A scanning electron micrograph (SEM) of a foraminifer, a single-celled organism with a multi-chambered, spherical shell. The shell is covered in a fine, porous, honeycomb-like texture. The image is in grayscale, highlighting the intricate details of the shell's structure.

Zoneamento Paleoclimático do Quaternário
da Bacia de Santos com base em
Foraminíferos Planctônicos

Fabrizio Ferreira

Dissertação de Mestrado submetida ao
Programa de Pós-graduação em Geologia
PPGeo - UNISINOS

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS
Programa de Pós-graduação em Geologia - PPGeo
Laboratório de Micropaleontologia



**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
NÍVEL MESTRADO**

Fabricio Ferreira

**ZONEAMENTO PALEOCLIMÁTICO DO QUATERNÁRIO DA BACIA DE
SANTOS COM BASE EM FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS**

São Leopoldo

2011

Fabricio Ferreira

**ZONEAMENTO PALEOCLIMÁTICO DO QUATERNÁRIO DA BACIA DE
SANTOS COM BASE EM FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Orientador: Prof. Dr. Itamar Ivo Leipnitz

Co-orientador: Dr. Marco Aurélio Vicalvi

São Leopoldo

2011

F386z Ferreira, Fabricio
 Zoneamento paleoclimático do quaternário da Bacia de Santos com
 base em foraminíferos planctônicos / Fabricio Ferreira. -- 2011.
 131 f. : il. ; 30cm.

 Dissertação (mestrado em Geologia) -- Universidade do Vale do Rio
 dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Geologia, São Leopoldo, RS,
 2011.

 Orientador: Prof. Dr. Itamar Ivo Leipnitz; Coorientador: Dr. Marco
 Aurélio Vicalvi.

 1. Geologia. 2. Micropaleontologia. 3. Foraminíferos planctônicos. 4.
 Quaternário. 5. Bacia de Santos. 6. Estratigrafia Isotópica. I. Título. II.
 Leipnitz, Itamar Ivo. II. Vicalvi, Marco Aurélio.

CDU 55

ATESTADO DE APROVAÇÃO

“Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso.”

Albert Einstein

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	I
LISTAS DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS	VI
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
3. QUATERNÁRIO	6
4. FORAMINÍFEROS	10
4.1. Foraminíferos planctônicos e a bioestratigrafia do Quaternário.....	10
4.2. Espécies utilizadas para a bioestratigrafia do Quaternário	15
5. ÁREA DE ESTUDO	22
5.1. Bacia de Santos	22
5.2. Contexto fisiográfico da Bacia de Santos	23
5.3. Contexto oceanográfico da Bacia de Santos	25
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
6.1. Material de estudo:.....	30

6.2. Amostragem e tratamento das amostras	31
6.3. Análises qualitativas, quantitativas e zoneamento climático	33
7. RESULTADOS	36
7.1. Testemunho BS-C	37
7.2. Testemunho BS-D	64
7.3. Correlação entre os testemunhos.....	89
8. DISCUSSÃO	91
8.1. Globorotalia inflata	96
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
10. ANEXO 1: TABELAS	100
11. REFERÊNCIAS	105
12. ANEXO 2: ARTIGO CIENTÍFICO.....	116

AGRADECIMENTOS

Pela ajuda prestada para a realização deste projeto, apresento meus profundos
agradecimentos:

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Itamar Ivo Leipnitz, pelo empenho, dedicação e
entusiasmo, sem os quais esta dissertação não haveria ocorrido.

Ao Dr. Marco Aurélio Vicalvi, pelas discussões técnico-científicas, disposição e
constante incentivo.

A Dra. Renata G. Netto e Dra. Tânia L. Dutra, pelas inúmeras sugestões, correções e
instrutivas discussões científicas.

A Universidade do Vale do Rio dos Sinos e ao Programa de Pós-Graduação em
Geologia, através do coordenador Prof. Dr. Ubiratan F. Faccini, pela concessão da bolsa
de estudos que possibilitou a realização do mestrado.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação Juliano Schimit, por todo seu empenho e
prestatividade.

A PETROBRAS através da Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia Aplicada, em especial aos amigos Oscar Strohschoen Jr., Elizabete Pedrão, Antonio Henrique Saião Sanjinés e Rogério S. Martins da Costa, pela disponibilização das amostras, incessantes incentivos e todo suporte técnico prestado.

Ao Prof. Dr. Felipe A. L. Toledo e Profa. Dra. Karen Costa, do Laboratório de Paleooceanografia do Atlântico Sul (LAPAS/IO-USP) pelo acolhimento e esclarecedoras discussões.

Aos amigos, Carolina Jardim Leão, Thièrs P. Wilberger, Cristine Trevisan, Alex B. Duarte, Marcus L. Vieira pelo apoio nas horas difíceis.

Ao colega e amigo Guilherme Krahl pela parceria e apoio prestado.

A minha família (pai, mãe e irmão), pelo suporte emocional e compreensão incondicional.

A Lisiê S. Sana, que inspira cada passo meu.

Ao concluir mais uma etapa da vida, são muitas as pessoas que tenho a agradecer e mesmo que seus nomes não tenham sido citados, suas contribuições foram fundamentais para o sucesso desta pesquisa. Sendo assim, agradeço a todos os demais familiares, amigos e colegas de profissão que de forma direta ou indireta também contribuíram para a conclusão deste trabalho.

