encontrados entre diferentes populações de uma mesma espécie e provenientes das diferentes assembléias.

Finalmente confrontou-se todos os resultados de uma mesma assembléia e todos os resultados entre as assembléias.

Das centenas de espécimes observados e medidos poucos casos foram significativos mas considerados suficientemente importantes para justificar a inclusão deste critério em pesquisas subseqüentes.

As duas restrições mais freqüentes foram: número insuficiente de indivíduos de uma mesma população para representar a dinâmica populacional e distribuição descontínua das populações nas diferentes amostras para permitir comparações interpopulacionais.

Parte dos resultados utilizados estão representados nas figs. 4 e 5.

Este critério foi especialmente válido para as inferências das seguintes condições paleoambientais: mangue (test. 16) e provável ausência de nutrientes (test. 1).

Na primeira delas constatou-se o deslocamento do tamanho mínimo dos espécimes das várias populações, para um menor valor do que os encontrados em outras assembléias. Tal fato pode ser explicado por condições ambientais desfavoráveis que teriam atuado em nível de comunidade, afetando o metabolismo dos res-

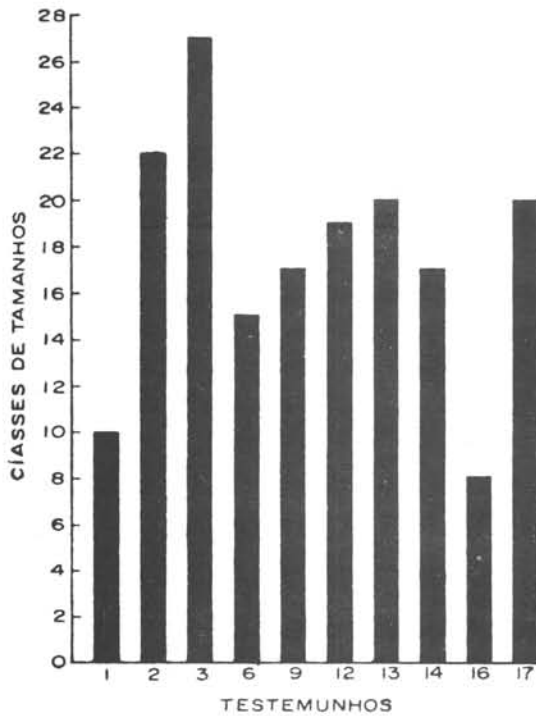


Fig. 4 — Diagrama em barras representando as classes de tamanhos das populações de *Ammonia*. Os indivíduos foram agrupados em intervalos de 20 em 20 micra. (Adaptado de Petri, 1971).

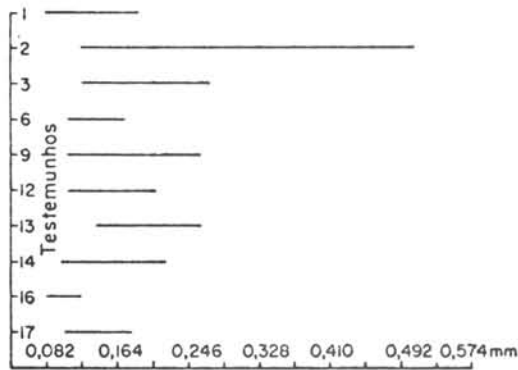


Fig. 5 — Representação gráfica dos intervalos de variações do maior diâmetro das testas de espécimes dos gêneros "*Elphidium*" e "*Criboelphidium*".

pectivos foraminíferos durante seus ciclos vitais. Esta redução, bem como a pequena abundância relativa de espécimes e reduzida diversidade específica encontradas, seriam o resultado de tais condições.

Situação oposta para a A.R.E. e D.E. e

similar à anterior para o critério tamanho dos espécimes foi encontrada no segundo caso (Test. 1).

Os resultados do levantamento da frequência das classes de tamanho constituíram uma das evidências a favor da hipótese de origem mista da assembléia do testemunho 17, sugerindo quais teriam sido os espécimes transportados; esta informação foi importante no caso porque havia incoerência entre alguns resultados, explicáveis na hipótese de assembléia de origem mista.

Este critério também serviu para indicar entre dois paleoambientes qual teria sido o mais favorável ao desenvolvimento de um mesmo **taxon** (Testemunhos 6 e 3; 12 e 13 em relação ao gênero *Ammonia* e testemunhos 2 e 9 para *Ammonia* e *Elphidiidae*), apontando assim, pequenas diferenças entre paleoambientes similares.

