

ZONEAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO E PALEOCLIMÁTICO DOS SEDIMENTOS DO QUATERNÁRIO SUPERIOR DO TALUDE DA BACIA DE CAMPOS, RJ, BRASIL

BIOSTRATIGRAPHIC AND PALEOCLIMATIC ZONING OF UPPER QUATERNARY SEDIMENTS FROM THE CAMPOS BASIN SLOPE, RJ, BRAZIL

ZONEAMIENTO BIOESTRATIGRÁFICO Y PALEOCLIMÁTICO DE LOS SEDIMENTOS DEL CUATERNARIO SUPERIOR DEL TALUD DE LA CUENCA DE CAMPOS, RJ, BRASIL

Marco Aurélio Vicalvi¹

RESUMO

Os métodos clássicos de análise de mudanças climáticas pós-pleiocênicas foram aplicados em 1 306 amostras de três furos geológicos com testemunhagem contínua e de 26 testemunhos a pistão, coletados no talude da Bacia de Campos. Espécies de foraminíferos planctônicos indicadoras de águas quentes e frias foram selecionadas e seus percentuais colocados em perfil, gerando curvas paleoclimáticas. Estas curvas, por comparação com as curvas de Ericson e Wollin, permitiram a identificação de diversos intervalos glaciais e interglaciais e a datação dos principais eventos climáticos ocorridos durante o Quaternário Superior no talude da Bacia de Campos nos últimos 145 000 a 150 000 anos. Com base nas variações de frequência de *Globorotalia menardii s.l.*, *Globorotalia inflata* e *Globorotalia truncatulinoides*, complementadas pelas observações sobre o desaparecimento/reaparecimento do plexo *Pulleniatina*, foi possível subdividir, nos testemunhos longos (furos geológicos), as zonas Z (Holoceno), Y e X (Pleistoceno) em 15 subzonas (Z1, Z2, Y1, Y2 e X1 a X11). Este resultado aprimora os exercícios de correlação entre os testemunhos e melhora o cálculo das taxas de sedimentação nas seções estudadas. Os testemunhos a pistão, relativamente curtos, serviram para delimitar com mais precisão o limite Pleistoceno/Holoceno em várias áreas do talude da Bacia de Campos e calibrar o biorizonte desaparecimento de *Pulleniatina obliquiloculata*. O desaparecimento do plexo *Pulleniatina* na porção mediana da Zona Y marca a idade aproximada de 42 000 anos e o de *Globorotalia flexuosa*, no topo da Zona X, o fim da última interglacial (84 000 anos). Este conjunto de dados, quando correlacionado com o zoneamento bioestratigráfico de Bolli e Premoli Silva, revela que os sedimentos amostrados situam-se na parte superior da Zona *Globorotalia truncatulinoides truncatulinoides*. Os testemunhos longos atingiram as subzonas *Globigerina calida calida* (parte) e *Globigerina bermudezi* (Pleistoceno) e *Globorotalia fimbriata* (Holoceno), que se correlacionam com as zonas paleoclimáticas W (parte), X, Y (Pleistoceno) e Z (Holoceno). Os testemunhos a pistão não atravessaram completamente a Subzona *Globigerina bermudezi* (Zona Y). Alguns atingiram o datum *Pulleniatina obliquiloculata* (40/42 000 anos), mas nenhum deles alcançou o topo da Zona X (84 000 anos). (Originais recebidos em 01.04.96.)

ABSTRACT

Classic methods to analyze the post-Pliocene climatic changes were applied to samples from the Campos Basin. Twenty-six samples were piston cored from the sloping bank, and 1 306 samples were collected from three continuously cored drill holes. A selection was made among planktonic foraminifers indicating warm and cold waters and profiles were plotted and their percentages generated paleoclimatic curves. The comparison of these curves with those by Ericson & Wollin, permitted the identification of several glacial and interglacial intervals, and the age determination of the main climatic events that took place in the Campos Basin slope during the last 145 to 150 thousand years of the Upper Quaternary. Based on the frequency variations of the *Globorotalia menardii s.l.*, *Globorotalia inflata* and *Globorotalia truncatulinoides*, complemented with observations on the disappearance/reappearance of the *Pulleniatina* complex, it was possible to subdivide the Z (Holocene), Y and X (Pleistocene) zones of the long cores (drill holes), into 15 subzones (Z1, Z2, Y1, Y2 and X1 to X11). With this result it is possible to refine the correlation exercises for the cores and improve the calculations of sedimentation rates for these sections. The piston cores, relatively short, were useful to establish precisely the Pleistocene/Holocene boundary for many areas of the

¹ Setor de Bioestratigrafia e Paleocologia (SEBIPE), Divisão de Exploração (DIVEX) Centro de Pesquisas (CENPES), Cidade Universitária, Avenida 1, Quadra 7, Ilha do Fundão, 21949-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

* Bolsista do Programa de Concessão de Bolsas de Pós-graduação – PETROBRAS/PCBP – SEREC.

Campos Basin slope, and calibrate the bio-horizon where the *Pulleniatina obliquiloculata* disappeared. The disappearance of the *Pulleniatina* complex within the median section of the Y Zone establishes an age of approximately 42 000 years, and the disappearance of the *Globorotalia flexuosa* within the top portion of X Zone, indicates the end of the last interglacial period (84 000 years). This collection of data, when correlated with Bolli & Premoli Silva's biostratigraphic zoning, shows that the sampled sediments are located in the upper portion of the *Globorotalia truncatulinoides* Zone. The longer cores reached the Pleistocene *Globigerina calida calida* (part) and *Globigerina bermudezi* subzones and the Holocene *Globorotalia fimbriata* subzone, correlated with the paleoclimatic Pleistocene W (part), X, Y zones and the Holocene Z zone. The piston cores did not completely cross the *Globigerina bermudezi* Subzone (Zone Y). Some of them reached the *Pulleniatina obliquiloculata* datum (40/42 000 years) but none reached the top of Zone X (84 000 years). (Expanded abstract available at the end of the paper.)

RESUMEN

Los métodos clásicos de análisis de cambios climáticos post-pleocénicos fueron aplicados a 1 306 muestras retiradas de tres agujeros geológicos con muestreo continuo, y de 26 núcleos con pistón, colectados en el talud de la Cuenca de Campos. Se seleccionaron especies de foraminíferos planctónicos indicadoras de aguas calientes y frías. Sus porcentajes, puestos en perfil, generaron curvas paleoclimáticas. Estas curvas, comparadas a las de Ericson y Wollin, permitieron la identificación de diversos intervalos glaciales e interglaciales y la fecha de los principales eventos climáticos ocurridos durante el Cuaternario Superior en el talud de la Cuenca de Campos en los últimos 145 000 a 150 000 años. Con base en las variaciones de frecuencia de *Globorotalia menardii* s.l., *Globorotalia inflata* y *Globorotalia truncatulinoides*, complementadas por las observaciones sobre el desaparecimiento/reaparecimiento del complejo *Pulleniatina*, fue posible subdividir, en los núcleos largos (agujeros geológicos), las zonas Z (Holoceno), Y y X (Pleistoceno) en 15 subzonas (Z1, Z2, Y1, Y2 y X1 a X11). Con este resultado, es posible perfeccionar los ejercicios de correlación entre los núcleos y mejorar el cálculo de las tasas de sedimentación en las secciones estudiadas. Los núcleos con pistón, relativamente cortos, sirvieron para delimitar con más precisión el límite Pleistoceno/Holoceno en varias áreas del talud de la Cuenca de Campos y calibrar el bio-horizonte desaparecimiento de *Pulleniatina obliquiloculata*. El desaparecimiento del complejo *Pulleniatina* en la porción mediana de la Zona Y marca la edad aproximada de 42 000 años y el de *Globorotalia flexuosa*, en el tope de la Zona X, el fin de la última interglacial (84 000 años). Este conjunto de datos, cuando correlacionado al zoneamiento bioestratigráfico de Bolli y Premoli Silva, revela que los sedimentos mostrados se sitúan en la parte superior de la Zona *Globorotalia truncatulinoides* *truncatulinoides*. Los núcleos largos alcanzaron las subzonas *Globigerina calida calida* (parte) y *Globigerina bermudezi* del Pleistoceno y *Globorotalia fimbriata* (Holoceno), que si correlacionados a las zonas paleoclimáticas W (parte), X, Y del Pleistoceno y Z (Holoceno). Los núcleos con pistón no atravesaron completamente la Subzona *Globigerina bermudezi* (Zona Y). Algunos alcanzaron el datum *Pulleniatina obliquiloculata* (40/42 000 años), pero ninguno alcanzó el tope de la Zona X (84 000 años).

1. INTRODUÇÃO

O Quaternário teve seu início há 1,9 M.a. (Berggren *et al.* 1985) e está caracterizado por mudanças climáticas cíclicas, marcadas por avanços e recuos do gelo sobre vastas áreas continentais. Mas é nas bacias oceânicas que a natureza de tais processos está bem representada. O próprio mecanismo da sedimentação marinha, com a queda lenta e constante no fundo oceânico, de finas partículas minerais, associadas com as partes fossilizáveis de microorganismos, fornece um registro ideal para o estudo desses processos. Isto explica porque a maioria dos conhecimentos sobre mudanças paleoclimáticas ocorridas no Quaternário vem dos estudos das seqüências marinhas. O grau de acuracidade que pode ser obtido por estes estudos está em parte relacionado com as taxas de sedimentação ao longo da seqüência. O talude continental da Bacia de Campos constitui-se sítio ideal para estudos de foraminíferos planctônicos do Quaternário e suas relações com os paleoclimas, em virtude de ocorrerem taxas de sedimentação relativamente mais altas que em outras áreas oceânicas.

Os resultados dos estudos micropaleontológicos (foraminíferos) realizados em 1306 amostras de três furos geológicos com testemunhagem contínua e de 26 testemunhos a pistão, coletados no talude continental da Bacia de Campos, são aqui apresentados.

As análises qualitativas e quantitativas da fauna de foraminíferos planctônicos contida nessas amostras revelaram que as seqüências estratigráficas marinhas recuperadas alcançaram uma idade máxima de 145 000 a 150 000 anos situando-se, portanto, no Quaternário Superior. Isto significa que os testemunhos não ultrapassaram os registros da penúltima glaciação, e existe ainda muito potencial para estudos bioestratigráficos e paleoclimáticos detalhados do Pleistoceno da Bacia de Campos.

Os principais objetivos das análises foram: a)- estabelecer correlações mais refinadas entre os testemunhos, utilizando-se o maior número possível de parâmetros; b)- verificar se os padrões de

distribuição das espécies planctônicas correlacionam-se entre testemunhos, apesar das mudanças das taxas de sedimentação; c)- estabelecer uma curva paleoclimática para o Quaternário Superior da Bacia de Campos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os três furos geológicos com testemunhagem contínua foram feitos no talude da Bacia de Campos entre os meses de outubro e dezembro de 1991, com a utilização do navio norueguês MS Bucentaur.

Os 26 testemunhos a pistão, também coletados no talude da Bacia de Campos, com o auxílio do *supply-boat* Salqueiro, distribuem-se pelos taludes de Marlim (19), Albacora (6) e *Canyon* São Tomé (1).

As operações de coleta, coordenadas pelo Serviço de Engenharia da PETROBRAS, visaram basicamente à caracterização geotécnica do talude para a instalação de equipamentos permanentes de produção.

Especialistas do Laboratório de Geologia do Distrito de Exploração da Região Sudeste encarregaram-se da abertura e descrição dos testemunhos (Caddah, 1991; Caddah *et al.* 1992; Caddah *et al.* 1995).

Na figura 1, apresenta-se a localização geográfica dos furos geológicos e dos testemunhos a pistão, ao passo que os quadros I e II fornecem, respectivamente, a localidade, as coordenadas, lâmina d'água e comprimento dos furos geológicos e dos testemunhos a pistão.

A amostragem paleontológica desenvolveu-se com espaçamento médio de 30 cm e, na seqüência, a amostra total ou uma fração dela, de no máximo 60 g, foi pesada e tratada apenas com água corrente sobre peneira de 0,063 mm. Este procedimento sempre é facilitado quando se trata de sedimentos inconsolidados, portanto, de desagregação imediata.

Estas amostras, após secagem natural em capela, deixam ao especialista a opção de, na fase de triagem, peneirar o sedimento a seco, usando as malhas mais convenientes. A escolha recaiu sobre as peneiras de malhas de 0,250 mm e 0,125 mm, por conterem a fauna de foraminíferos mais representativa para as determinações das mudanças climáticas. Verificou-se que o uso de malhas com diâmetros maiores pode causar a perda de espécies pequenas porém importantes. O resíduo menor do que 0,125 mm foi examinado de forma expedita e depois abandonado. Além de apresentar problemas de ordem taxonômica, a coleta nesta fração é pouco operacional.

As duas frações utilizadas tiveram seu conteúdo de foraminíferos planctônicos triado de formas diferentes. Nas amostras ricas em foraminíferos, o resíduo foi quarteado e despejado sobre bandeja quadriculada, coletando-se todos os planctônicos retidos na peneira de malha de 0,250 mm. Para o resíduo de tamanhos situados entre 0,250 mm e 0,125 mm, selecionou-se quadrinhos onde também todos os planctônicos foram retirados. Para se ter uma idéia do total de exemplares na fração quarteada, tirou-se uma média da quantidade deles contida nos quadrinhos escolhidos e multiplicou-se pelo número destes quadrinhos cobertos pelo resíduo.