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1.** Proposta para a formalização da alteração da base do Sistema/Período Quaternário e da Sério/Época Pleitoceno para o limite inferior do Estágio/Idade Gelasio apresentada por Ogg & Pillans (2008), posteriormente formalizada junto a IUGS com a publicação de Gibbard *et al.* (2010). 8
- Figura 2.** Testemunho de gelo NorthGRIP (NGRIP) utilizado por Walker *et al.* (2009) para ratificar a seção tipo do Holoceno; idade estimada em 11,7 (± 99 yr.)..... 9
- Figura 3.** Espécies de foraminíferos planctônicos utilizadas para o zoneamento bioestratigráfico do Quaternário da Bacia de Santos. A-C, *Globorotalia menardii menardii*; D-E, *Globorotalia fimbriata*; F-H, *Globorotalia tumida*; I-J, *Globorotalia menardii flexuosa*; K-L, *Pulleniatina obliquiloculata*; M-O, *Globorotalia inflata*; P-R, *Globorotalia truncatulinoides*; S-T, *Neogloboquadrina dutertrei*; U-W, *Globorotalia crassaformis*; X, *Globigerinoides conglobatus*; Y, *Orbulina universa*. Barra de escala: 100 μ m. 19
- Figura 4.** Mapa de localização da bacia de Santos e dos testemunhos BS-C e BS-D (modificado de Nunes *et al.*, 2004). 23
- Figura 5.** Carta estratigráfica da Bacia de Santos, segundo Moreira *et al.* (2007); Formações: CAM - Camboriú; PIÇ - Piçarras; ITP - Itapema; BVE – Barra Velha; ARI - Ariri; FLO – Florianópolis; GUA – Guarujá; ITN - Itanhaém; ITA – Itajaí-Açu; SAN - Santos; JUR - Juréia; PAG – Ponta Aguda; IGP - Iguape; MAR – Marambaia..... 24
- Figura 6.** A. Mapa de localização dos testemunhos e principais massas d’água atuantes na região; B. Distribuição vertical das massas d’água atuantes na Bacia de Santos (modificado de Duarte & Viana, 2007). 26

Figura 7. Perfil litológico e amostras retiradas dos testemunhos BS-C e BS-D.	32
Figura 8. Bioestratigrafia do testemunhos BS-C baseado no zoneamento climático de Ericson & Wollin (1968); datuns globais (Damuth, 1975) e locais (Vicalvi, 1997, 1999; este trabalho); abundância relativa das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas; abundância relativa de foraminíferos bentônicos e número total de foraminíferos (FP+FB) por gr/sed.....	44
Figura 9. Arcabouço bioestratigráfico do testemunho BS-C. Idade (ka); Série/Época; Zonas de Blow (Blow, 1969) e de Bolli & Premoli Silva (1973); Zoneamento climático de Ericson & Wollin (1968); <i>Datuns</i> locais, globais e abundância relativa média das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas.....	51
Figura 10. Bioestratigrafia do testemunhos BS-D baseado no zoneamento climático de Ericson & Wollin (1968); datuns globais (Damuth, 1975) e locais (Vicalvi, 1997, 1999; este trabalho); abundância relativa das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas; abundância relativa de foraminíferos bentônicos e número total de foraminíferos (FP+FB) por gr/sed.....	74
Figura 11. Arcabouço bioestratigráfico do testemunho BS-D. Idade (ka); Série/Época; Zonas de Blow (Blow, 1969) e de Bolli & Premoli Silva (1973); Zoneamento climático de Ericson & Wollin (1968); <i>Datuns</i> locais, globais e abundância relativa média das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas.....	86
Figura 12. Correlação bioestratigráfica entre os testemunhos BS-C e BS-D.....	90
Figura 13. Arcabouço biocronoestratigráfico do Quaternário da Bacia de Santos e abundância relativa média (%) das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas nos testemunhos BS-C e BS-D.	93

Figura 14. Abundância relativa média (%) do plexo *Globorotalia menardii* e da espécie *Globorotalia inflata* ao longo dos intervalos interglaciais e glaciais reconhecidos nos testemunhos BS-C e BS-D da Bacia de Santos. 97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Testemunhos analisados (BS-C e BS-D) e suas localizações geográficas, profundidades de coleta (lâmina d'água), recuperação (m) e número de amostras recuperadas.....	30
Tabela 2. Zonas, subzonas e horizontes de correlação identificados e localização (profundidade - m) no testemunho BS-C.	38
Tabela 3. Abundância absoluta dos foraminíferos planctônicos selecionados para a realização do zoneamento climático do testemunho BS-C.	101
Tabela 4. Abundância relativa dos foraminíferos planctônicos selecionados para a realização do zoneamento climático do testemunho BS-C.	102
Tabela 5. Zonas, subzonas e horizontes de correlação identificados e localização (profundidade - m) no testemunho BS-D.....	65
Tabela 6. Abundância absoluta dos foraminíferos planctônicos selecionados para a realização do zoneamento climático do testemunho BS-D.	103
Tabela 7. Abundância relativa dos foraminíferos planctônicos selecionados para a realização do zoneamento climático do testemunho BS-D.	102

RESUMO

O zoneamento climático estabelecido a partir de foraminíferos planctônicos para dois testemunhos coletados no talude da bacia de Santos demonstrou o registro das oscilações climáticas dos últimos ~620 ka. Foram reconhecidas sete zonas e 14 subzonas, representadas por intervalos glaciais (zonas U, W e Y; subzonas U2, U1, W2, W1, Y2, Y1B e Y1A) e interglaciais (zonas T, V e X; subzonas V3, V2B, V2A, V1, X3 a X1) do Pleistoceno e o Holoceno (Zona Z). O plexo *Pulleniatina* permitiu a divisão da subzona V2 em duas (V2B e V2A) e forneceu ao longo das subzonas V3 e V2 oito horizontes para a correlação regional. O controle do sentido de enrolamento de *Globorotalia truncatulinoides* auxiliou o reconhecimento dos limites entre as subzonas U2/U1, V2B/V2A, X3/X2 e X2/X1, demonstrando ser uma ferramenta útil para o refinamento das zona/subzonas do Quaternário. A permanente presença de *Globorotalia inflata* sugere uma constante influência de águas frias e produtivas ao longo dos últimos ~620 ka, em especial na região sul da área de estudo.