7. Curva de sobrevivência e nicho ecológico

Um dos aspectos mais enfocados na moderna ecologia é o do nicho. Ele representa o *status* funcional de uma espécie dentro de um espaço multidimensional de um ecossistema. Os autores concordam que os nichos são afetados por parâmetros físicos, químicos e biológicos e, que, são as respostas das populações ao complexo multifatorial ambiental, através de adaptações fisiológicas, morfológicas e etológicas. (Hutchinson, 1958; Friedrich, 1965; Smith, 1966; Margalef, 1970; Terradas, 1971; Odum, 1972; Dajóz, 1973).

O *nicho potencial* ou *fundamental* de uma espécie é determinado pelo conjunto das condições do meio, necessárias à espécie na ausência de qualquer pressão competitiva. Corresponde à expansão máxima que a espécie pode alcançar. A porção do nicho potencial realmente ocupada no biótopo corresponde ao *nicho real* (Hutchin-

son, 1957. in Dajóz, 1973).

Em paleoecologia o estudo dos nichos é limitado. Uma maneira de usar este critério é associá-lo à dispersão dos caracteres de uma população, como à dispersão dos tamanhos dos indivíduos.

Para uma dada espécie duas situações opostas de amplitude de variabilidade podem ser caracterizadas: — amplitude máxima atingida nos ambientes favoráveis e mínima nos desfavoráveis.

O meio ambiente seleciona as variáveis produzidas pelos organismos. A competição é um mecanismo seletivo. A pressão competitiva é maior nos ambientes mais povoados devido ao aumento da densidade populacional. Se a diversidade específica é elevada junto com a densidade, o ambiente deve ter sido favorável em nível de comunidade. Neste caso, os nichos espaciais podem estar levemente reduzidos. O caráter tamanho dos indivíduos, sendo afetado, o fato será revelado pelas curvas de sobrevivência.

Logo, se for detectada uma certa maturidade ecológica de uma comunidade, as curvas de sobrevivência de algumas espécies poderão revelar redução da variabilidade intrapopulacional, sem significar ambiente hostil. Porém, se a redução for drástica e generalizada, é provável tratar-se de um ambiente desfavorável.

Como regra, os nichos espaciais são mais amplos nos ambientes com reduzida diversidade específica. Neles há oportunidades extrínsecas (oferecidas pelo meio) de expansão das variedades intrapopulacionais. Também a dominância faunística pode ser bem pronunciada. Em princípio, tais biótopos correspondem a locais de difícil adaptação.

Sabe-se, também, que um nicho mais amplo deve preceder um mais restrito porque este corresponde a espécies mais especializadas.

As curvas de sobrevivência, como revelam os resultados de Petri (1971), podem ser associadas à dinâmica dos nichos ecológicos. As amplitudes e formas daquelas curvas foram associadas naquela oportunidade, a diferentes condições ambientais.

Este critério deve ser associado à diversidade específica e dominância faunística e observado em nível de comunidade ou para uma mesma espécie proveniente de diferentes biótopos.

Na fase de estudo do material muitas curvas de sobrevivência foram construídas e os resultados de várias delas foram essenciais especialmente nas inferências de condições de deposição em provável paleoambiente de mangue.

Segundo Petri (1971) os resultados do estudo das variações individuais de populações de *Ammonia* haviam mostrado uma linha de pesquisa que poderia ser compensadora.

Apenas com aqueles resultados foi possível fazer referências às condições de deposição das mesmas amostras de Caravelas aqui estudadas, condições aquelas também apontadas pelos demais critérios paleoecológicos agora aplicados. Isto reafirma o valor deste critério.

8. Características do material

No estudo das amostras de Caravelas todas as características das testas que poderiam ser associadas a algum parâmetro ambiental foram observadas e quantificadas.

Este critério foi subdividido nos seguintes itens:

- a. Ornamentos — considerou-se a frequência das ocorrências e estado de suas preservações;
- b. Espessura da parede das testas — con-

siderou-se três tipos de testas. com parede transparente, translúcida (representando as formas medianamente espessas) e opaca;

c. Fragmentação das testas – classificou-se cada testa em uma das seguintes categorias: inteira completa (sem partes quebradas), inteira incompleta (com pequenas partes quebradas) e fragmentada.

d. Desgaste superficial – este item foi subdividido em testas não desgastadas e testas desgastadas. Algumas vezes também foi necessário considerar a presença de superfície áspera devido à presença de pequenas formações calcárias aderidas na superfície de certas testas.

e. Coloração – subdividido em testas coloridas (impregnadas por soluções contendo óxido de ferro) e não coloridas.