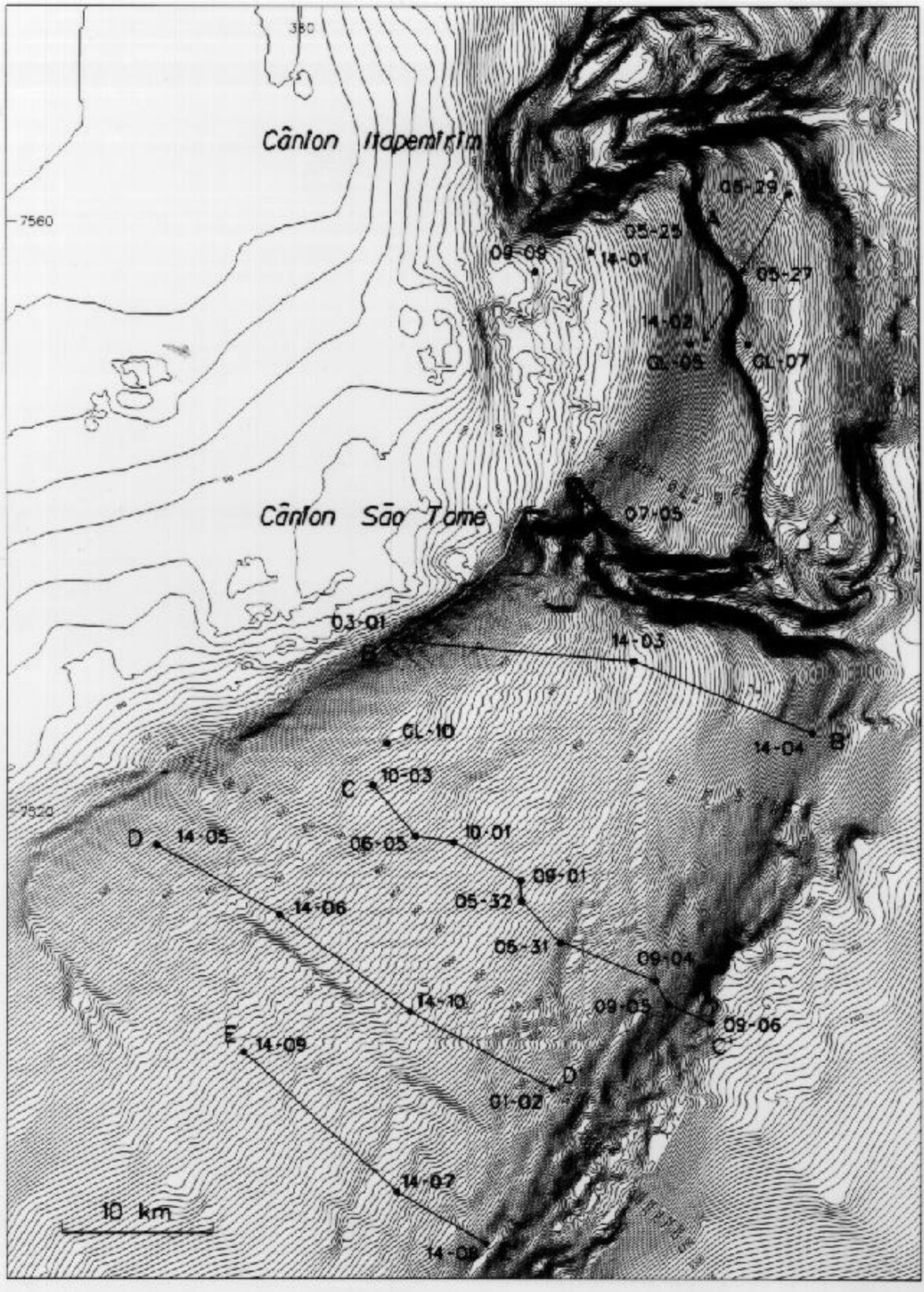


Fig. 1 - Localização geográfica dos furos geológicos, testemunhos a pistão e perfis no talude da Bacia de Campos. (Mapa batimétrico de Heinerici *et al.* 1991).

Fig. 1 - Location of drill holes, piston cores and profiles on the Campos Basin slope. (Bathymetric chart after Heinerici *et al.* 1991).

QUADRO I COORDENADAS DOS FUROS GEOLÓGICOS

CHART I

DRILL HOLE COORDINATES

FURO	TALUDE	COORDENADAS UTM	LÂMINA D'ÁGUA	COMPRIMENTO
Bu-91/GI-05	Albacora	7. 551.763 405.675	630 m	149,50 m
Bu-91/GI-07	Albacora	7.551.749 409.539	955 m	100,20 m
Bu-91/GI-10	Marlim	7.524.672 385.316	625 m	75,60 m

O resultado, somado àquele obtido para a fração maior do que 0,250 mm e, posteriormente, dividido pela quantidade de gramas de amostra preparada, fornece uma estimativa do número de foraminíferos planctônicos por grama de sedimento. Nas amostras pobres, coletaram-se todos os planctônicos das duas frações.

As amostras foram triadas de 30 cm em 30 cm, mas onde houve a necessidade de uma melhor resolução dos contatos entre zonas e subzonas, reduziu-se o intervalo para 10 cm.

3. BIOESTRATIGRAFIA QUALITATIVA E QUANTITATIVA

Os estudos das oscilações climáticas ocorridas durante o Quaternário baseiam-se, primariamente, nas mudanças de frequência de determinados microfósseis planctônicos, entre eles os foraminíferos. Vários métodos podem ser aplicados quando se utilizam estes organismos, todos eles apresentando vantagens e desvantagens.

Para os testemunhos coletados no talude da Bacia de Campos, as experiências revelaram que os diferentes métodos dão como resposta, na sua essência, os mesmos resultados. Portanto, ao se buscar a construção de curvas paleoclimáticas e *data* bem marcados para o limite Pleistoceno/Holoceno, e limites entre zonas e subzonas do Pleistoceno, podem ser obtidos pelo método mais rápido, por meio do controle presença/ausência/abundância relativa do plexo *Globorotalia menardii*. São complementares as observações em torno de percentuais de *Globorotalia inflata* e *Globorotalia truncatulinoides*, o controle dos desaparecimentos e reaparecimentos do plexo *Pulleniatina* durante os últimos 175 000 anos, o desaparecimento de *Globorotalia flexuosa*, a presença de *Globigerina bermudezi* e a identificação da primeira ocorrência de *Globigerina calida calida* (estampas I e II).

O plexo *G. menardii*, por sua particular sensibilidade à temperatura, reúne algumas das mais típicas e importantes espécies indicadoras de águas quentes: *G. menardii s.s.*, *G. fimbriata*, *G. tumida* e *G. flexuosa*. De acordo com o estabelecido por Ericson e Wollin (1968), para o Atlântico, os intervalos nos quais este plexo está presente são considerados como interglaciais, enquanto que sua ausência denota intervalos glaciais.

Este comportamento resulta em subdivisões climáticas identificadas por aqueles autores com letras do alfabeto no sentido inverso, Z a Q, onde Z é a mais nova e corresponde ao Holoceno e Q a mais antiga, correspondendo ao início do Pleistoceno (fig.2).

É interessante notar que não é apenas o simples critério presença/ausência do plexo *G. menardii* que funciona como marcador de limites zonais. Há algo mais quantitativo que orienta o procedimento, reflexo dos diferentes percentuais de menardiformes nas amostras. Isto pode levar a alguma confusão e, conseqüentemente, um determinado limite entre zonas pode ser marcado em vários níveis dentro da seqüência, atitude que se agrava ainda mais em áreas com taxas de sedimentação muito altas.

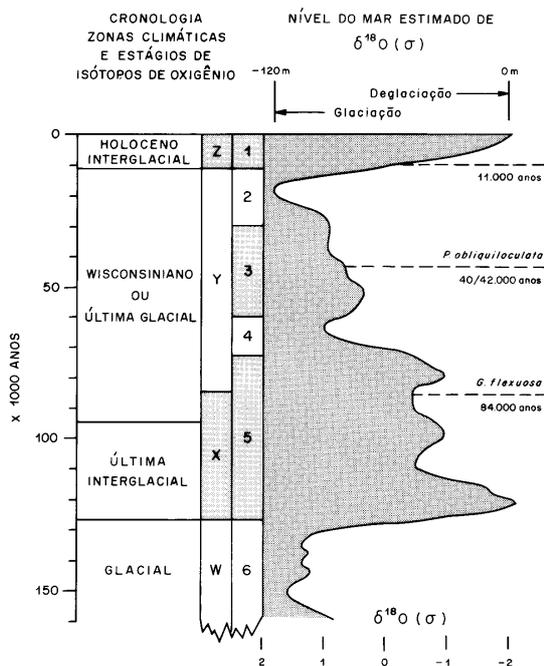


Fig. 2 - Diagrama generalizado demonstrando a relação entre as zonas climáticas de Ericson e Wollin (letras de Z a W) para o Holoceno e Pleistoceno Superior e estágios isotópicos de oxigênio (números de 1 a 6) com as flutuações glácio-eustáticas do nível do mar. (Modificado de Damuth, 1977).

Fig. 2 - Diagram showing the relationship between the Ericson & Wollin (letters Z to W) climatic zones for the Holocene and Upper Pleistocene and isotopic oxygen stages (numbers 1 to 6) showing the sea glacio-eustasy. (Modified after Damuth, 1977).

Por esta razão, usa-se um limite percentual, algo flexível de menardiformes, complementado por observações do restante da fauna, particularmente *G. inflata*, *G. truncatulinoidea* e plexo *Pulleniatina*. Some-se a isso as considerações sobre a composição do sedimento do qual essa fauna faz parte.

Além do zoneamento por meio da frequência do plexo *G. menardii*, existe um certo número de eventos bioestratigráficos que podem ser usados regionalmente. Dentro dos limites de idade alcançados pelos testemunhos em estudo na Bacia de Campos, aproximadamente 150 000 anos, um deles é o desaparecimento de *Globorotalia flexuosa*. De acordo com Kennett e Huddleston (1972), este desaparecimento ocorre no final da última interglacial (Zona X), a 84 000 anos (Prell, 1974).

Na realidade, não se trata de um verdadeiro desaparecimento evolucionário, porque formas flexuosas foram assinaladas por alguns autores, vivendo em várias áreas oceânicas (Boltovskoy, 1968; Bé e McIntyre, 1970; Adegoke *et al.* 1971; Adelseck, Jr, 1975). Até mesmo na Bacia de Campos, elas foram identificadas por Vicalvi (1994), em sedimentos holocênicos de alguns testemunhos.

Estas ocorrências sugerem que as formas flexuosas são ecologicamente controladas e, de acordo com Adelseck Jr (1975), não representam uma verdadeira subespécie geneticamente definível. Todavia, este mesmo autor aconselha o uso do nome informal de *G. menardii* forma neoflexuosa.

Outro datum é fornecido pelo gênero *Pulleniatina*, utilizado por Prell e Damuth (1978) para definir o biohorizonte *P. obliquiloculata* (*Y_{p. obliq.}*). Estes autores verificaram que o gênero *Pulleniatina*, e em particular a espécie *P. obliquiloculata*, desaparece e reaparece periodicamente nos últimos 175 000 anos nos sedimentos quaternários do Atlântico equatorial, Golfo do México e Caribe. Este comportamento é controlado climaticamente e um desses desaparecimentos ocorre próximo ao meio da última glacial, Zona Y de Ericson e Wollin (1968), estágio isotópico 3 de Emiliani (1966), datado por Damuth (1973) em 40 000 anos.

Posteriormente, Prell e Damuth (1978) verificaram que a idade desse evento é transgressiva no tempo, aproximadamente 60 000 anos no Golfo do México, para 50 000 anos no Caribe ocidental até 35 000 anos no Atlântico equatorial. De acordo com os mesmos autores, essa natureza diácrona do desaparecimento de *P. obliquiloculata* representaria uma diminuição da capacidade de adaptação da espécie em águas progressivamente mais salinas durante a última glacial, em virtude do avanço do gelo. Em 1983, Vicalvi encontrou um resultado B. Geoci. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 11 (1/2): 132-165, jan./dez. 1997

coerente com esta observação ao verificar um consistente desaparecimento de *P. obliquiloculata* um pouco acima da metade da Zona Y de um testemunho amostrado a 2 920 m de lâmina d'água, no sopé continental, entre o flanco norte do platô do Rio Grande do Norte e os montes submarinos da cadeia de Fernando de Noronha.

QUADRO II COORDENADAS DOS TESTEMUNHOS A PISTÃO

CHART II

PISTON CORE COORDINATES

TESTEMUNHO A PISTÃO	TALUDE	COORDENADAS UTM	LÂMINA D'ÁGUA	COMPRIMENTO
14-PC-06	Marlim	7.513.070 378.171	761 m	4,40 m
14-PC-08	Marlim	7.490.802 391.963	1 557 m	3,55 m
9-PC-05	Marlim	7.506.993 404.015	1 602 m	3,00 m
5-PC-32	Marlim	7.514.000 394.323	1 024 m	3,50 m
9-PC-01	Marlim	7.515.366 394.299	990 m	4,75 m
3-PC-01	Marlim	7.531.639 385.454	247 m	2,40 m
9-PC-06	Marlim	7.505.713 406.997	1 930 m	1,75 m
5-PC-31	Marlim	7.511.187 396.867	1 141 m	5,05 m
9-PC-04	Marlim	7.508.554 403.232	1 472 m	3,00 m
10-PC-03	Marlim	7.521.841 384.368	665 m	4,95 m
14-PC-03	Marlim	7.530.228 401.841	932 m	3,90 m
14-PC-04	Marlim	7.525.392 413.712	1 482 m	3,55 m
14-PC-09	Marlim	7.503.725 375.858	915 m	6,35 m
14-PC-05	Marlim	7.517.798 370.027	554 m	5,50 m
14-PC-07	Marlim	7.494.274 386.030	1 254 m	5,15 m
10-PC-01	Marlim	7.517.960 389.785	850 m	5,00 m
1-PC-02	Marlim	7.501.298 396.348	1 436 m	2,32 m
14-PC-10	Marlim	7.506.468 386.868	1 006 m	4,00 m
6-PC-05	Marlim	7.518.384 387.264	795 m	2,15 m
5-PC-29	Albacora	7.561.967 412.231	1 176 m	7,74 m
9-PC-09	Albacora	7.556.680 395.325	202 m	1,60 m
14-PC-01	Albacora	7.557.995 398.998	305 m	2,95 m
5-PC-25	Albacora	7.559.402 406.109	656 m	4,75 m
14-PC-02	Albacora	7.552.120 406.730	698 m	4,15 m
5-PC-27	Albacora	7.556.767 409.224	938 m	7,22 m
7-PC-05	Canyon S. Tomé	7.538.624 399.470	862 m	5,85 m

A idade aproximada desse horizonte foi calculada entre 31 000 a 33 000 anos. O reaparecimento de *P. obliquiloculata* dá-se próximo ao limite entre as zonas Z e Y e permanece freqüente até o presente. Para Bé *et al.* (1976), este reaparecimento ocorre aproximadamente entre 15 000 e 16 000 anos a.p. Na Bacia de Campos ocorrem três espécies -*P. primalis*, *P. obliquiloculata* e *P. finalis* - e o desaparecimento deste plexo se dá sempre na metade

superior da Zona Y, a distâncias variáveis do topo da fácies definida por Caddah (1991) como Lce (lama cinza-esverdeada). O controle deste desaparecimento, associado a datações absolutas em três testemunhos e mais os cálculos das taxas de sedimentação para a Zona Y permitem estabelecer uma idade aproximada de 40 000 a 42 000 anos para este *datum* na Bacia de Campos.