Palavras-chave: Micropaleontologia; Foraminíferos planctônicos; Quaternário; Bacia de Santos; Estratigrafia Isotópica; Correlação Gráfica.

ABSTRACT

QUATERNARY PALEOCLIMATIC ZONATION OF SANTOS BASIN BASED ON PLANKTONIC FORAMINIFERA. The climatic zones based on planktonic foraminifera, from two piston cores collected on the slope of the Santos Basin, has shown the record of climate oscillations over the last ~ 620 ka. Were recognized seven zones and 14 subzones, represented by glacial (zones U, W and Y; subzones U2, U1, W2, W1, Y2, Y1B, Y1A) and interglacial interval (zones T, V and X; subzones V3, V2B, V2A, V1, X1 to X3) of Pleistocene and the Holocene (zone Z). The *Pulleniatina* plexus permitted the division of subzone V2 into two (V2B and V2A) and provides eight regional correlation horizon along the subzones V3 and V2. The coiling direction of *Globorotalia truncatulinoides* helped the recognition of boundaries between subzones U2/U1, V2B/V2A, X3/X2 and X2/X1, showing as useful tool for the refinement of the zones and subzones of the Quaternary. The permanent presence of *Globorotalia inflata* suggests a constant influence of cold and productive waters over the past ~ 620 ka, especially in the southern of the study area.

Key Words: Micropaleontology; Planktonic Foraminifera; Quaternary; Santos Basin; Isotope Stratigraphy; Graphic Correlation.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda global por recursos energéticos tem direcionado o interesse exploratório das companhias petrolíferas para as bacias oceânicas localizadas sob lâminas d'águas consideradas profundas e ultra-profundas. No entanto, para que este processo ocorra com sucesso, se faz necessária a aquisição de um conjunto de dados e informações sobre estas regiões e a seqüência de eventos ocorridos em seu passado geológico (Vicalvi, 1999; Sanjinés, 2006). Devido a sua importância no cenário nacional em termos de hidrocarbonetos, a margem continental brasileira vem sendo alvo de diversas pesquisas relacionadas a bioestratigrafia, a paleoecologia e a paleoceanografia, principalmente em intervalos pré-pliocênicos (Vicalvi, 1997, 1999; Anjos & Carrenõ, 2004; Portilho-Ramos *et al.*, 2006; Toledo *et al.*, 2007). Figurando entre as bacias mais importantes do país e considerada uma das mais promissoras para a exploração de óleo e gás natural, a bacia de Santos tem recebido nos últimos anos considerável atenção da indústria do petróleo, onde os estudos relacionados à formação/evolução dos diferentes intervalos se fazem necessários (Modica & Brush, 2004; TN Petróleo, 2009).

O estudo da fauna de foraminíferos tem se mostrado uma das ferramentas mais importantes para o sucesso da indústria petrolífera, pois permite tanto a determinação da idade relativa de rochas e sedimentos, quanto a definição de parâmetros ambientais ocorridos ao longo de sua deposição (batimetria, temperatura, salinidade e produtividade), possibilitando o reconhecimento de lacunas e hiatos, além de possíveis escorregamentos e retrabalhamentos que poderiam afetar a segurança de instalações como plataformas de perfuração e dutos submarinos de óleo e gás (Emiliani, 1955, 1972; Dias-Brito, 1989; Boltovskoy *et al.*, 1996; Antunes & Melo, 2001). Os foraminíferos (bentônicos e

planctônicos) ainda permitem a extração de dados geoquímicos de sua carapaça, como isótopos de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e carbono ($\delta^{13}\text{C}$), além de metais traços como magnésio e cádmio. O estudo destes elementos é aplicado principalmente às reconstruções paleoclimáticas, paleoceanográficas e ao refinamento e correlações entre seções (Mullitz *et al.*, 1998, 1999; Oppo & Horowitz, 2000; Elderfield & Ganssen, 2000; Russel *et al.*, 2004).