As bases teóricas que justificam este procedimento são mencionadas a seguir.

A conservação de aspectos delicados das testas, como pequenos ornamentos e o bom estado de conservação, sem fragmentação, são evidências de águas calmas (Petri, 1972).

Em espécimes do gênero *Ammonia* as variações dos ornamentos umbilicais dependem do ambiente habitado pelo animal, sendo mais desenvolvidas nas formas marinhas do que nas que habitam águas de salinidade reduzida (Todd e Bronnimann, 1957; Closs, 1962).

Segundo Walton (1964) testas de foraminíferos calcários tornam-se menores e mais delgadas próximo ao aporte de água doce.

O grau de fragmentação e de desgaste são conseqüência do nível de energia das águas no sítio de deposição ou do transporte das testas.

Pela lógica, sob mesmo nível energético, as testas de paredes delgadas são mais susceptí-

veis à fragmentação do que as de paredes espessas (mais opacas), razão porque os dois aspectos devem ser associados.

A impregnação de testas por óxido de ferro é reconhecida pelas tonalidades avermelhadas. A ocorrência generalizada de tal situação pode ser explicada por condições de faúna residual ou pela ocorrência de deslizamento com transporte de material.

Os resultados sempre foram calculados para espécimes de uma mesma população e geralmente representados por porcentagens.

O grau de fragmentação dos espécimes foi representado em diagramas triangulares. O emprego desta modalidade de representação apresentou vantagens pelos seguintes aspectos: possibilitou comparar o grau de fragmentação de testas pertencentes a diferentes populações de uma assembléia e entre populações de diferentes assembléias; facilmente pode-se observar o grau de espalhamento dos pontos e a localização da área de distribuição dos pontos dentro do triângulo; permitiu a comparação destes resultados com os da litologia; facilitou associar este aspecto com a energia ambiental.

Três dos diagramas triangulares foram aqui incluídos com a finalidade de exemplificar os resultados obtidos para condições ambientais atribuídas a mangue (fig. 6), assembléia de origem mista (fig. 7) e a um paleoambiente depositado em condições de baixa energia (fig. 8).

9. Outros organismos presentes nas amostras

Este deveria ser um dos mais importantes critérios paleoecológicos. O estudo de uma comunidade possibilita obtenção de melhores informações do que populações isoladas de um dado *taxon*. Entretanto, dificuldades bem conhecidas geralmente limitam sua aplicação na forma ideal.

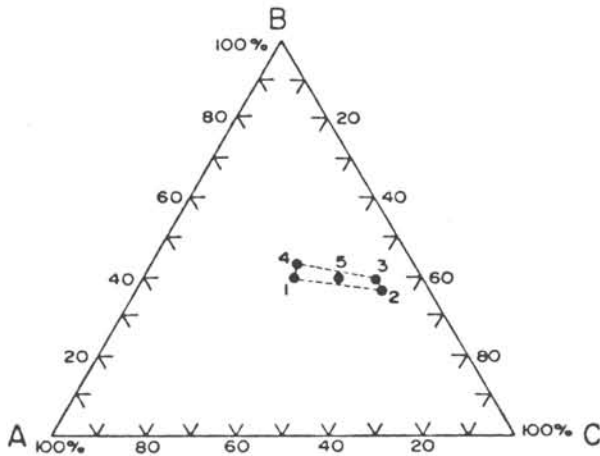


Fig. 6 - Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 16.
A - Testas fragmentadas; B - Testas inteiras completas; C - Testas inteiras incompletas; 1 - *Eponides*; **Elphidium**; 3 - *Ammonia*; 4 - Outros; 5 - Média geral.