Finalmente, a primeira ocorrência de *Globigerina calida calida* é marcada, por idade absoluta, em 140 000 anos para o Atlântico equatorial. Este evento situa-se na penúltima glacial, Zona W, e de acordo com Bolli e Premoli Silva (1973) permite a subdivisão do Pleistoceno a partir deste marco, até o limite com o Holoceno, em duas subzonas (*Globigerina calida calida* e *Globigerina bermudezi*).

É correto imaginar que, em comparação com estes métodos de utilização de foraminíferos planctônicos, uma cronologia baseada em isótopos de oxigênio ajudaria a refinar as estimativas de idade feitas para o talude da Bacia de Campos, com base apenas nessa fauna. Este estudo encontra-se em andamento.

4. RESULTADOS

4.1 - Furos Geológicos

Para os três furos geológicos estudados, foi estabelecida uma seqüência de zonas com base nas oscilações de frequência do plexo *G. menardii* nos moldes de Ericson e Wollin (1968) para o Atlântico. Este zoneamento permitiu rápida e relativamente confiável divisão da parte superior do Pleistoceno e Holoceno e, pela primeira vez no Brasil, tentou-se a subdivisão de uma zona climática nos moldes de Kennett e Huddlestun (1972), Neff (1983, *apud* Thunell, 1984) e de Martin *et al.* (1990). Esta subdivisão, aplicável somente regionalmente, foi possível apenas para as zonas Z, Y e X, pois os testemunhos não ultrapassaram a idade aproximada de 150 000 anos. O critério utilizado, basicamente a variação percentual do plexo *G. menardii* em relação ao total da fauna planctônica, permitiu a subdivisão da Zona Z (pós-glacial) em duas subzonas (Z1 e Z2) e a subdivisão da Zona X (última interglacial) em onze subzonas (de X1 a X11). Já a subdivisão da Zona Y (subzonas Y1 e Y2) tem por base o controle do plexo *Pulleniatina*.

4.1.1 - Zonas, Subzonas e Significados Paleoclimáticos

Zona W (Pleistoceno) - Esta unidade representa um período relativamente frio e de curta duração, 165 000 a 127 000 anos (Broecker e Van Donk, 1970). É distinguida pela ausência ou pelos percentuais muito baixos de formas de águas quentes como as menardiformes e *Pulleniatina*, e pela ausência de *G. flexuosa*. As formas de águas frias *G. inflata* e *G. truncatulinoides* são constantes e estão presentes em proporções aproximadamente iguais. A primeira ocorrência de *G. calida calida*, determinada por idade absoluta, em aproximadamente 140 000 anos para o Atlântico equatorial, está registrada nesta Zona (Bolli e Premoli Silva, 1973).

Zona X (Pleistoceno) - Esta Zona, que se estende de 127 000 a 84 000 anos (Broecker e Van Donk, 1970; Prell, 1974), caracteriza-se pela consistente presença do plexo *G. menardii*, incluindo *G. flexuosa*, associado ao plexo *Pulleniatina*, composto por espécies indicativas de águas quentes. As espécies indicativas de águas frias, *G. inflata* e *G. truncatulinoides*, são registradas com algum significado em determinados intervalos. Esta unidade representa um intervalo climaticamente quente ("interglacial"), porém, oscilações nos percentuais das menardiformes, causadas por curtos períodos mais frios, possibilitaram a divisão desta Zona em 11 subzonas. As subzonas identificadas com números ímpares (X1, X3, X5, X7, X9 e X11) apresentam os maiores percentuais de menardiformes (acima de 5%) e representam os períodos mais quentes dentro da última interglacial, contrariamente às subzonas identificadas com números pares (X2, X4, X6, X8 e X10), que representam intervalos de tempo mais frios (percentuais de menardiformes abaixo de 5%). Entre as subzonas com numeração ímpar, a X7 é a mais quente, porque contém as mais altas frequências de menardiformes. As subzonas X1, X9 e X11 são aproximadamente similares, algo mais quentes que a X3, porém mais brandas do que a X7, e a Subzona X5 é a menos quente entre as seis subzonas. O topo da Zona X está marcado pelo desaparecimento das menardiformes e pela última ocorrência de *G. flexuosa*.

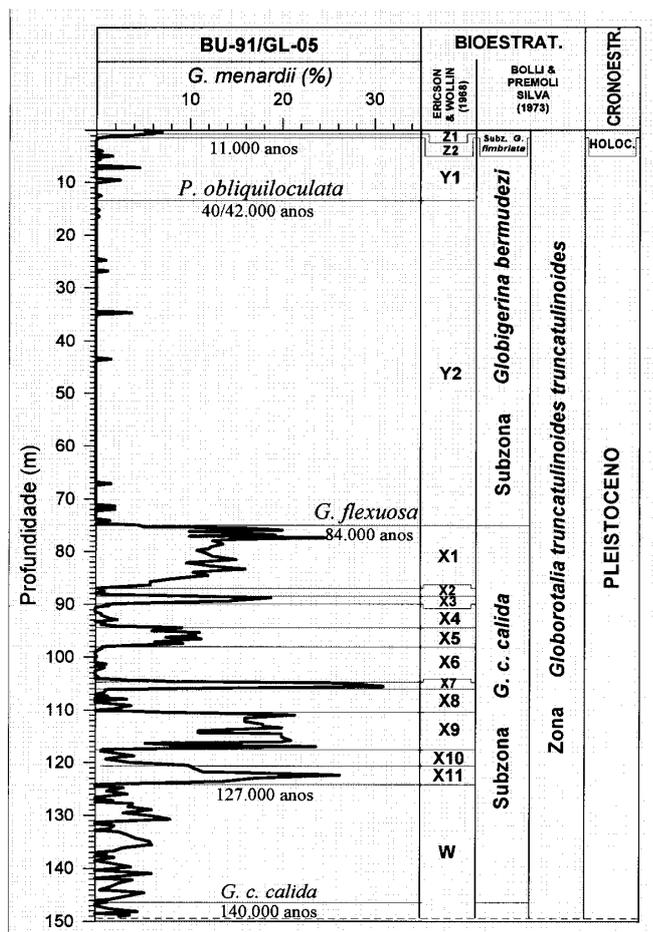


Fig. 3 - Testemunho Bu-91/Gl-05 - interpretação climatológica com base no zoneamento de Ericson e Wollin (1968), subzoneamento das zonas Z e X e correlação com o zoneamento bioestratigráfico de Bolli e Premoli Silva (1973).

Fig. 3 - Core Bu-91/Gl-05 – climatic interpretation based on the Ericson & Wollin (1968) zoning, zones Z and X subzoning and correlation with Bolli & Premoli Silva's (1973) biostratigraphic zoning.

Zona Y (Pleistoceno) - Esta Zona reflete um intervalo de tempo climaticamente frio (última glacial), de 84 000 a 11 000 anos (Damuth,1975; Broecker *et al.* 1960) e caracteriza-se pela ausência de menardiformes e altas frequências de *Globorotalia inflata* e *G. truncatulinoides*. Para esta Zona, adotou-se uma subdivisão com base no datum *P. obliquiloculata* ($Y_{p.obliq.}$) (de 40 000 a 42 000 anos). Acima deste biorizonte identifica-se a Subzona Y1 e, abaixo, a Subzona Y2. As mais altas concentrações de *G. inflata* e *G. truncatulinoides* ocorrem na metade superior da Subzona Y2 e ao longo da Subzona Y1. Com relação a *G. truncatulinoides*, as observações sobre o comportamento desta espécie, ao longo dos testemunhos, demonstraram que sua frequência também pode ser utilizada no controle estratigráfico de uma coluna de sedimentos. Os resultados obtidos por Reiss *et al.* (1971), Bé *et al.* (1976), Vicalvi (1977), Vicalvi e Palma (1980) e Vicalvi (1983) concordam com a afirmação de Boltovskoy (1973) de que, para o Atlântico sul, *G. truncatulinoides* deve ser utilizada como espécie indicadora de águas frias. O plexo *Pulleniatina* está presente na Subzona Y2 e desaparece completamente na Subzona Y1, reaparecendo bem próximo do limite Pleistoceno/Holoceno.

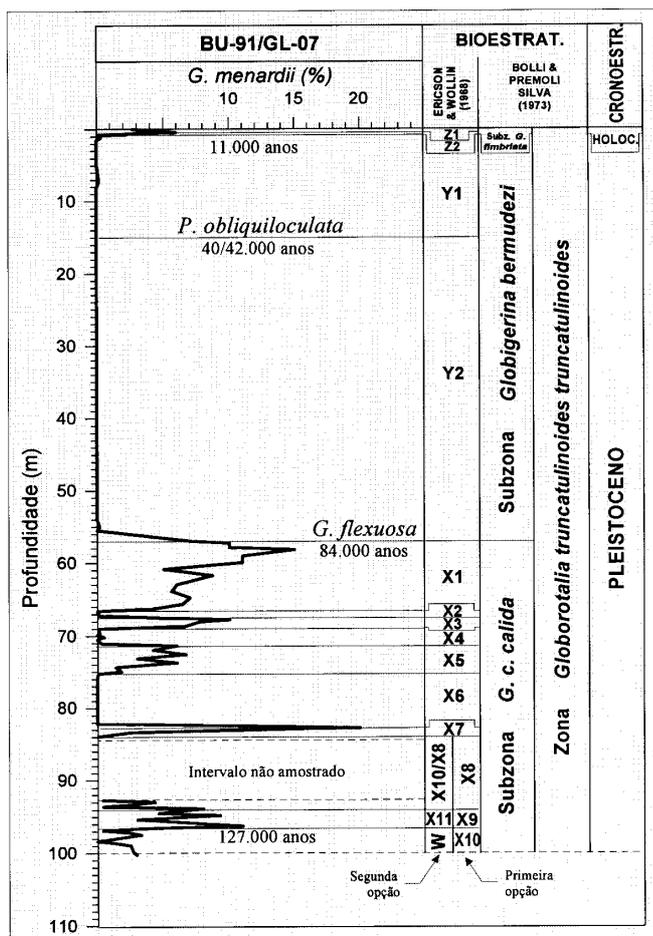


Fig. 4 - Testemunho Bu-91/GI-07 - Interpretação climatológica com base no zoneamento de Ericson e Wollin (1968), subzoneamento das zonas Z e X e correlação com o zoneamento bioestratigráfico de Bolli e Premoli Silva (1973).

Fig. 4 - Core Bu-91/GI-07 - Climatic interpretation based on the Ericson & Wollin (1968) zoning, zones Z and X subzoning and correlation with Bolli & Premoli Silva's (1973) biostratigraphic zoning.

Zona Z (Holoceno) - Intervalo pós-glacial (11 000 anos ao Recente), assinala o retorno de águas oceânicas mais quentes, indicado pelo reaparecimento das menardiformes, com predominância de *G. menardii* s.s. secundada por *G. tumida*. As espécies que só ocorrem no Holoceno, *G. fimbriata* e *G. ungulata*, estão representadas. *G. inflata* é rara ou ausente. A Zona Z, que se revelou mais pobre em menardiformes (até 7%) do que a Zona X (até 31%), foi dividida em duas subzonas, Z1 e Z2. A primeira, apresenta percentuais do plexo *G. menardii* entre 3% e 7% e, a segunda, entre 1% e 3%. Estas duas subzonas refletem o progressivo aquecimento do Atlântico após o máximo glacial.

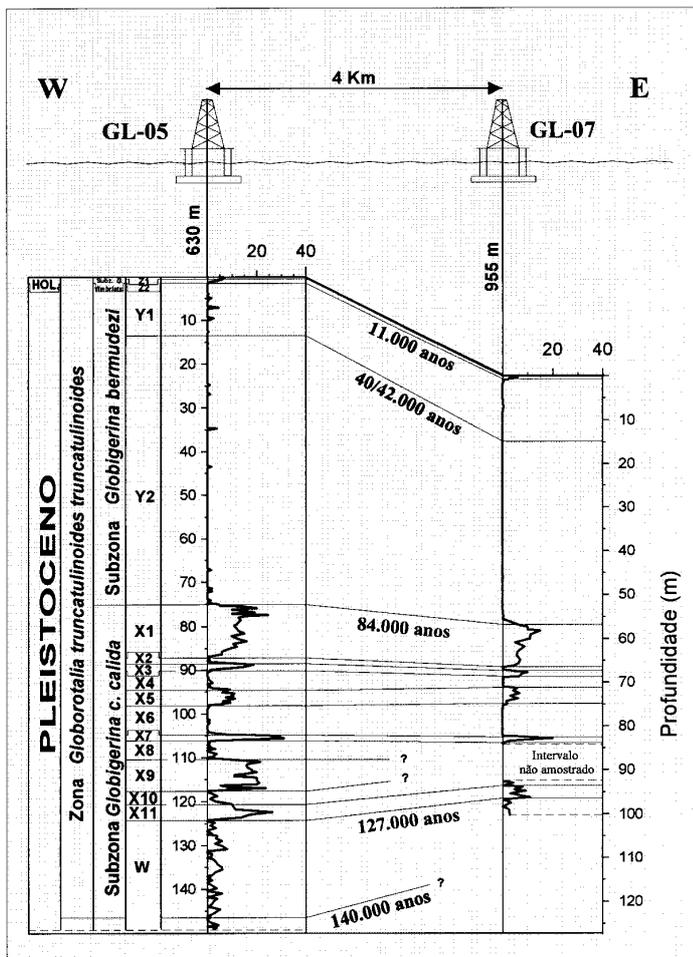


Fig. 5 - Correlação entre os testemunhos Bu-91/GI-05 e Bu-91/GI-07.
 Fig. 5 - Correlation between cores Bu-91/GI-05 and Bu-91/GI-07.

4.1.2 - Zoneamento Bioestratigráfico dos Furos Geológicos

Bu-91/GI-05 - Coletado no talude de Albacora, em lâmina d'água de 630 m, este testemunho representa sedimentos depositados, provavelmente, nos últimos 145 000 a 150 000 anos. A seqüência de zonas e subzonas climáticas e as respectivas profundidades obtidas para este testemunho encontram-se no quadro III. Na figura 3, representam-se graficamente estes resultados, com a interpretação climatológica de acordo com Ericson e Wollin (1968) e a correlação com o zoneamento bioestratigráfico de Bolli e Premoli Silva (1973). As taxas de sedimentação estão no quadro IV.