Os foraminíferos planctônicos desempenham um papel fundamental para a bioestratigrafia, principalmente por serem cosmopolitas (habitando todos os oceanos), estarem presentes em grande quantidade em pequeno volume de sedimento, possuir uma carapaça que é facilmente preservada em sedimentos marinhos, serem altamente sensíveis a alterações ambientais e possuírem elevada taxa de evolução. Todas estas características permitem a reconstrução das condições paleoceanográficas e paleoclimáticas, além do estabelecimento de correlações biocronoestratigráficas (Bé, 1959; Boltovskoy, 1962, 1965, 1969; Boltovskoy *et al.*, 1996; Vicalvi, 1999; Antunes & Melo, 2001). Ao longo do Cenozóico, a evolução dos foraminíferos planctônicos ocorreu com uma média de 1,5 novos aparecimentos e 1,3 extinções por milhão de anos, permitindo assim a formulação de distintos esquemas biocronoestratigráficos utilizados para o refinamento dos últimos 65 Ma (Blow, 1969; Thunell, 1984; Bolli & Premoli Silva, 1973; Stainforth *et al.*, 1975; Bolli & Saunders, 1985). Apesar de fornecerem uma resolução satisfatória para o Cenozóico, os eventos de primeira e última ocorrência de espécies, mostram-se inadequados para a subdivisão do Quaternário e resumem-se a primeira ocorrência de *Globorotalia truncatulinoides*, o último aparecimento de *Globigerinoides obliquus* e a extinção do gênero de nanofóssil calcário *Discoaster*. Estes eventos são utilizados para a definição do limite Plioceno/Pleistoceno e provavelmente são os dois eventos evolutivos mais recentes que ocorreram com os

foraminíferos planctônicos e que podem ser utilizados como marcadores globais (Ericson & Wollin, 1968; Boltovskoy, 1973; Stainforth *et al.*, 1975; Thunell, 1984; Bolli & Saunders, 1985).

Atualmente, os foraminíferos estão dividido em 15 ordens de foraminíferos bentônicos e apenas uma de foraminíferos planctônicos (ordem *Globigerinida*), sendo somente as espécies de foraminíferos planctônicos pertencentes à superfamília *Globorotaliacea* e as famílias *Globorotaliidae* e *Pulleniatinidae* utilizadas para a formulação de esquemas bioestratigráficos do Quaternário (Sen Gupta, 1999). A avaliação deste conjunto de espécies permitiu indicar com precisão as oscilações climáticas características do Quaternário (2,58 Ma; Gibbard *et al.*, 2010), representadas por eventos glaciais e interglaciais ocorridos ao longo do Pleistoceno/Holoceno. Estes eventos foram reconhecidos inicialmente no Atlântico Equatorial por Schott (1935), onde o autor sugere como fator responsável pela variação vertical observada na espécie *Globorotalia menardii* as oscilações climáticas, em especial a temperatura. Desde então, este enfoque tem sido utilizado e validado (Phleger *et al.*, 1953; Ericson & Wollin, 1956a, 1956b; Ericson *et al.*, 1961; Lidz, 1966). Ericson & Wollin (1968) dividiram o Quaternário em nove zonas e as nomearam por ordem de idade de Q a Z, onde as zonas Q, S, U, W e Y representam intervalos climaticamente frios (glaciais), enquanto R, T, V e X representam os intervalos de clima quente (interglaciais) do Pleistoceno e a Zona Z o Holoceno (pós-glacial).

O método (zoneamento climático) utilizado por Ericson & Wollin (1968) permitiu uma resolução inicial aproximada de 300 ka por unidade (zona), no entanto, com o acúmulo de informações relacionadas aos fatores ecológicos limitantes a distribuição dos foraminíferos planctônicos e a busca por abordagens alternativas, como a utilização de um número maior de espécies e a identificação de caracteres

morfológicos (e.g. sentido de enrolamento de *Globorotalia truncatulinoides*) que podem auxiliar o reconhecimento do limite entre zonas e subzonas, a resolução de muitos intervalos foi melhorada, chegando a um média aproximada de 100 ka por unidade para os últimos 2,58 Ma (Kennett & Huddleston, 1972a; Neff, 1985; Martin *et al.*, 1990; Boltovskoy *et al.*, 1996; Vicalvi, 1999; Schmidt *et al.*, 2004; Chiessi *et al.*, 2007; Martinez *et al.*, 2007; Toledo *et al.*, 2007). Nas bacias brasileiras o zoneamento baseado na presença/ausência/abundância relativa de espécies e/ou associações chaves de foraminíferos planctônicos, como os plexos *Globorotalia menardii* e *Pulleniatina* e a espécie *Globorotalia inflata*, vem permitindo a correlação regional entre seções e auxiliado no estudo da evolução e dos eventos associados às bacias sedimentares. No entanto, até o momento, os zoneamentos realizados nas bacias brasileiras abrangem apenas o intervalo mais recente do período (~186 ka), representado pelas zonas W, X, Y e Z (Vicalvi & Palma, 1980; Rodrigues & Carvalho, 1980; Vicalvi, 1977, 1997, 1999; Toledo, 2000; Portilho-Ramos, 2003, 2010; Portilho-Ramos *et al.*, 2006; Sanjinés, 2006; Oliveira *et al.*, 2007; Araújo & Machado, 2008).

Ao longo deste estudo serão apresentados os resultados da investigação bioestratigráfica de dois testemunhos coletados no talude da Bacia de Santos, dos quais foram recuperados os registros das alterações ocorridas na fauna de foraminíferos planctônicos dos últimos ~ 620 ka, possibilitando o reconhecimento dos últimos três estágios glaciais e interglaciais do Pleistoceno e o Holoceno.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo estabelecer e caracterizar o arcabouço biocronoestratigráfico do Quaternário do talude da bacia de Santos, utilizando os testemunhos BS-C e BS-D como base. Para isso pretende-se:

- Estabelecer o zoneamento climático com base em foraminíferos planctônicos;
- Correlacionar os testemunhos a partir do zoneamento climático estabelecido;
- Caracterizar as zonas e subzonas identificadas.