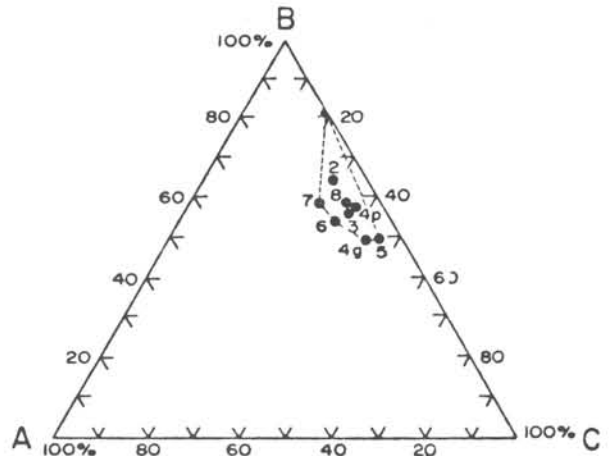


Fig. 8 - Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 9.
A - Testas fragmentadas; B - Testas inteiras completas; C - Testas inteiras incompletas; 1 - *Fissurina* e *Lagena*; 2 - *Uvigerina*; 3 - *Bolivina*; 4 - p. *Ammonia*; formas pequenas, 4 - g. *Ammonia*; - formas grandes; 5 - *Cibicides*; 6 - Gêneros diversos; 7 - Formas planctônicas; 8 - Média geral.

características é a base de reconstrução paleoambiental, justificando sua inclusão como critério paleoecológico.

11. Posição espacial relativa da amostra

Certas tendências, como o aumento ou redução da profundidade, são mais facilmente inferidas quando se trabalha com séries de amostras; tal procedimento foi de grande utilidade nas reconstruções dos paleoambientes das assembléias fósseis de Caravelas.

Após quantificar e tabular os resultados procurou-se inferir as prováveis condições de deposição correspondentes a cada amostra. Por último, aplicou-se o método de correlação de análise agrupada (*Cluster Analysis*) procurando-se agrupar as diferentes amostras pelas similaridades paleoecológicas (Sokal e Sneath, 1963; Siegel, 1965; Parks, 1966, Landim, 1970).

Os resultados obtidos exibiram altos índices de correlação para amostras que haviam sido inferidas como pertencentes a subambientes similares, reafirmando as interpretações anteriores.

10. Litologia

Da mesma forma que os ambientes atuais, um paleoambiente é condicionado por fatores abióticos associados ou não aos bióticos. Quando os fósseis não ocorrem, o sedimento com suas

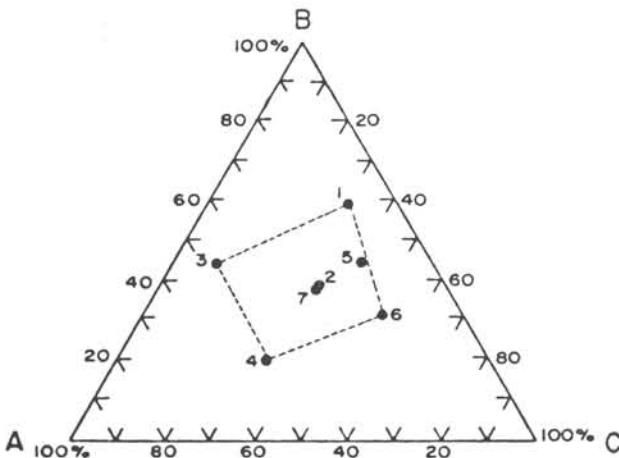


Fig. 7 - Diagrama triangular com a representação do grau de fragmentação das testas de foraminíferos do testemunho 17.
A - Testas fragmentadas; B - Testas inteiras completas; C - Testas inteiras incompletas; 1 - *Eponides*; 2 - *Cibicides*; 3 - *Elphidium*; 4 - *Ammonia*; 5 - *Bolivina*, *Fissurina*, *Lagena* e outros; 6 - Formas planctônicas; 7 - Média geral.