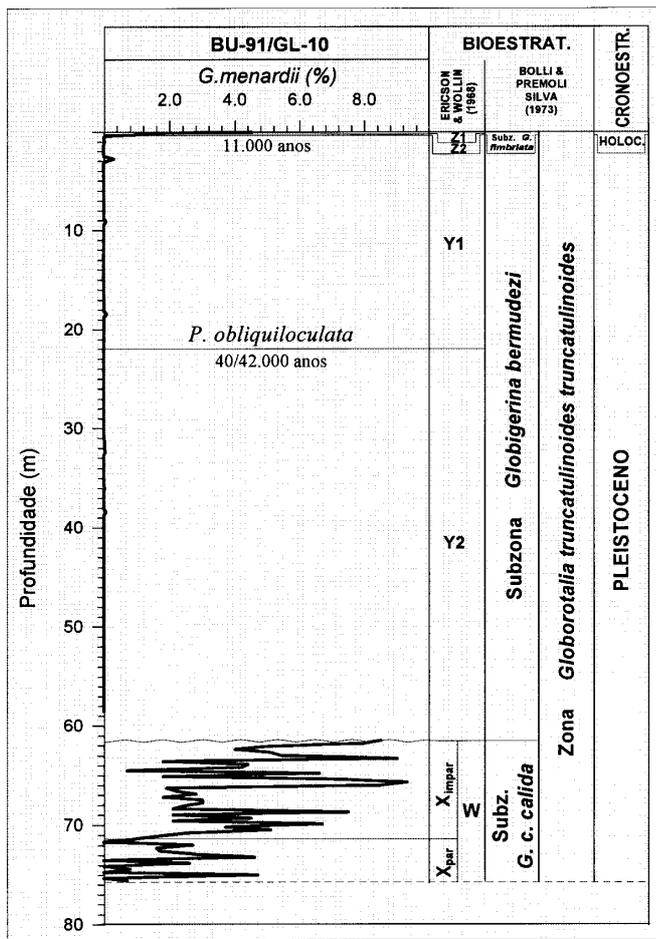


Fig. 6 - Testemunho Bu-91/GI-10 - Interpretação climatológica com base no zoneamento de Ericson e Wollin (1968), subzoneamento das zonas Z e X (?)(para a segunda opção) e correlação com o zoneamento bioestratigráfico de Bolli e Premoli Silva (1973).

Fig. 6 - Core Bu-91/GI-10 – Climatic interpretation based on the Ericson & Wollin (1968) zoning, zones Z and X (?), subzoning (for the second option) and correlation with Bolli and Premoli Silva's (1973) biostratigraphic zoning.

Bu-91/GI-07 - Coletado no talude de Albacora, em lâmina d'água de 955 m, este testemunho representa sedimentos depositados, provavelmente, nos últimos 130 000 a 135 000 anos.

Para este furo, a definição das subzonas da Zona X tornou-se um pouco mais complexa. Até o topo da Subzona X8 (84,00 m), os resultados são prontamente correlacionáveis com aqueles do testemunho Bu-91/GI-05 (fig. 5). A partir de 84,50 m, a ausência de informações, consequência de um intervalo de 8,20 m de sedimentos não recuperados, conduz obrigatoriamente a duas opções de interpretação. Na primeira, o intervalo não recuperado (84,50 m - 92,70 m) estaria contido completamente dentro da Subzona X8 (84,00 m - 94,00 m) e, logo abaixo, a 94,00 m, ficaria situado o topo da Subzona X9 (94,00 m - 96,60 m). O testemunho terminaria na Subzona X10 (topo a 96,60 m e base indefinida). Neste caso, a Subzona X8 teria em torno de 10 m de espessura, praticamente o dobro daquela similar encontrada para o testemunho Bu-91/GI-05. Porém, isto não é o que parece indicar a geofísica. O perfil sísmico da área revela um adelgaçamento das camadas do Bu-91/GI-05 em direção ao Bu-91/GI-07. A conformação das subzonas de X1 a X7 e X10, no Bu-91/GI-07, também configuram, em média, um estreitamento em relação ao Bu-91/GI-05. Esta primeira opção levou em conta o papel das menardiformes a partir da profundidade de 84,00 m. Entre 84,00 m e 84,50 m e entre 92,70 m e 94,00 m, ou seja, acima e abaixo do intervalo não recuperado, estas formas estão ausentes ou são raras, voltando a aparecer, em percentuais maiores e variados, a partir de 94,00 m até a base do testemunho. A ausência dessa fauna marcaria a Subzona X8, a presença, a seguir, a Subzona X9 e os baixos percentuais na base do testemunho, a Subzona X10. Na segunda opção, a mais provável, o intervalo não recuperado (84,50 m - 92,70 m) conteria parte da

Subzona X8 e as subzonas X9 e X10, marcando-se o topo da Zona W (penúltima glacial) em torno de 96,60 m, restando o intervalo entre esta profundidade e 94,00 m, para ser identificado como Subzona X11. Embora esta segunda opção se encaixe melhor com o registro sísmico, há ainda um outro detalhe a ser considerado. No Bu-91/GI-05 o pacote deformado (depósito de escorregamento) não ultrapassa a espessura de 1,00 m (de 127,50 m a 128,35 m) e situa-se abaixo do limite X/W, enquanto que no Bu-91/GI-07, o pacote deformado alcança quase 4,00 m de espessura (de 92,30 m a 96,00 m) e está acima desse limite, configurando dois eventos diferentes.

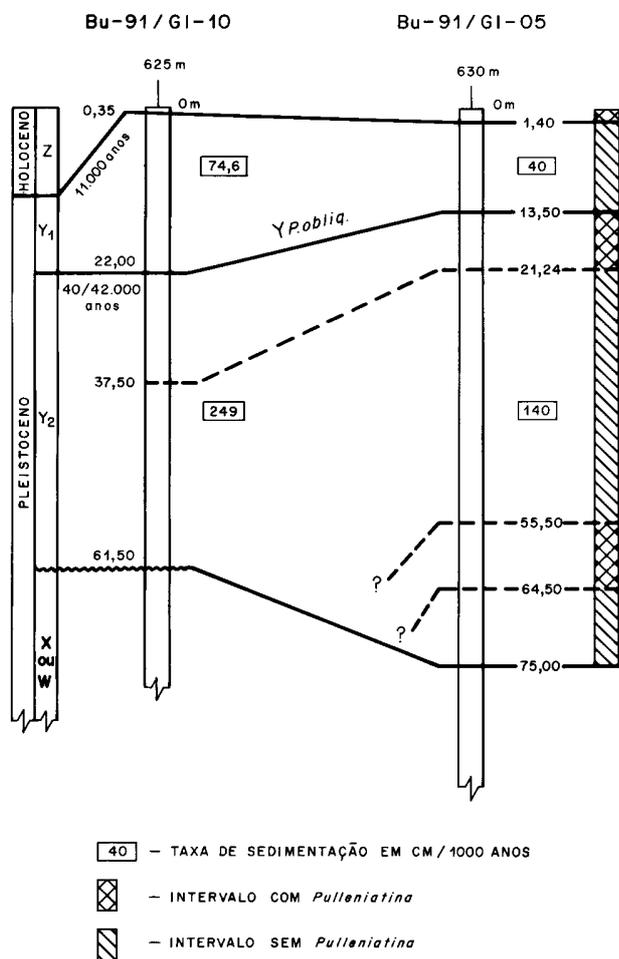


Fig. 7 - Correlação entre as subzonas Y1 e Y2 dos testemunhos Bu-91/GI-05 e Bu-91/GI-10, com base no plexo *Pulleniatina*.
Fig. 7 - Correlation between subzones Y1 and Y2 from cores Bu-91/GI-05 and Bu-91/GI-10, based on the *Pulleniatina* complex.

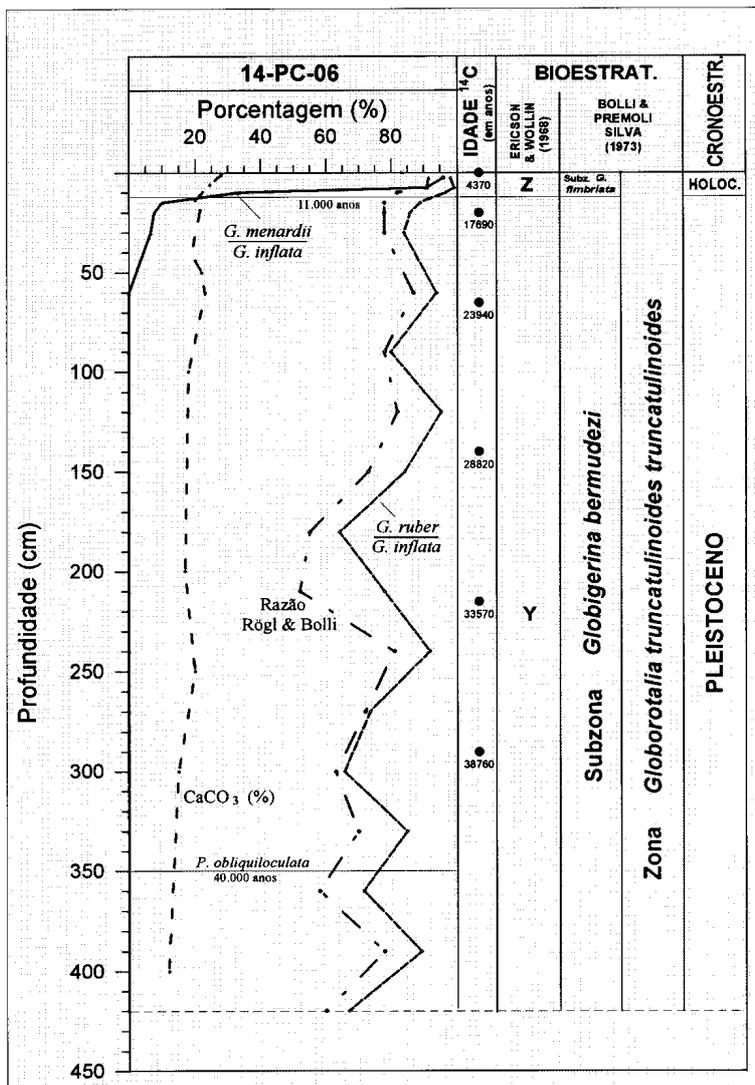


Fig. 8 - Testemunho 14-PC-06 - Interpretação climatológica com base no zoneamento de Ericson e Wollin (1968) e correlações com o zoneamento bioestratigráfico de Bolli e Premoli Silva (1973), calcimetria e idades radiocarbono.

Fig. 8 - Core 14-PC-06 - Climatic interpretation based on the Ericson & Wollin (1968) zoning, and correlation with Bolli & Premoli Silva's (1973) biostratigraphic zoning, chalcometry and radiocarbon ages.

Também aqui foi levado em conta o papel das menardiformes. No intervalo 94,00 m - 96,60 m (provavelmente Subzona X11) esta fauna alcança percentuais mais altos do que no intervalo restante do furo (96,60 m - 100,20 m), possivelmente Zona W, comportando-se de forma semelhante àquela encontrada para o Bu-91/G1-05.

A seqüência de zonas e subzonas climáticas e os respectivos topos, com as duas opções discutidas para a Zona X, encontram-se no quadro III e as taxas de sedimentação estão no quadro IV.

QUADRO III
TOPO DAS ZONAS E SUBZONAS, EM METROS
CHART III
UPPER PORTION OF ZONES AND SUBZONES, IN METERS

Bioestratigrafia		Bu - 91/GI - 05	Bu - 91/GI - 07		Bu - 91/GI - 10
Ericson e Wollin (1968)	Bolli e P. Silva (1973)				
Zona Z	Zona G.t.	0,0 - 1,4	0,0 - 0,85		0,0 - 0,35
Subzona Z1	<i>truncatulinoides</i>	0,0 - 0,7	0,0 - 0,45		0,0 - 0,2
Sobzona Z2	Subzona <i>G. fimbriata</i>	0,7 - 1,4	0,45 - 0,85		0,2 - 0,35
Zona Y	Zona G.t.	1,4 - 75,0	0,85 - 57,0		0,35 - 61,5
Subzona Y1	<i>truncatulinoides</i>	1,4 - 13,50	0,85 - 15,0		0,35 - 22,0
Subzona Y2	Subzona <i>G. bermudezi</i>	13,50 - 75,0	15,0 - 57,0		22,0 - 61,5
Zona X		75,0 - 124,2	57,0 - 100,2	57,0 - 96,6	61,5 - 75,6
Subzona X1		75,0 - 87,0	57,0 - 66,6	57,0 - 66,6	
Subzona X2	Zona G.t.	87,0 - 88,5	66,6 - 7,5	66,6 - 67,5	
Subzona X3		88,5 - 90,0	67,5 - 69,0	67,5 - 69,0	
Subzona X4	<i>Truncatulinoides</i>	90,0 - 94,5	69,0 - 71,4	69,0 - 71,4	
Subzona X5		94,5 - 98,1	71,4 - 75,3	71,4 - 75,3	
Subzona X6	Subzona	98,1 - 104,7	75,3 - 82,8	75,3 - 82,8	ou
Subzona X7		104,7 - 106,0	82,8 - 84,0	82,8 - 84,0	
Subzona X8	<i>G. c. calida</i>	106,0 - 110,4	84,0 - 94,0	84,0 - ?	
Subzona X9		110,0 - 117,6	94,0 - 96,6	? - ?	
Subzona X10		117,6 - 120,6	96,6 - -	? - 94,0	
Subzona X11		120,6 - 124,2		94,0 - 96,6	
Zona W		124,2 - 146,4		96,6 - -	61,5 - 75,6

Na figura 4 representam-se graficamente estes resultados e os correlacionam com o zoneamento bioestratigráfico de Bolli e Premoli Silva (1973).

O zoneamento paleoclimático apresentado para os testemunhos Bu-91/GI-05 e Bu-91/GI-07 foi feito com base, primariamente, na presença/ausência do plexo *G. menardii*. Desta forma, o último pacote pleistocênico onde este plexo está mais ou menos bem representado foi interpretado, no seu todo, como interglacial (Zona X dividida em onze subzonas).

Dois aspectos, porém, chamam a atenção nesta interpretação. As altas taxas de sedimentação (92 e 114,4 cm/1 000 anos) calculadas para um intervalo interglacial relativamente curto (43 000 anos) e a generalizada ausência de *G. flexuosa* na Subzona X6 dos dois testemunhos. Isto nos dá a possibilidade de considerar as subzonas de X1 a X5 como Zona X (última interglacial), a Subzona X6 como sendo a Zona W (penúltima glacial) e as demais subzonas de X7 a X11 como pertencentes à Zona V (interglacial). **Resultados:** a)- as taxas de sedimentação para a Zona X ficam mais coerentes; b)- a Zona W, com duração de 38 000 anos, corresponderia a um estreito intervalo frio nos dois testemunhos com ausência de *G. flexuosa*, que é uma de suas características; c)- identifica-se a parte superior da Zona V, com o seu topo a 165 000 anos com a presença característica de *G. flexuosa*. Neste caso, as bases dos testemunhos teriam atingido aproximadamente de 195 000 a 200 000 anos (Bu-91/GI-05) e de 180 000 a 185 000 anos (Bu-91/GI-07) ao invés de 145 000 a 150 000 anos e de 130 000 a 135 000 anos, respectivamente.