3. QUATERNÁRIO

Reconhecido desde o final do século XVIII o termo “*Quaternary*” originalmente foi utilizado por Giovanni Arduino (1714-1795). Considerado um dos fundadores da estratigrafia, estabeleceu as bases da Cronoestratigrafia (“*Stratigraphical Chronology*”) através da observação das características geológicas de diferentes camadas. Seu trabalho “*Two letters over several directed natural observations*” foi apresentado ao Prof. A. Vallisneri em 1759, onde identificou e separou quatro estratos organizados um a cima do outro, classificando-os em quatro grandes “ordens” “*Primary*”, “*Secondary*”, “*Tertiary*” e “*Quaternary*” (SQS, 2010).

Posteriormente empregado por Desnoyers (1829), o termo “*Quaternary*” foi utilizado para designar depósitos de sedimentos aluviais e marinhos com associações de fósseis de animais e vegetais com representantes modernos, situados sobre o Terciário da Bacia do Siena, em Paris (França) (Suguio *et al.*, 2005).

Em 1833 Lyell subdivide o período Terciário nas épocas Eoceno, Mioceno e Plioceno, denominando de Recente (“*Recent*”) os sedimentos Pós-Terciário, ignorando desta forma, o termo proposto por Desnoyers. Em seguida (1839) o mesmo autor propõe o termo “*Pleistocene*” para depósitos Pós-Pliocênicos, utilizando como base fósseis de moluscos que apresentam cerca de 70% de representantes modernos. No mesmo ano Henri Rebul publicou em Paris seu trabalho “*Géologie del periode quaternaire*”, onde apresenta o Quaternário como “*terrains characterised by animal and plant species that resemble those that ar living today in the same places*” (SQS, 2010).

Alguns autores atribuem a Adolphe Morlot a primeira tentativa de formalização o termo “*Quaternär*” em 1854, onde em seu trabalho realizado em Bern (Suíça) discute os diferentes significados que o termo obteve desde o início de sua utilização e o seu

desenvolvimento (SQS, 2010). Em 1867 Gervais propõe a alteração do termo “*Recent*” para “*Holocene*”, designando assim os depósitos pós-dilúvio com correspondência aproximada ao período pós-glacial onde a associação fossilífera possui correspondentes vivos. Sua proposição foi aceita no “*International Geological Congress*” em 1885. Atualmente a ICS (*International Comision Stratigraphy*) desencoraja a utilização do termo “Recente” como sinônimo de Holoceno.

Mesmo amplamente difundidos na literatura e consagrados na comunidade científica os termos Quaternário, Pleistoceno e Holoceno, provocam dúvidas a respeito de seu posicionamento, *status* e intervalos de tempo na Tabela de Tempo Geológica. As escalas publicadas pela *International Comission on Stratigraphy* (ICS) em 1989 e 2000 eliminaram o termo “Terciário”. Em 2004, essa comissão publicou sua escala sem a presença do “Quaternário”, termo visto por alguns pesquisadores como arcaico e ambíguo (Berggren *et al.*, 1995; Gradstein *et al.*, 2004; Gibbard & Van Kolfshoten, 2005; Suguio *et al.*, 2005; Salvador, 2006).

Com o objetivo de assegurar o posicionamento do Quaternário como um Sistema/Período formal da Tabela de Tempo Geológico, tendo seu limite aceito como referência global a ICS e a *Subcommission on Quaternary Stratigraphy* (SQS) em conjunto com a *International Union for Quaternary Research* (INQUA) apresentou uma série de propostas para a formalização do Quaternário como um Sistema/Período (Gibbard *et al.*, 2005; Bowen & Gibbard, 2007; Head *et al.*, 2008; Ogg & Pillans, 2008).

As publicações de Gibbard & Head (2009a, 2009b) oficializam a proposição de alteração da base do Sistema/Período Quaternário e da Série/Época Pleistoceno para o limite inferior do Estágio/Idade Gelasiano. A seção tipo (*Global Stratotype Section and Point – GSSP*) está localizada no Monte São Nicola (Monte San Nicola) na Sicília

(Itália) com idade de 2.58 Ma, definido como limite inferior do Gelasiano, Pleistoceno e Quaternário (Figura 1). A publicação de Gibbard *et al.* (2010) formaliza a aceitação desta proposta junto a *International Union of Geological Sciences* (IUGS).