BIBLIOGRAFIA

- AGER, D.V. — (1963) — **Principles of paleoecology**, MacGraw Hill Book Co., Inc., 371pp.
- AYALA-CASTANĀRES, A. — (1968) — **Sistemática y distribución de los foraminíferos recientes de la laguna de Terminos Campeche, Mexico** — Bol. Univ. Nac. Autónoma Mex. 67 (3) : 1–129.
- 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): 166–1679.
- 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) — **Foraminíferos del Golfo San Jorge** — Rev. Inst. Nac. Invest. Cien. Nat. 3(3): 79–246, 19 est.
- BOLTOVSKOY, E. — (1965) — **Los foraminíferos Recientes** — Buenos Aires, EUDEBA Edit. Univ. Buenos Aires.
- CUSHMAN, J.A. — (1931) — **The Foraminifera of the Atlantic Ocean** - Bull. U.S. Nat. Mus. 104: 1–179.
- CUSHMAN, J.A. — (1948) — **Additional new species of arenaceous Foraminifera from shallow water of Trinidad** — Cushman Lab. Foram. 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.
- FERREIRA, J.M. — (1963) — **Foraminíferos actuais de Cabo Verde** — Mem. Junta Invest. Ultram. — 4(225–283), 5 est.
- FRIEDRICH, H. — (1965) — **Marine Biology: an introduction to its problems and results**. — London, Sidgwick & Jackson.
- FUNNEL, B.M. — (1967) — **Foraminifera and Radiolaria as depth indicators in the marine environment**. Marine Geol., 5 (5/6): 333–347.
- GIBSON, L.B. — (1966) — **Some unifying characteristics of species diversity**. Cushman Found. Foram. Res., Contr., 17 (117–124).
- 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 Petro. Cong. 1/d: 473–491.
- HUTCHINSON, G.E. — (1958) — **Concluding remarks** — In: Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology 22: 415–427.
- LACK, D.L. — (1969) — **Tit niches in two worlds; or homage to Evelyn Hutchinson-**

- Amer. Nat., 103: 43–49.
- LANDIM, P.M.B. – (1970) – **Contribuição ao estudo dos mistitos do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo** – São Paulo (Tese, Geol. e Paleont. da Fac. de Fil. Ciên. e Letras de Rio Claro).
- LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. – (1964) – **Protista**. In: *Treatise on the Invertebrate Paleontology* – t.C, part. 2. p. 1–900.
- MARGALEF, R. – (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. México, Nueva Edit. Interamericana S.A. de C.V.
- PARKS, J.M. – (1966) – **Cluster analysis applied to multivariate geological problems** – Journ. Geology 74: 703–715.
- PATRICK, R. – (1967) – **Diatom communities in estuaries**. In: *Estuaries* (Lauff, G.H. dir) – Amer. Assoc. Adv. Sci. Publ., Washington, D.C., 83: 311–315.
- 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. Ciên., Simp. Bras. Paleont., 43: 557–575.
- PETRI, S. – (1972) – **Foraminíferos e o ambiente de deposição dos sedimentos do Mioceno do Recôncavo Baiano**. – Rev. Bras. Geociên. 2: 51–67.
- PHLEGER, F.B. – (1951) – **Ecology of Foraminifera, Northwest Gulf of Mexico** – Geol. Soc. Am., Mem., Foraminifera Distribution 46 (1): 1–88, 29 tabs.
- ROCHA, A.T. & MATEUS, G. – (1971) – **Contribuição para o conhecimento dos foraminíferos actuais da Ilha de Maio (Arquipélago de Cabo Verde)** – Inst. Invest. Cient. Angola, Luanda, 108 p., 6 est.
- SANDER, H.L. – (1968) – **Marine benthic diversity: a comparative study** – Amer. Nat., 102: 243–282.
- SIEGEL – (1965) – **Nonparametric statistics for the behavior sciences** – Mac Graw Hill Book Co.
- SMITH, F.D. – (1955) – **Planktonic Foraminifera as indicators of depositional environment**, Micropal. 1: 147–151.
- SMITH, R.L. – (1966) – **Ecology and Field Biology** – New York London, Harper & Row.
- SOKAL, R.R. & SNEATH, P.H.A. – (1963) – **Principles of numerical taxonomy** – W.H. Freeman and Co.
- SUGUIO, K. – (1973) – **Formação Bauru. Calcários e sedimentos detríticos associados – São Paulo**. (Tese, Inst. de Geociências, Univ. de São Paulo).
- TERRADAS, J. – (1971) – **Ecology, hoy** – Barcelona, Edit. Teide, S.A.

- TINOCO, I.M. – (1955) – **Foraminíferos recentes de Cabo Frio, Estado do Rio de Janeiro** – Bol. Depart. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., 159: 1–42, 4 est.
- TINOCO, I.M. – (1972) – **Sugestões para o estudo dos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes** – Bol. Est. Sedimentol., Natal 2 (1/2): 43–51.
- 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.
- TODD, R. & BRONNIMANN, P. – (1957) – **Recent Foraminifera and Thecamoebina the eastern Gulf of Paria** – Cushman Found. Foram. Res., Sp. Publ. 3:1–43, 12 pls., 1 tab.
- WALTON, W.R. – (1964) – **Recent Foraminiferal Ecology and Paleocology**. In: INBRIE and NEWELL eds. – **Approaches to Paleocology** – John Wiley and Sons, Inc. New York, p. 151–237.