Contrariamente a esta argumentação, existe um *datum* micropaleontológico. De acordo com Bolli e Premoli Silva (1973), *G. c. calida* apareceu no Atlântico Equatorial há 140 000 anos. Porém, admitindo-se como correto o biozoneamento acima, este *datum* se situaria na parte superior da Zona V, cujo topo é datado de 165 000 anos AP (Broecker e Van Donk, 1970), sendo, portanto, mais antigo do que o *datum*. Esta incongruência pode ser acomodada, caso se admita o aparecimento precoce de *Globigerina calida calida* no Atlântico Sul.

Estudos de oxigênio 18 – em andamento – servirão de suporte para uma melhor interpretação destas informações.

Bu-91/GI-10 - Coletado no talude de Marlim, em lâmina d'água de 625 m, este testemunho representa sedimentos depositados, provavelmente, entre 84 000 e 130 000 anos.

A Zona Z está representada por apenas 35 cm de sedimentos, refletindo uma taxa de sedimentação de 3,18 cm/1 000 anos, bem menor do que aquelas obtidas para os dois testemunhos longos do talude de Albacora.

A Zona Y encontra-se bem definida, com o seu topo marcado na profundidade de 0,35 m, e dividida em duas subzonas, Y1 e Y2, pelo biorizonte desaparecimento de *P. obliquiloculata*, identificado a 22,00 metros. Acima deste *datum*, na Subzona Y1, a taxa de sedimentação de 74,6 cm/1000 anos é praticamente o dobro daquela alcançada para a mesma subzona do testemunho Bu-91/GI-05 (40 cm/1 000 anos), situado em lâmina d'água equivalente no talude de Albacora (fig. 7).

Abaixo, porém, há um aspecto interessante para ser observado. O pacote de sedimentos correspondentes à Subzona Y2 do testemunho Bu-91/GI-05 é praticamente o dobro daquele do Bu-91/GI-10, o que implicaria numa conseqüente taxa de sedimentação maior para o primeiro, contrariando os resultados encontrados para a Subzona Y1. Mas, quando se observa o comportamento do plexo *Pulleniatina* nos dois testemunhos, verifica-se que há diferenças. No Bu-91/GI-10, este plexo está presente na metade superior (22,00 m - 37,50 m) da Subzona Y2 e ausente na sua metade inferior (37,50 m - 61,50 m).

No Bu-91/GI-05, este plexo está presente na parte superior (13,50 m - 21,24 m) da Subzona Y2, ausente no seu intervalo intermediário (21,24 m - 55,50 m), presente novamente, na sua parte inferior (55,50 m - 64,50 m) e, finalmente, desaparecendo na sua base (64,50 m - 75,00 m). Ou seja, no Bu-91/GI-10 não tem parte do intervalo intermediário e os dois intervalos inferiores encontrados no Bu-91/GI-05, respectivamente, com a ausência, presença e novamente ausência do plexo *Pulleniatina*. Este comportamento sugere a existência de um hiato na base da Subzona Y2 do Bu-91/GI-10 onde ocorre um depósito de movimento de massa (DE) (Caddah *et al.* 1992 e Kowsmann *et al.* 1993), que pode ter removido e incorporado uma seção substancial de sedimentos da base da Y2 e, como será comentado adiante, inclusive da Zona X ou até W. Somente da Subzona Y2, teriam sido removidos cerca de 70 m de sedimentos. Este valor foi obtido pelo cálculo das taxas de sedimentação, considerando-se, como na Subzona Y1, valores duplicados em relação ao Bu-91/GI-05. A ordem de grandeza desta estimativa é corroborada pelo perfil geotécnico de cone-penetrômetro correspondente (Costa *et al.* 1994).

Nos sedimentos abaixo do pacote deformado (DE) (57,50 m - 61,50 m), até o final do testemunho (61,50 m - 75,60 m), está presente uma fauna característica de águas mais quentes, composta de menardiformes e por espécies do plexo *Pulleniatina*, indicativa de uma provável interglacial, interpretada por Vicalvi (1994) como Zona X. No entanto, chama a atenção, a ausência de *G. flexuosa*, um componente dessa fauna que caracteriza a Zona X e torna questionável a sua identificação no testemunho. Este último aspecto levanta a possibilidade do intervalo 61,50 m - 75,60 m pertencer à Zona W. Embora corresponda a um período glacial, esta Zona pode apresentar pequenos percentuais de menardiformes, mas, sem a presença de *G. flexuosa*. Porém, no caso deste testemunho, os percentuais do plexo *G. menardii* são muito altos para este episódio, sendo mais compatíveis com a Zona X.

QUADRO IV

TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO DAS ZONAS E SUBZONAS DE FUROS GEOLÓGICOS

CHART IV

SEDIMENTATION RATES FOR ZONES AND SUBZONES FROM DRILL HOLES

Zonas de Ericson e Wollin (1968)	Taxas de Sedimentação (cm/1 000 anos)		
	Bu - 91/GI - 05	Bu - 91/GI - 07	Bu - 91/GI - 10
Z	12,7	7,7	3,2
Y1	40	48,8	74,6
Y2	140	95,4	249
X	114,4	92	-

Em resumo, os resultados encontrados para o Bu-91/GI-10 com as duas opções, e correlacionados com o zoneamento bioestratigráfico de Bolli e Premoli Silva (1973), encontram-se nos quadros III, IV e figura 6.

4.2 - Testemunhos a Pistão

Os testemunhos a pistão, relativamente curtos (fig. 1 e quadro II), serviram para registrar com mais precisão o limite Pleistoceno/Holoceno em várias áreas do talude da Bacia de Campos e, eventualmente, identificar o *datum Pulleniatina*, uma vez que nenhum deles atingiu a Zona X. Conseqüentemente, calcularam-se taxas de sedimentação somente para a Zona Z e, quando possível, para a Subzona Y1.

O testemunho 14-PC-06 foi escolhido para o início dos trabalhos, porque já apresentava resultados de datação por carbono-14, análises de isótopos de oxigênio e calcimetria (Azevedo, 1994), permitindo avaliar as experiências que seriam feitas em torno da triagem estatística e posterior reconhecimento das faunas planctônica e bentônica em suas 20 amostras. Os vários métodos de construção de curvas paleoclimáticas também foram exercitados neste testemunho:

- a) relação fauna total quente/fauna total fria;
- b) relação percentual *G. menardii* (quente)/*G. inflata* (fria) ou *G. ruber* (quente)/*G. inflata* (fria);
- c) aplicação da fórmula adaptada de Rögl e Bolli (1973):

$$\frac{G.ruber + G.sacculifera + G.menardii \text{ s.l.}}{G.ruber + G.sacculifera + G.menardii \text{ s.l.} + G.bulloides + G.inflata + G.quinqueloba} \times 100$$

O resultado gráfico dessas experiências encontra-se na figura 8.

4.2.1 - Limite Holoceno/Pleistoceno

A marcação deste limite teve como base o método clássico de Ericson e Wollin (1968), que se apoia no retorno da fauna de menardiformes como resposta ao gradual aquecimento das águas oceânicas após a última glacial. Para os 26 testemunhos a pistão adotaram-se dois critérios, como consequência do espaçamento da amostragem (30 cm):

- a)- em testemunhos com litologia uniforme, o limite Pleistoceno/Holoceno foi colocado provisoriamente a meia distância entre a amostra com a fauna holocênica e a amostra com a fauna pleistocênica;
- b)- em testemunhos com mudanças de fácies dentro dos limites da amostragem, a marcação da passagem do Pleistoceno para o Holoceno contou com apoio da descrição do testemunho, ou seja, foi traçado exatamente no contato entre a fácies contendo a fauna de menardiformes e a fácies que não a contém.

Nas figuras de 9 a 14 demonstram-se graficamente, por meio de perfil, o limite Pleistoceno/Holoceno para cada testemunho e, no quadro V, as taxas de sedimentação calculadas. Em três testemunhos de Marlim (9-PC-04, 9-PC-06 e 14-PC-06) e em um testemunho de Albacora (5-PC-29), a determinação do limite Pleistoceno/Holoceno – com base em foraminíferos planctônicos – foi coerente com as datações absolutas obtidas pelo método C-14 (figs. 9, 12 e 13).

As taxas de sedimentação variam de 0,22 até 3,63 cm/1 000 anos para o Holoceno do talude de Marlim e de 0,22 até 14 cm/1 000 anos para o talude de Albacora (quadro V). Para a Zona Z do testemunho 7-PC-05 (fig. 10), situado no *Canyon S. Tomé* (fig. 1), calculou-se uma taxa de 15 cm/1 000 anos e a Zona Z do testemunho 14-PC-03 (fig. 11) não foi recuperada.

Uma análise destes resultados revela que as taxas de sedimentação calculadas para o Holoceno da área do talude de Marlim são aproximadamente uniformes. A posição geográfica do testemunho 9-PC-06 (fig. 1), próximo da base do talude, justifica seu valor um pouco mais alto (3,63 cm/1 000 anos).

Para o talude de Albacora, dois resultados destoantes também são justificados pela localização geográfica dos testemunhos. O 5-PC-25 (14 cm/1 000 anos) situa-se na borda superior da escarpa do talude, numa área de captação de sedimentos, e o 5-PC-27 (10,9 cm/1 000 anos) na base da mesma escarpa (fig. 1).

Com excessão dos testemunhos assinalados, verifica-se que são muito próximas as taxas de sedimentação obtidas para o Holoceno das áreas dos taludes de Marlim e Albacora.

4.2.2 - Datum *Pulleniatina*

A ausência de um número suficiente de *data* evolucionários na faixa de tempo correspondente ao Quaternário, levou os micropaleontólogos a desenvolverem diferentes critérios para subdividir estratigraficamente o Pleistoceno. No item 3 deste trabalho, fizeram-se algumas considerações de ordem teórica sobre o *datum* desaparecimento do plexo *Pulleniatina* no meio da Zona Y. Em geral, os resultados são aplicáveis apenas regionalmente. Isto é justificado pela desigualdade de condições climáticas para cada região, com a decorrente proliferação de faunas distintas. Neste item, são comentados os dados obtidos para 15 testemunhos, entre os 26 estudados, que atingiram esse biorizonte.

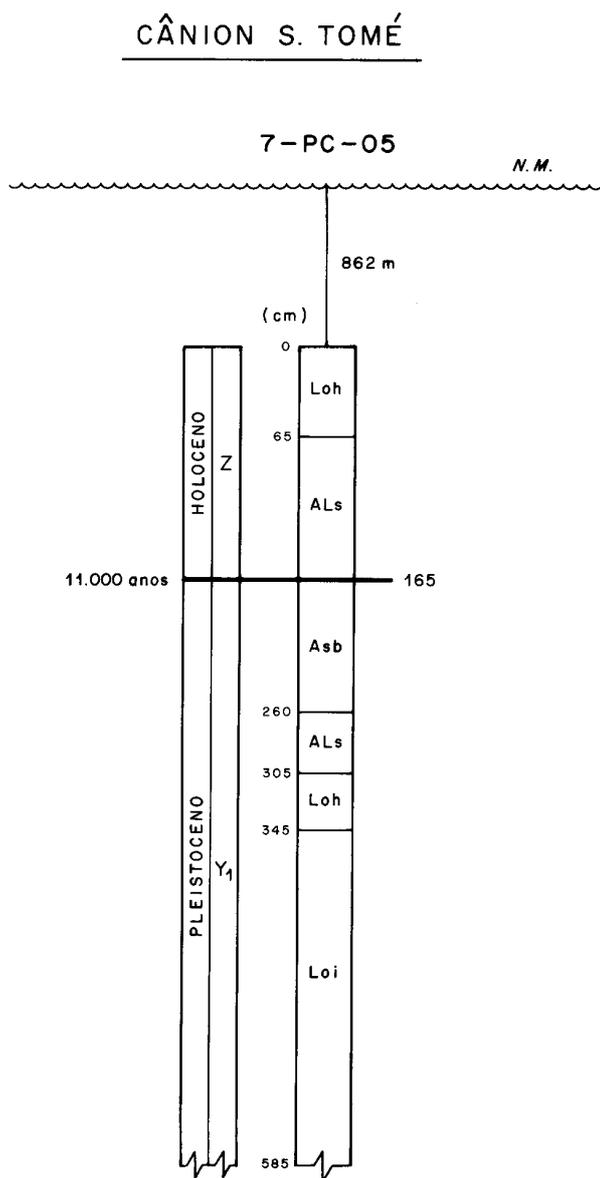


Fig. 10 - Testemunho 7-PC-05 (Canyon S. Tomé) - Limite Holoceno/Pleistoceno e fácies sedimentares. (Lâmina d'água em metros e comprimento do testemunho em centímetros).

Fig. 10 - Core 7-PC-05 (São Tomé Canyon) - Holocene/Pleistocene limit and sedimentary facies. (Water column in meters and core lengths in centimeters).

No talude de Albacora apenas um testemunho a pistão (5-PC-29) alcançou o *datum Pulleniatina*, marcado a 7,65 m do seu topo (fig. 9). A identificação deste biorizonte está coerente com a datação absoluta por C-14 (> 33 640 anos) obtida para a amostra 7,35/7,65 m. A taxa de sedimentação calculada para a Zona Y1 resultou em 24,5/26,2 cm/1 000 anos (quadro V).

Outros três testemunhos, 5-PC-25, 14-PC-02 e 5-PC-27, não foram suficientemente longos para atingi-lo (quadro V). Esta afirmativa é suportada pelos dados alcançados para o testemunho Bu-91/Gl-05, coletado em lâmina d'água equivalente ao 5-PC-25 e que teve o seu *datum Pulleniatina* marcado aproximadamente a 13,50 m (fig. 3). Os outros dois testemunhos, 14-PC-02 e 5-PC-27, estariam bem próximos. O primeiro por ter recuperado, pelo menos 0,90 m de sedimentos da fácies Lce (lama cinza-esverdeada) (Caddah, 1991) que, como será visto adiante, pode ser um indicador litológico do seu posicionamento. O segundo, por estar relativamente próximo e com a mesma composição faciológica que o 5-PC-29, cujo *datum* foi atingido a 7,65 m.