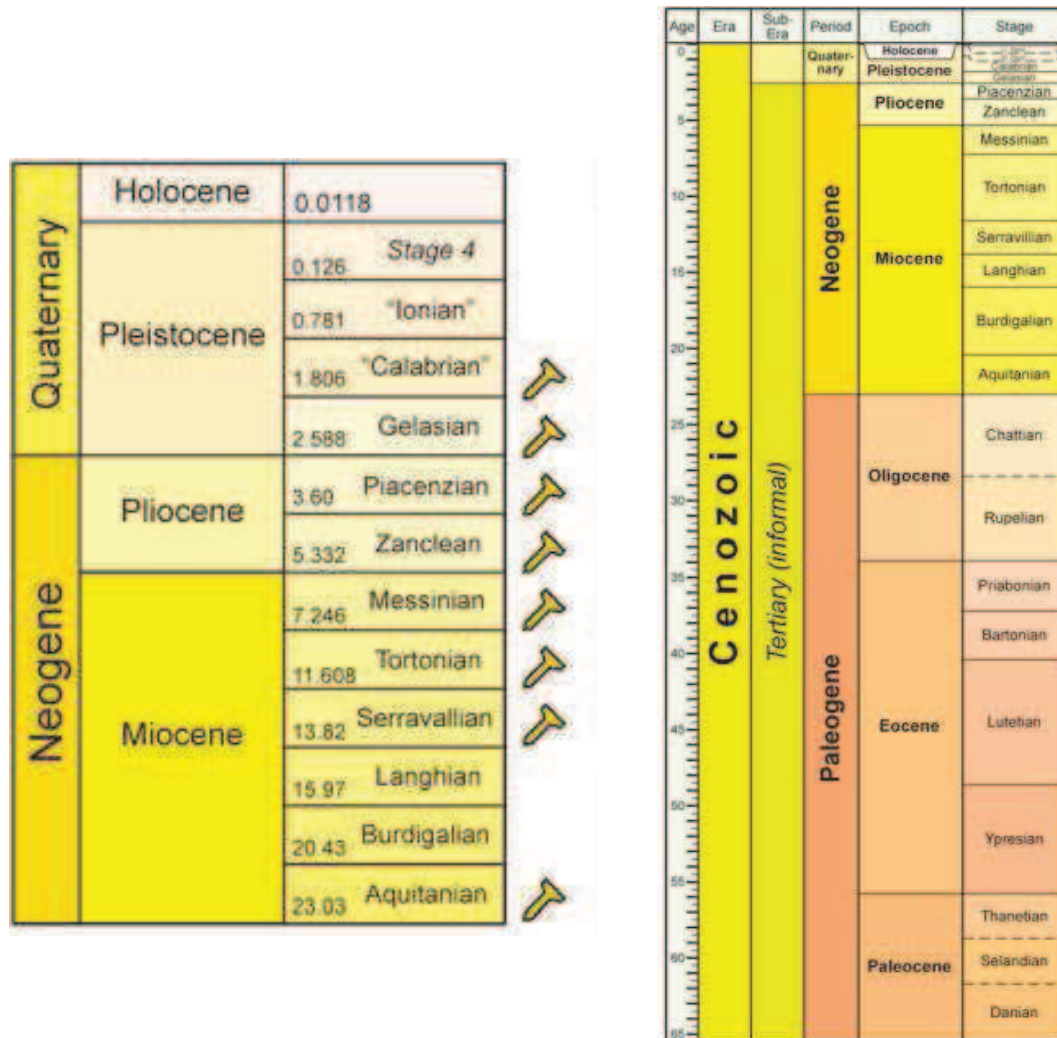


Figura 1. Proposta para a formalização da alteração da base do Sistema/Período Quaternário e da Sério/Época Pleitoceno para o limite inferior do Estágio/Idade Gelasiano apresentada por Ogg & Pillans (2008), posteriormente formalizada junto a IUGS com a publicação de Gibbard *et al.* (2010).

A publicação de Walker *et al.* (2009) ratifica como seção-tipo (GSSP) do Holoceno um testemunho do NorthGRIP (NGRIP), que apresenta o registro climático do limite Pleistoceno/Holoceno com alta resolução e clareza. Suas análises revelaram o primeiro sinal de aquecimento climático no final da última idade glacial. Este evento reflete uma abrupta mudança nos valores de Deutério (isótopo estável do hidrogênio), acompanhado por gradual alteração na concentração de ($\delta^{18}\text{O}$). Sua idade foi estimada

em 11,7 (± 99 yr.) Ka através da contagem e análise de diferentes parâmetros existentes nas camadas de gelo (Figura 2).

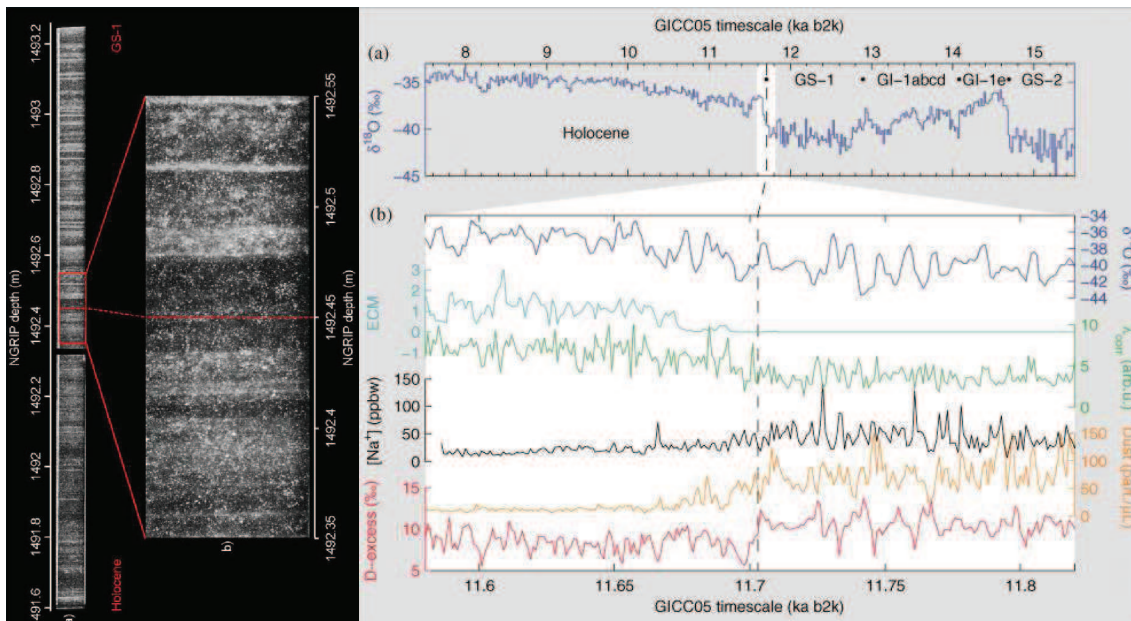


Figura 2. Testemunho de gelo NorthGRIP (NGRIP) utilizado por Walker *et al.* (2009) para ratificar a seção tipo do Holoceno; idade estimada em 11,7 (± 99 yr.).

Para o presente estudo será utilizada a proposta apresentada por Gibbard *et al.* (2010) na qual o Quaternário é enquadrado como Sistema/Período e o Pleistoceno/Holoceno como Série/Época, onde a base do Quaternário e do Pleistoceno é datada em 2.58 Ma e a base do Holoceno em 11.7 Ka (Walker *et al.*, 2009).

4. FORAMINÍFEROS

4.1. Foraminíferos planctônicos e a bioestratigrafia do Quaternário

Nos continentes, os registros geológicos das oscilações climáticas que caracterizam o Quaternário são evidentes, principalmente na América do Norte e Europa. Embora estes registros tenham fornecido inegável contribuição para a reconstrução da história geológica deste período, as evidências observadas em registros continentais são incompletas, impossibilitando a construção de um modelo de amplitude temporal satisfatória (Duleba *et al.*, 2003). A busca por maiores informações direcionou as pesquisas para as bacias oceânicas, onde indiscutivelmente o registro geológico destes eventos está preservado de forma quase contínua. Desde então, muitos testemunhos tem sido coletados do fundo oceânico, em busca de informações paleoambientais e estratigráficas (Ericson & Wollin, 1956a; Vicalvi, 1999; Duleba *et al.*, 2003). Em especial, as regiões profundas dos oceanos apresentam uma sedimentação lenta e contínua de partículas muito finas, associadas a microorganismos sensíveis a alterações climáticas, como os foraminíferos planctônicos, promovendo assim o mecanismo ideal para a preservação do registro das oscilações climáticas ocorridas ao longo da formação/evolução da área estudada (Ericson & Wollin, 1968; Vicalvi, 1999; Gibbard *et al.*, 2010).

Em decorrência do curto período de tempo representado pelo Quaternário e a virtual ausência de marcos evolutivos ao longo deste período, houve a necessidade de se buscar uma abordagem alternativa para a sua subdivisão. Esta nova visão nasceu a partir do reconhecimento de eventos de expansão e retração da distribuição geográfica de algumas espécies de foraminíferos planctônicos, que em sua essência, representam eventos migratórios não-evolutivos (desaparecimento e reaparecimento) ocorridos em

resposta às oscilações climáticas e/ou oceanográficas (Bé *et al.*, 1976; Thunell, 1984). Segundo Vicalvi (1999), muitos destes eventos apresentam significado regional apenas e podem ser enquadrados no termo “*Ecozona*” cunhado por Vella (1964). Em sua forma mais simples, as oscilações ambientais podem ser identificadas a partir do controle de presença/ausência/abundância relativa de determinadas espécies planctônicas que possuem diferentes graus de sensibilidade às variações ocorridas no meio (Vicalvi, 1999).

Ericson & Wollin (1968) publicaram os resultados do estudo de dez testemunhos coletados no Golfo do México, Mar do Caribe e Oceano Atlântico, onde definiram quatro zonas glaciais e três interglaciais, baseados na variação de abundância do plexo *Globorotalia menardii* (*G. menardii*, *G. tumida* e *G. menardii flexuosa*), designando-as pelas letras Q (glacial), R (interglacial), S (glacial), T (interglacial); U (glacial), V (interglacial), W, X, Y (glacial) e Z (pós-glacial), em ordem decrescente de idade. A validade e a aplicação das oscilações de abundância do plexo *G. menardii* como ferramenta bioestratigráfica e paleoclimática tem sido desde então confirmada por numerosos trabalhos (Kennett & Huddleston, 1972a, 1972b; Damuth, 1975; Bé *et al.*, 1976; Prell & Damuth, 1978; Thunell, 1984; Martin *et al.*, 1990, 1993; Vicalvi, 1997, 1999; Kohl *et al.*, 2004; Sanjinés, 2006; Portilho-Ramos *et al.* 2006; Oliveira *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2010; Portilho-Ramos *et al.*, 2010).

Neste contexto, merece destaque o trabalho realizado por Kennett & Huddleston (1972a) no Golfo do México, onde os autores reconheceram quatro zonas (W a Z) de Ericson & Wollin (1968) e subdividem estas zonas em 17 subzonas (W2 e W1; X5 a X1; Y8 a Y1; Z2 e Z1), aumentando a resolução alcançada pelo zoneamento climático dos últimos 186 ka. Os autores confirmaram o *datum Globorotalia menardii flexuosa* ocorrido no final do último episódio interglacial do Pleistoceno (Zona X), evento este,

reconhecido e datado por Damuth (1975) em 84 ka. Poucos estudos apresentam informações sobre as zonas mais antigas do Pleistoceno, podendo ser destacados os trabalhos de Neff (1985) e Martin *et al.* (1990, 1993), realizados com testemunhos provenientes do Golfo do México, Mar do Caribe e Oceano Atlântico. Os autores subdividiram as zonas Q, R, S, T, U e V em 16 subzonas, aumentando assim a resolução das zonas mais antigas do Pleistoceno, que passaram de uma média de 300 ka para aproximadamente 100 ka por unidade. Destaca-se ainda o trabalho realizado por Kohl *et al.* (2004) no Golfo do México, que identificou e correlacionou as zonas de T a Z com os estágios isotópicos de 1 a 15 (MIS 1-15).