Finalmente, os dois testemunhos restantes, 9-PC-09 e 14-PC-01, tiveram o biorizonte *Pulleniatina* removido desta área do talude, pela erosão de 30 m de seção sedimentar, conforme calculado pelo perfil geotécnico de penetrometro (Viana *et al.* 1994). No testemunho 9-PC-09, há um hiato entre a fácies Cbi (cascalho bioclástico) e Lci (lama cinza-esverdeada com intercalações) e no 14-PC-01 entre um estreito intervalo composto por ALs (areia lamosa siliciclástica) e Lci (Caddah, 1991). A fauna de foraminíferos abaixo do hiato é muito pobre, e os raros planctônicos presentes parecem indicar que os sedimentos foram depositados durante um período glacial, provavelmente Zona Y, parte mediana da Subzona Y2, numa situação bastante semelhante à porção mediana da Subzona Y2 do testemunho longo Bu-91/Gl-05 (fig. 3). Concluindo, os dois testemunhos teriam recuperado, abaixo do hiato, sedimentos (Lci) mais velhos do que 42 000 anos, porém, mais novos do que 84 000 anos.

No talude de Marlim, entre os 19 testemunhos estudados, 15 alcançaram o *datum Pulleniatina*. Os vários perfis construídos (figs. de 11 a 14) demonstram graficamente o seu traçado e o Quadro V, as taxas de sedimentação calculadas para a Subzona Y1.

A análise destes resultados revela que, dependendo da posição geográfica dos testemunhos, as taxas de sedimentação encontradas para a Subzona Y1 das várias áreas do talude de Marlim são menores do que aquelas encontradas para Albacora (quadro V). A exceção fica por conta dos testemunhos coletados em lâminas d'água próximas de 625 m, onde foi recuperado o Bu-91/Gl-10. Como foi visto anteriormente, nesta área de Marlim obteve-se o dobro da taxa de sedimentação daquela alcançada para profundidade equivalente em Albacora (testemunho Bu-91/Gl-05). Por esta razão, o testemunho 10-PC-03 (665 m) (figs. 1 e 12), coletado próximo do Bu-91/Gl-10, não foi suficientemente longo para alcançar o *datum* 40 000 a 42 000 anos, marcado neste último a 22 metros. Os testemunhos 6-PC-05 e 14-PC-05 (figs. 12 e 13) por correlação, respectivamente, com o 10-PC-01 e o 14-PC-06 estariam bem próximos de alcançar essa idade. Já o 3-PC-01 (fig. 11), coletado em lâmina d'água de 247 metros é um testemunho muito curto para qualquer hipótese (2,40 m).

QUADRO V
TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO DOS TESTEMUNHOS A PISTÃO
CHART V
SEDIMENTATION RATES FOR PISTON CORES

Testemunho	Talude	Taxas Sedimentação. (#)		Comprimento (m)	Lâmina d'água (m)
		Zona Z	Subzona Y1		
7-PC-05	<i>Canyon</i>	15	-	5,85	862
9-PC-09	Albac.	1,36	-	1,60	202
14-PC-01	Albac.	0,22	-	2,95	305
5-PC-25	Albac	14	-	4,75	656
14-PC-02	Albac.	1,36*	-	4,15	698
5-PC-27	Albac.	10,9*	-	7,22	938
5-PC-29	Albac.	0,45	26,2/24,5	7,74	1176
14-PC-09	Marlim	0,27	21/18,77*	6,35	915
14-PC-07	Marlim	0,27	7,65/7,16*	5,15	1254
14-PC-08	Marlim	3,18	2,93/2,74*	3,55	1557
14-PC-05	Marlim	1,81	-	5,50	554
14-PC-06	Marlim	1,13*	8,18/7,66*	4,40	761
14-PC-10	Marlim	0,72	6,44/6,03?	4,00	1436
3-PC-01	Marlim	0,36	-	2,40	247
14-PC-03	Marlim	-	-	3,90	932
14-PC-04	Marlim	0,45	2,41/2,25*	3,55	1482
10-PC-03	Marlim	0,90	-	4,95	665
6-PC-05	Marlim	0,68*	-	2,15	795
10-PC-01	Marlim	1,36*	5,2/4,83*	5,00	850
9-PC-01	Marlim	0,22	10,77/11*	4,75	990
5-PC-32	Marlim	0,27	4/3,77	3,50	1024
5-PC-31	Marlim	2	3,9/3,64*	5,05	1141
9-PC-04	Marlim	1,36	2,06/1,9*	3,00	1472
9-PC-05	Marlim	1,13?	3/2,82?	3,00	1602
9-PC-06	Marlim	3,63*	0,34/0,32?	1,75	1930

(#) - taxas em cm/1 000 anos; (*) - valores aproximados. Para a Subzona Y1 os dois resultados correspondem a cálculos efetuados com 40 000 e 42 000 anos para o *datum Pulleniatina*.

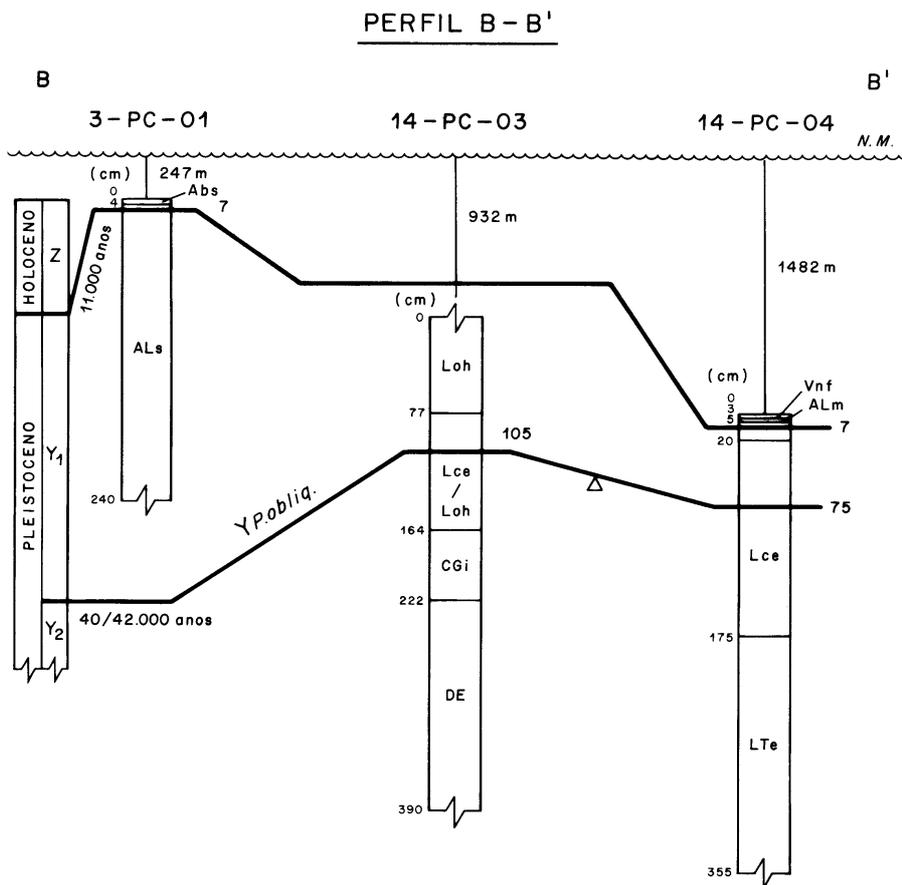


Fig. 11 - Perfil BB' - Correlação entre testemunhos a pistão, limite Holoceno/Pleistoceno, *datum Pulleniatina* e fácies sedimentares. (Lâmina d'água em metros e comprimento dos testemunhos em centímetros).

Fig. 11 - BB' profile - Piston core correlation, Holocene/Pleistocene limit, *Pulleniatina datum*, and sedimentary facies. Water column in meters and core lengths in centimeters).

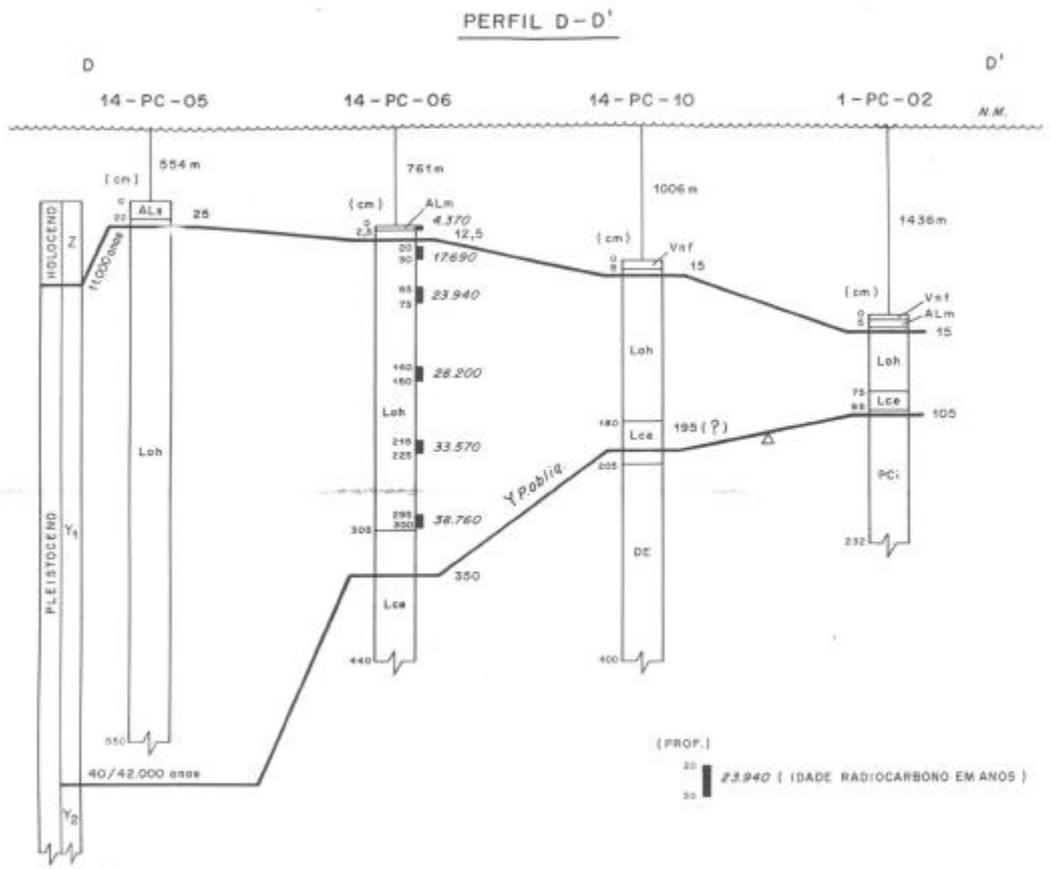


Fig. 13 - Perfil DD' - Correlação entre testemunhos a pistão, limite Holoceno/Pleistoceno, *datum Pulleniatina*, idades radiocarbono disponíveis e fácies sedimentares. (Lâmina d'água em metros e comprimento dos testemunhos em centímetros).

Fig. 13 - DD' profile - Piston core correlation, Holocene/Pleistocene limit, *Pulleniatina* datum, available radiocarbon ages, and sedimentary facies. (Water column in meters and core lengths in centimeters).

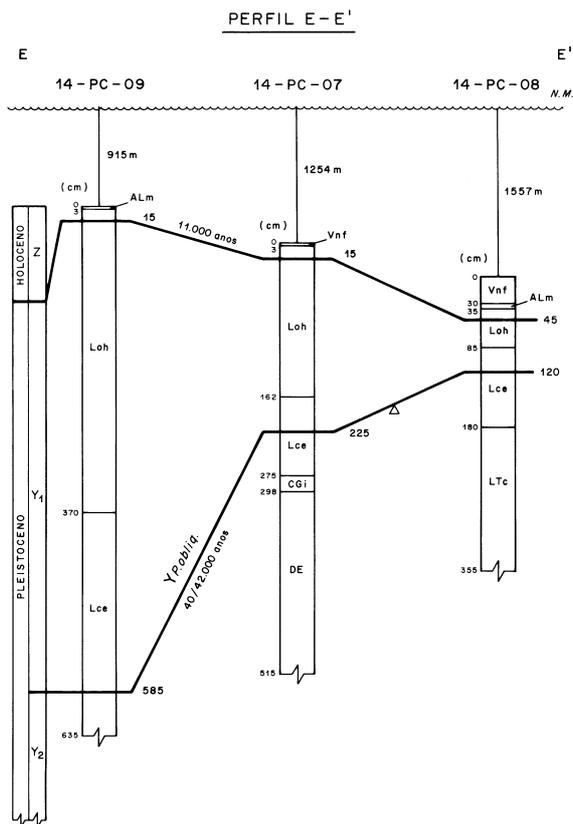


Fig. 14 - Perfil EE' - Correlação entre testemunhos a pistão, limite Holoceno/Pleistoceno, *datum Pulleniatina* e fácies sedimentares. (Lâmina d'água em metros e comprimento dos testemunhos em centímetros).

Fig. 14 - EE' profile - Piston core correlation, Holocene/Pleistocene limit, *Pulleniatina* datum, and sedimentary facies. Water column in meters and core lengths in centimeters).

QUADRO VI
LEGENDAS DAS FÁCIES SEDIMENTARES
CHART VI
CAPTIONS FOR SEDIMENTARY FACIES

Fácies Sedimentares
(Caddah, 1991; Caddah et al. 1992)
ALs - Areia lamosa siliciclástica
Asb - Areia siliciclástica c/ bioclóstos
Abs - Areia bioclástica c/ siliciclóstos
ALm - Areia (silte) lamosa biogênica/siliciclástica
Cbi - Cascalho bioclástico
Loh - Lama oliva hemipelágica
Lce - Lama cinza-esverdeado
Loc - Lama oliva-acinzentada carbonosa
Loi - Lama cinza-oliva c/ intercalações
Lci - Lama cinza-escuro-esverdeado c/ intercalações
LTe - Lamito cinza-escuro-esverdeado
LTa - Lamito cinza-médio-azulado
LTc - Lamito cinza-claro-esverdeado
CGi - Conglomerado intraformacional
PCi - Paraconglomerado intraformacional
Vnf - Vasa de nanofósseis e foraminíferos
DE - Depósito de escorregamento

5. CONCLUSÕES

O uso das flutuações de frequência de foraminíferos planctônicos, especialmente as abundâncias relativas do plexo *G. menardii*, *G. inflata*, *G. truncatulinoides* e plexo *Pulleniatina*, em três testemunhos longos de furos geológicos e 26 testemunhos a pistão, permitiu o estabelecimento de uma bioestratigrafia e de uma história paleoclimática para os sedimentos depositados durante o Quaternário Superior, no talude da Bacia de Campos.

Para os testemunhos longos, o critério presença/ausência/abundância relativa do plexo *G. menardii* permitiu a construção de curvas paleoclimáticas para os sedimentos depositados nos últimos 145/150 000 anos (Bu-91/GI-05), 130/135 000 anos (Bu-91/GI-07) e 84/130 000 anos (Bu-91/GI-10). Para os dois primeiros, um máximo de duas glaciais (zonas W e Y) e duas interglaciais (zonas X e Z) está definido. Para o último, duas interglaciais [zonas X (?) e Z] e uma glacial (Zona Y) ou, provavelmente, duas glaciais [zonas Y e W (?)].

Distintas assembléias, sempre individualizadas com base em variações percentuais de determinadas espécies, permitiram a divisão das zonas Z, Y e X em várias subzonas. Dessa forma, foi possível a definição de seis subzonas para o Bu-91/GI-10 [Z1, Z2, Y1, Y2, X_{ímpar} (?) e X_{par} (?)] e de 15 subzonas e uma Zona para o Bu-91/GI-05 e Bu-91/GI-07 (Z1, Z2, Y1, Y2, X1 a X11 e W).

No testemunho Bu-91/GI-10, o resfriamento mais intenso deu-se na Subzona Y1 e a fauna da parte superior da Zona X (?) recuperada (Subzona X_{ímpar} (?)) indica condições mais quentes do que as atuais. Nos testemunhos Bu-91/GI-05 e Bu-91/GI-07, da mesma forma que no anterior, o maior resfriamento coincide com a Subzona Y1. Entre as subzonas identificadas para o último intervalo interglacial completo (Zona X), a Subzona X7 é a que indica condições de águas mais quentes.

Cálculos efetuados para as subzonas Y1 e Y2 de dois testemunhos longos (Bu-91/GI-05 e Bu-91/GI-10) revelaram que, para profundidades próximas de 625 metros, a taxa de sedimentação encontrada para a Zona Y do talude de Marlim é quase o dobro daquela de Albacora.

Ficou bastante clara, nos testemunhos longos, a identificação do biorizonte desaparecimento de *Pulleniatina obliquiloculata* (40/42 000 anos), na realidade um plexo constituído pela espécies *P. primalis*, *P. finalis* e *P. obliquiloculata*.

O desaparecimento de *G. flexuosa* no topo da Zona X identifica outro *datum*, este a 84 000 anos, marcando o fim da última interglacial.

Os testemunhos a pistão, relativamente curtos, serviram para registrar com mais precisão o limite Pleistoceno/Holoceno em várias áreas do talude da Bacia de Campos e, eventualmente, identificar o biorizonte *Pulleniatina*, uma vez que nenhum deles atingiu a Zona X. Conseqüentemente, calcularam-se taxas de sedimentação somente para a Zona Z e, quando possível, para a Subzona Y1.

As taxas de sedimentação para a Zona Z (Holoceno) das áreas dos taludes de Marlim e Albacora, são aproximadamente uniformes, variando entre 0,22 e 3,63 cm/1 000 anos em média. Algumas exceções são justificadas pelo posicionamento geográfico do testemunho em sítios que propiciam taxas de sedimentação naturalmente mais elevadas.

A identificação do *datum Pulleniatina* por meio do plexo de espécies que compõe este gênero, sempre foi coerente com as datações absolutas porventura existentes para os testemunhos. Outro aspecto observado é que sua colocação dá-se, preferencialmente, na fácies Lce (lama cinza-esverdeada) a distâncias variáveis e próximas do seu topo.

Apenas um testemunho a pistão – coletado no Campo de Albacora (5-PC-29) – alcançou profundidade adequada para o cálculo da taxa de sedimentação para a Subzona Y1. Os demais, não foram suficientemente longos para isso. Dois deles apresentam um hiato abaixo do limite Pleistoceno/Holoceno, onde estariam faltando cerca de 30 m de sedimentos. A fauna abaixo do hiato é muito pobre, mas sugere idade entre 40/42 000 e 84 000 anos.

A análise das taxas de sedimentação obtidas para a Subzona Y1 de vários testemunhos do talude de Marlim demonstra que elas são menores do que a única taxa calculada para Albacora. A exceção fica por conta dos testemunhos coletados em profundidades próximas de 625 metros, onde foi recuperado o Bu-91/GI-10. Nesta área de Marlim, obteve-se o valor em dobro para a Zona Y do que aquele alcançado para Albacora. Por esta razão, o testemunho 10-PC-03 (665 metros) não foi suficientemente longo para atingir o *datum Pulleniatina*, marcado a 22 metros no Bu-91/GI-10.

O valor 40/42 000 anos, aqui adotado para a idade do biorizonte *Pulleniatina*, é médio. Cálculos feitos com base em datações absolutas e taxas de sedimentação consideradas uniformes resultaram em uma idade possível de até 45 000 anos. De qualquer maneira, o traçado deste *datum* divide a Zona Y em duas partes desiguais. O intervalo superior, Subzona Y1, é sempre menor, invocando taxas de sedimentação mais baixas do que para a Subzona Y2.

AGRADECIMENTOS

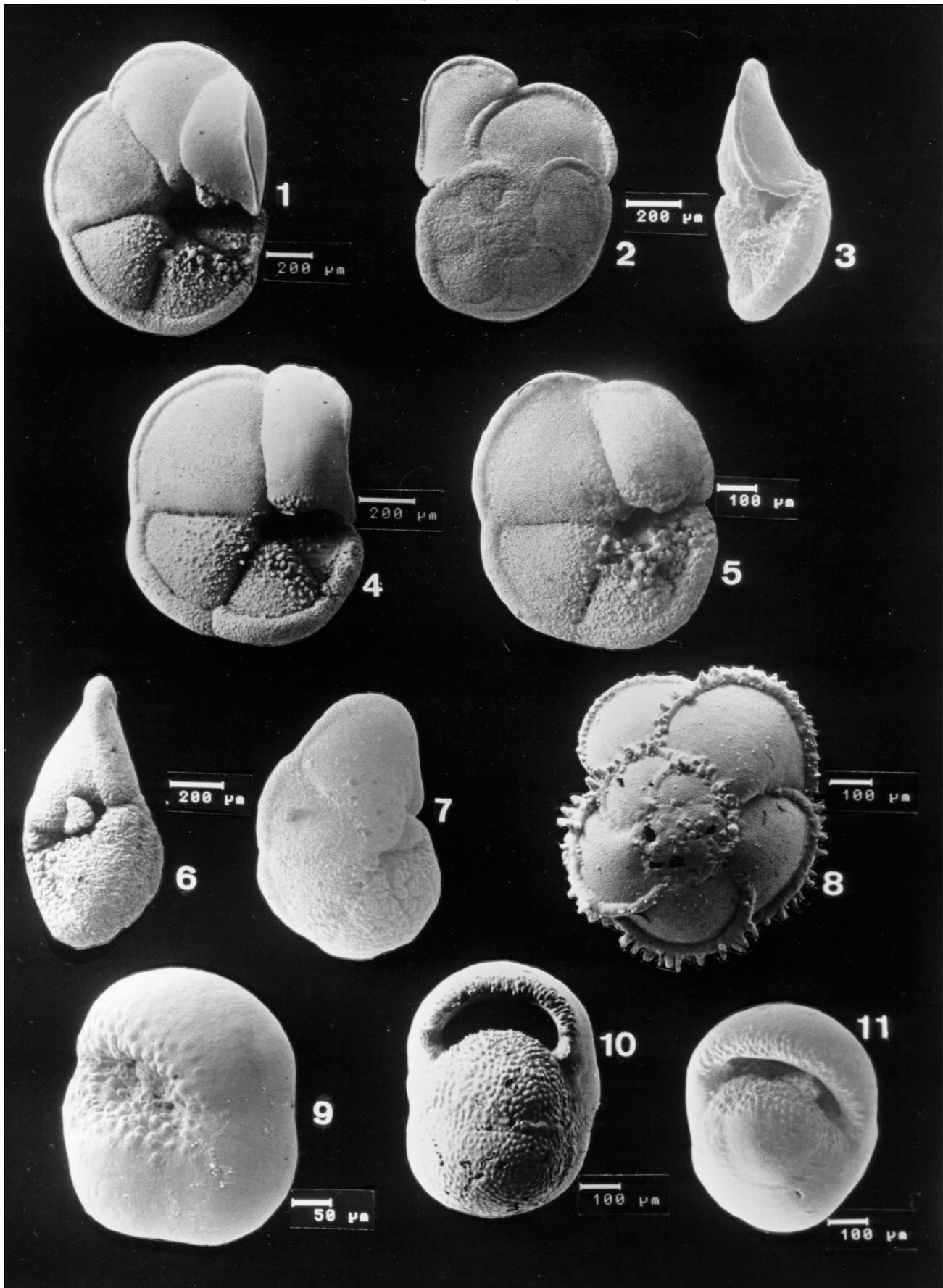
Aos geólogos Renato O. Kowsmann e Luis Fernando Caddah pela leitura crítica e sugestões ao manuscrito, ao geólogo Ricardo L. M. Azevedo pela confecção de parte das figuras por meio do programa Grapher, aos participantes da campanha do navio geotécnico M/S Bucentaur e aos técnicos do Laboratório de Geologia do DESUD que, direta ou indiretamente, contribuíram para este estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGOKE, O. S., DESSAUVAGIE, T. F. J., KOGBE, C. A. Planktonic foraminifera in Gulf of Guinea sediments. *Micropaleontology*, New York, n. 17, p. 197-213, 1971.
- ADELSECK JR, C. G. Living *globorotalia menardii* (d'Orbigny) forma neoflexuosa from the eastern tropical Pacific Ocean. *Deep-Sea Research*, Oxford, n. 22, p. 689-691, 1975.
- AZEVEDO, R. L. M. *Isótopos de oxigênio e carbono em estudos estratigráficos de detalhe na Bacia de Campos: aplicações no Quaternário e Oligoceno*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994. 138 p. Dissertação (Mestrado).
- BÉ, A. W. H., Mc INTYRE, A. *Globorotalia menardii flexuosa* (Koch): an "extinct" foraminiferal subspecies living in the northern Indian Ocean. *Deep-Sea Research*, Oxford, n. 17, p. 595-601, 1970.
- BÉ, A. W. H., DAMUTH, J. E., LOTT, L., FREE, R. Late Quaternary climatic record in Western Equatorial Atlantic sediments. In: INVESTIGATIONS OF LATE QUATERNARY PALEOCEANOGRAPHY AND PALEOCLIMATOLOGY. Boulder, *Geological Society of America*, 1976, p. 162-200, (GSA-Memoir, 145).
- BERGGREN, W. A., KENT, D. V., VAN COUVERING, J. A. Neogene geochronology and chronostratigraphy. *Geological Society of London Memoir*, London, n. 10, p. 211-260, 1985.
- BOLLI, H. M., PREMOLI SILVA, I. Oligocene to recent planktonic foraminifera and stratigraphy of the leg 15 sites in the Caribbean Sea. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Washington, v. 15, p. 475-497, 1973.
- BOLTOVSKOY, E. Living planktonic foraminifera of the eastern part of the tropical Atlantic. *Revue de Micropaleontologie*, Paris, v. 11, p. 85-98, 1968.
- BOLTOVSKOY, E. Estudio de testigos submarinos del Atlántico Sudoccidental. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*, v. 7, n. 4, p. 215-340, 1973.
- BROECKER, W. S., EWING, M., HEEZEN, B. C. Evidence for an abrupt change in climate close to 11,000 years ago. *American Journal of Science*, v. 258, p. 429-448, 1960.
- BROECKER, W. S., VAN DOCK, J. Insolation changes, ice volumes, and the O18 record in deep-sea cores. *Review of Geophysics and Space Physics*, n. 8, p. 169-1198, 1970.
- CADDAH, L. F. G. *Análise sedimentológica de testemunhos a pistão do talude quaternário da bacia de Campos*. PROCAP/Ger-02. Macaé: PETROBRAS/DESUD/DINTER, 1991. 51 p. (Relatório interno).
- CADDAH, L. F. G., KOWSMANN, R. O., VIANA, L. R. *Análises sedimentológicas dos furos geológicos Bu-91/G1-10, Bu-91/G1-13 (Marlim) e Bu-91/G1-05 (Albacora)*. Macaé: PETROBRAS/DESUD/DIREP, 1992. 59 p. (Relatório interno).
- CADDAH, L. F. G., CASTRO, R. D., RANGEL, M. D., LANGENDONK, M. V. *Fácies sedimentares do talude quaternário do Campo de Albacora com base nos furos geológicos Bu-91/G102/2A, Bu-91/G103, Bu-91/G105 e Bu-91/G107*. Macaé: PETROBRAS/DESUD/DIREP, 1995. 58 p. (Relatório interno).
- COSTA, A. M., AMARAL, C. S., KOWSMANN, R. O., PAGANELLI, L. M., VIANA, A. R., CASTRO, D. D., CADDAH, L. F. G. *Análise de estabilidade do talude submarino de Marlim*. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DIPREX/SEDEM. 1994. (Relatório interno).

- DAMUTH, J. E. *The western Equatorial Atlantic: morphology, Quaternary sediments, and climatic cycles*. New York, Columbia University, 1973. 602 p. Dissertação (Mestrado).
- DAMUTH, J. E. Quaternary climate change as revealed by calcium-carbonate fluctuations in western equatorial Atlantic sediments. *Deep-Sea Research*, v. 22. P. 725-743, 1975.
- DAMUTH, J. E. Late Quaternary sedimentation in the western equatorial Atlantic. *Geological Society of America Bulletin*, Boulder, v. 88, p. 695-710, 1977.
- EMILIANI, C. Paleotemperature analysis of the Caribbean cores P6304-8 and P6304-9, and a generalized temperature curve for the past 425,000 years. *Journal of Geology*, v. 74, p. 102-124, 1966.
- ERICSON, D. B., WOLLIN, G. Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments. *Science*, Washington, v. 162, n. 3859, p. 1227-1243, 1968.
- HEINERICI, J., LANGENDONCK, M. F. L., OLIVEIRA, C. H. B., VIANA, A. R., CASTRO, D. D. *Mapa batimétrico preliminar da Bacia de Campos*. Macaé: PETROBRAS/DESUD/CODES, 1991. (Informativo exploratório 03/91).
- KENNETT, J. P., HUDDLESTON, P. *Late Pleistocene paleoclimatology foraminiferal biostratigraphy, and tephrochronology, western Gulf of Mexico*. Quaternary Research., New York, n. 2, p. 38-69, 1972.
- KOWSMANN, R. O., VIANA, A. R., CADDAH, L. F. G., COSTA, A. M., AMARAL, C. S. *Integração de dados geológicos com perfis geotécnicos de resistência (Sul) no talude de Marlim, Bacia de Campos*. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DIVEX, 1993, 39 p. (Relatório interno 650-14965).
- MARTIN, R. E., JOHNSON, G. W., NEFF, E. D., KRANTZ, D. W. Quaternary planktonic foraminiferal assemblage zones of the Northeast Gulf of Mexico, Columbia Basin (Caribbean Sea), and tropical Atlantic Ocean: graphic correlation of microfossil and oxygen isotope datums. *Paleoceanography*, Washington, v. 5, n. 4, p. 531-555, 1990.
- PRELL, W. L. *Late Pleistocene faunal sedimentary, and temperature history of the Columbia Basin, Caribbean Sea*. New York: Columbia University, 1974. 400 p. Dissertação (Doutorado).
- PRELL, W. L., DAMUTH, J. E. The climate-related diachronous disappearance of *Pulleniatina obliquiloculata* in Late Quaternary sediments of the Atlantic and Caribbean. *Marine Micropaleontology*, n. 3, p. 267-277, 1978.
- REISS, Z., MERLING-REISS, P., MOSHKOVITZ, S. Quaternary planktonic foraminifera and nannoplankton from the Mediterranean Continental Slope of Israel. *Israel Journal of Earth-Sciences*, n. 20, p. 141-177, 1971.
- RÖGL, F., BOLLI, H. M. Holocene to Pleistocene Planktonic Foraminifera of Leg 15, site 147 (Cariaco Basin (Trench), Caribbean Sea) and their climatic interpretation. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. Washington, v. 15, p. 553-614, 1973.
- THUNELL, R. Pleistocene planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoclimatology of the Gulf of Mexico. In: HEALY-WILLIAMS, N. (ed.) *Principles of Pleistocene Stratigraphy Applied to the Gulf of Mexico*. Boston, International Human Resources Development Corporation, 1984. p. 25-64.
- VIANA, A. R., KOWSMANN, R. O., CADDAH, L. F. G. Architecture and oceanographic controls on the sedimentation of Campos Basin continental slope. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 14, 1994,. Recife. *Abstracts...* Copenhagen: International Association of Sedimentologists, 1994. p. D87.
- VICALVI, M. A. Sedimentos quaternários da plataforma continental e talude do sul do Brasil: estratigrafia e curvas paleoclimáticas. In: PROJETO REMAC. *Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e talude do sul do Brasil*. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DINTEP, 1977. 96 p. p. 27-76. (Projeto REMAC, 2).
- VICALVI, M. A. *Sedimentação no platô do Rio Grande do Norte durante o Quaternário Superior*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1983, 237 p. Dissertação (Mestrado).
- VICALVI, M. A. *Resultados dos estudos micropaleontológicos (foraminíferos) da seção quaternária dos testemunhos 14-PC-06 (campo de Marlim) e Bu-91/GI-05 (campo de Albacora)*. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DIVEX/SEBIPE, 1993. 11 p. (Relatório interno).
- VICALVI, M. A. *Resultados dos estudos dos foraminíferos planctônicos da seção quaternária dos testemunhos Bu-91/GI-07 (campo de Albacora) e Bu-91/GI-10 (campo de Marlim)*. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DIVEX/SEBIPE, 1994. 16 p. (Relatório interno).

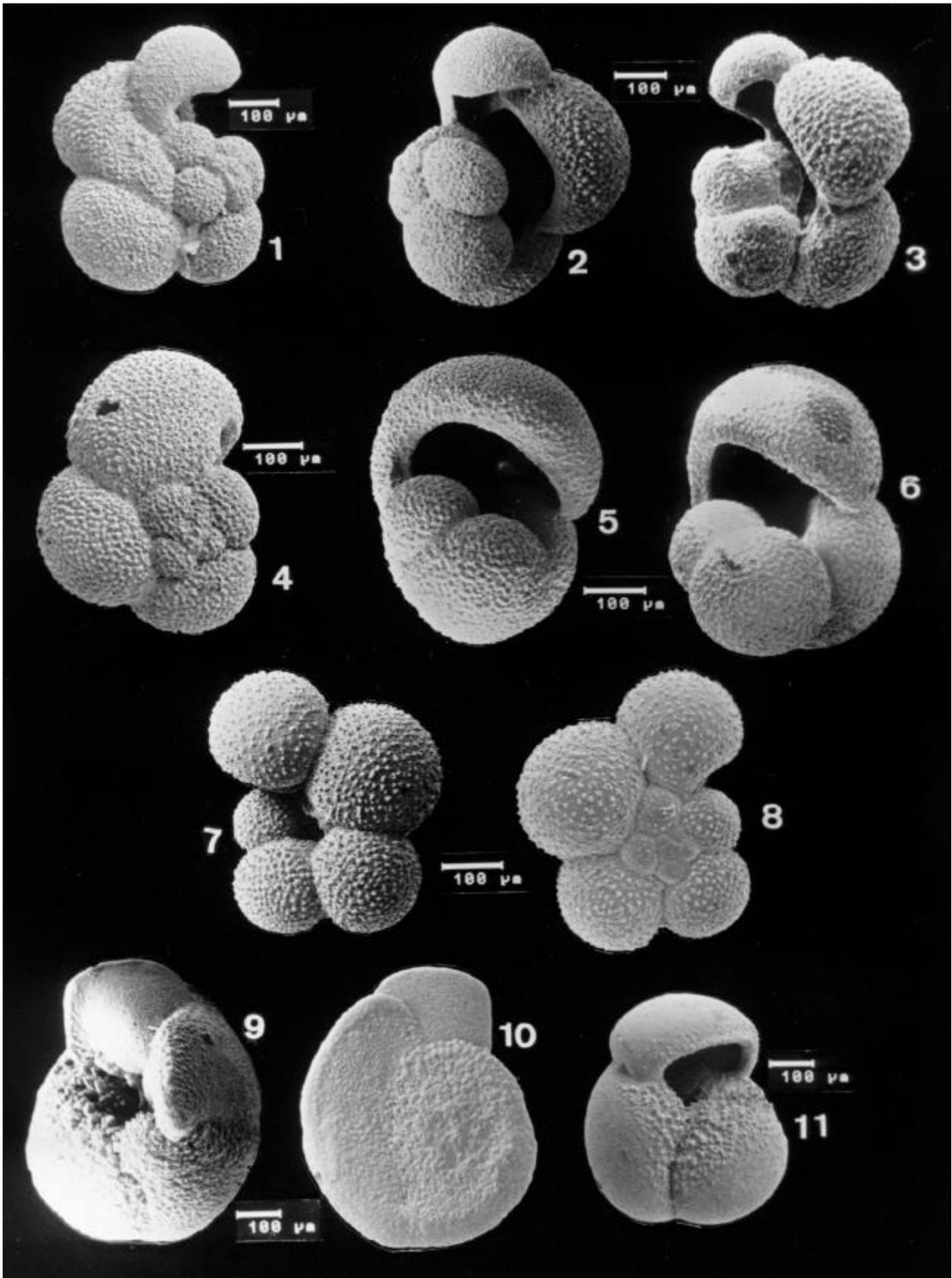
VICALVI, M. A., PALMA, J. J. C. Bioestratigrafia e taxas de acumulação dos sedimentos quaternários do talude e sopé continental entre a foz do rio Gurupi e Fortaleza. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 3-11, 1980.



ESTAMPA 1/PLATE 1

- Fig. 1** - *Globorotalia tumida flexuosa* (Koch), Bu-91/G1-07, 57,60 m.
Figs. 2 e 3 - *Globorotalia tumida flexuosa* (Koch), Bu-91/G1-07, 63,90 m.
Fig. 4 - *Globorotalia menardii* (d'Orbigny) forma *neoflexuosa**, 9-PC-05, 10 cm.
Fig. 5 - *Globorotalia menardii menardii* (Parker, Jones e Brady), 14-PC-08, 0,0cm.
Figs. 6 e 7 - *Globorotalia tumida tumida* (Brady), 9-PC-05, 0,0 cm.
Fig. 8 - *Globorotalia fimbriata* (Brady), 9-PC-05, 0,0 cm.
Fig. 9 - *Pulleniatina primalis* Banner e Blow, 14-PC-08, 180 cm.
Fig. 10 - *Pulleniatina finalis* Banner e Blow, BU-91/G1-07, 18,90 m.
Fig. 11 - *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker e Jones), Bu-91/G1-07, 18,90 cm. (* uso informal).

- Fig. 1** - *Globorotalia tumida flexuosa* (Koch), Bu-91/G1-07, 57,60 m.
Figs. 2 e 3 - *Globorotalia tumida flexuosa* (Koch), Bu-91/G1-07, 63,90 m.
Fig. 4 - *Globorotalia menardii* (d'Orbigny) forma *neoflexuosa**, 9-PC-05, 10 cm.
Fig. 5 - *Globorotalia menardii menardii* (Parker, Jones e Brady), 14-PC-08, 0,0cm.
Figs. 6 e 7 - *Globorotalia tumida tumida* (Brady), 9-PC-05, 0,0 cm.
Fig. 8 - *Globorotalia fimbriata* (Brady), 9-PC-05, 0,0 cm.
Fig. 9 - *Pulleniatina primalis* Banner and Blow, 14-PC-08, 180 cm.
Fig. 10 - *Pulleniatina finalis* Banner and Blow, BU-91/G1-07, 18,90 m.
Fig. 11 - *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker and Jones), Bu-91/G1-07, 18,90 cm. (* informal use).



ESTAMPA 2/PALTE 2

Figs. 1, 2 e 3 - *Globigerina bermudezi* Seiglie, Bu-91/G1-05, 98,10 m.

Figs. 4, 5 e 6 - *Globigerina bermudezi* Seiglie, Bu-91/G1-07, 66,30 m.

Figs. 7 e 8 - *Globigerina calida calida* Parker, 14-PC-06, 240 cm.

Figs. 9 e 10 - *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny), 14-PC-08, 120 cm.

Fig. 11 - *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), 14-PC-08, 120 cm.

*Figs. 1, 2 and 3 - *Globigerina bermudezi** Seiglie, Bu-91/G1-05, 98,10 m.

*Figs. 4, 5 and 6 - *Globigerina bermudezi** Seiglie, Bu-91/G1-07, 66,30 m.

*Figs. 7 and 8 - *Globigerina calida calida** Parker, 14-PC-06, 240 cm.

*Figs. 9 and 10 - *Globorotalia truncatulinoides** (d'Orbigny), 14-PC-08, 120 cm.

*Fig. 11 - *Globorotalia inflata** (d'Orbigny), 14-PC-08, 120 cm.

EXPANDED ABSTRACT

Classic methods to analyse post-Pliocene climatic changes were applied to 1 306 samples taken from three continuously cored geological boreholes and 26 piston cores, collected from the Campos Basin slope.

Planktonic foraminifer species indicating warm and cold waters were selected and their down-core percentages plotted, generating paleoclimatic curves. The comparison of these curves with those from Ericson and Wolin, enabled the identification of several "glacial" and "interglacial" intervals and the dating of the principal climatic events that occurred during the last 145 000 to 150 000 years of the Upper Quaternary in the Campos Basin slope.

Based on the frequency variations of the *Globorotalia menardii* s. l., *Globorotalia inflata* and *Globorotalia truncatulinoides* complemented by observations on the disappearance/reappearance of the *Pulleniatina* complex, it was possible to subdivide the Z (Holocene), Y and X (Pleistocene) zones into 15 subzones (Z1, Z2, Y1, Y2 and X1 to X11). This enabled to refine correlations between cores and improved the estimates of sedimentation rates in the sections studied.

The disappearance of the *Pulleniatina* complex (*P. primalis*, *P. finalis* and *P. obliquiloculata*) in the median section of the Y Zone was established as being approximately 42 000 years. The value adopted here is an average and was based on absolute dates and assuming uniform sedimentation rates. This datum divides the Y Zone into two unequal parts. The upper interval, Subzone Y1, is always smaller, implying lower sedimentation rates than for Subzone Y2. The datum occurs preferentially within facies Lce (greenish gray mud) at variable distances close to its top.

The disappearance of *G. flexuosa* at the top of X Zone identifies another datum, with an age of 84 000 years, coinciding with the end of the last interglacial interval.

In the long cores (geological drill holes) the relative presence/absence/abundance criterion for the *G. menardii* complex enabled the construction of paleoclimatic curves for the sediments deposited over the last 145 000 to 150 000 years (Bu-91/Gl-05), 130 000 to 135 000 years (Bu-91/Gl-07) and 84 000 to 130 000 years (Bu-91/Gl-10). For the first two holes, a maximum of two glacials (zones W and Y) and two interglacials (zones X and Z) were defined. For the latter, two interglacials [zones X(?) and Z] and one glacial (zone Y), or possibly two glacials [zones Z and W(?)] were identified. This doubt arises from the existence of a hiatus at the base of Subzone Y2, where a mass movement deposit occurs that could have removed and incorporated a section of the sediments from the base of Y2 and also from Zone X or even W.

In core Bu-91/Gl-10, the most intense cooling occurred in Subzone Y1 and the fauna recovered in the upper part of Zone X (?) [Subzone X odd (?)] indicates warmer conditions than at present. In cores Bu-91/Gl-05 and Bu-91/Gl-07, in the same way as in Bu-91/Gl-10, the greatest cooling coincides with Subzone Y1. Amongst the Subzones identified for the last complete interglacial interval (Zone X), Subzone X7 is the one which indicates the warmest water conditions.

The relatively short piston cores are useful to establish the Pleistocene/Holocene boundary in various areas of the Campos Basin slope, and where possible indicate the *Pulleniatina* bio-horizon. None of the piston cores reached Zone X. As a result, sedimentation rates were calculated only for Zone Z, and where possible, for Subzone Y1.

The sedimentation rates for Zone Z (Holocene) on the Marlim and Albacora slopes are approximately uniform, varying between 0.22 and 3.63 cm/1 000 years on average. Some exceptions (with up to 15 cm/1 000 years for the São Tomé canyon) are justified by the geographic position of the core in locations with naturally higher sedimentation rates.

Sedimentation rates for subzones Y1 and Y2 in Marlim (74.6 and 249 cm/1 000 years respectively) obtained for Bu-91/Gl-10 is almost twice the rates for the corresponding subzones in Albacora (40 to 140 cm/1 000 years) obtained for Bu-91/Gl-05. This conclusion is essentially valid for the upper slope and was also confirmed by piston cores. Data from piston cores elsewhere on the slope did not confirm the same results.

On the Albacora slope, only one piston core (5-PC-29) reached an adequate depth to calculate the sedimentation rate for Subzone Y1. The remainder were not long enough. On the Marlim slope, the analysis of sedimentation rates obtained for Subzone Y1 from various cores shows that they are lower than the single rate calculated for Albacora.