No Brasil, os estudos iniciaram na década de 1970 e início de 1980, onde se destacam os trabalhos de Boltovskoy (1973), Vicalvi (1977), Vicalvi *et al.* (1977, 1978), Kowsmann & Costa (1979) e Vicalvi & Palma (1980). Estes autores estabeleceram os fundamentos da estratigrafia quaternária para o Atlântico Sul, associando a litoestratigrafia e a bioestratigrafia dos sedimentos da margem brasileira às oscilações climáticas e eustáticas dos últimos 130 ka. Estes trabalhos pioneiros, aliados aos resultados de diversos estudos sedimentológicos, geoquímicos e geomorfológicos, subsidiaram a elaboração de um modelo de evolução sedimentar da margem continental brasileira, bem como de uma curva eustática para os últimos 16 ka (Kowsmann & Costa, 1979; Duleba *et al.*, 2003).

Boltovskoy (1973) utilizou a flutuação observada nas diferentes espécies de foraminíferos planctônicos para construir curvas climáticas e, desta forma, identificar os limites Plioceno/Pleistoceno e Pleistoceno/Holoceno em sedimentos do Atlântico Sul. Em seguida, Bé *et al.* (1976) analisando testemunhos do Atlântico Equatorial, reconheceram o último reaparecimento de *Pulleniatina obliquiloculata* na parte superior da zona Y (glacial), e dataram este marco em 15 ka. Este evento foi designado de bio-

horizonte *P. obliquiloculata* ($Y_{P.obliq.}$) por Prell & Damuth (1978) e representa um aquecimento gradual dos oceanos com idades variando de 60 ka no Golfo do México, para 50 ka no Caribe Ocidental e 35 ka no Atlântico Equatorial. Thunell (1984) confirma o *datum* de desaparecimento de *Globorotalia menardii flexuosa* ao final da Zona X no Golfo do México.

Vicalvi (1977) elaborou estudos bioestratigráficos e paleoclimáticos observando as variações regionais ocorridas ao longo do Quaternário em testemunhos do talude continental Sul Brasileiro, onde identificou três intervalos paleoclimáticos. Estes intervalos correspondem ao último interglacial e glacial do Pleistoceno e ao pós-glacial representado pelo Holoceno e podem ser correlacionados com as zonas X, Y e Z respectivamente. Vicalvi *et al.* (1977, 1978) utilizaram a bioestratigrafia baseada em foraminíferos planctônicos para elaborar reconstruções paleoambientais dos sedimentos quaternários da plataforma continental de São Paulo e Abrolhos, enquanto Vicalvi & Palma (1980) estabeleceram o biozoneamento e a taxa de acumulação dos sedimentos quaternários de oito testemunhos coletados no talude e sopé continental entre a foz do rio Gurupi (MA) e Fortaleza (CE) onde identificaram as três biozonas (X, Y e Z). Rodrigues & Carvalho (1980) obtiveram curvas paleoclimáticas com base em foraminíferos planctônicos e bentônicos ao longo da plataforma sul-brasileira.

Os trabalhos de Vicalvi (1997, 1999) representam a base para a interpretação dos eventos bioestratigráficos ocorridos nas bacias brasileiras. Nestes trabalhos, o autor propõe um zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático para o talude da Bacia de Campos e Platô de São Paulo com base na presença/ausência/abundância relativa do plexo *Globorotalia menardii*, complementado com observações nos valores percentuais de *G. inflata*, *G. truncatulinoides*, com o controle dos desaparecimentos/reaparecimentos do plexo *Pulleniatina* e o desaparecimento de *G. m. flexuosa*. O autor

inclui a espécie *G. fimbriata* no plexo *G. menardii*, e utiliza esta espécie como indicadora de sedimentos holocênicos (zona Z). Em 1997, o autor subdividiu as zonas X, Y pertencentes ao Pleistoceno e Z (Holoceno) em 15 subzonas (X11 a X1, Y2, Y1, Z2 e Z1). Já em 1999, o autor reconheceu 18 distintas subzonas pertencentes às zonas pleistocênicas (W, X e Y) e holocênicas (Z), subdividindo a zona X em 11 subzonas (X11a X1) e a zona Z em duas (Z2 e Z1). O controle da abundância do plexo *Pulleniatina* realizado por Vicalvi (1999), fundamentou a divisão da zona Y em cinco subzonas (Y5 a Y1) e o reconhecimento de mais três horizontes de correlação baseados neste plexo.

Com enfoque paleoceanográfico, Toledo (2000) observou as oscilações ocorridas no Atlântico Sul nos últimos 30 ka, correlacionando isótopos de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) com foraminíferos planctônicos e nanofósseis calcários. Barbosa (2002) avaliou a abundância e o padrão de distribuição das espécies de foraminíferos bentônicos em testemunhos das bacias de Campos e Santos, correlacionando os padrões observados com análises geoquímicas (isótopos de oxigênio $\delta^{18}\text{O}$ e carbono $\delta^{13}\text{C}$). Este trabalho caracterizou as associações de foraminíferos bentônicos encontradas em cada biozona/subzona, propondo uma reconstrução paleoambiental e paleoceanográfica para a área estudada.

Portilho-Ramos (2003) abordou aspectos relacionados a paleoceanografia e bioestratigrafia do testemunho JPC-17, localizado na porção sul da Bacia de Santos, onde identificou as zonas/subzonas Z (Z2 e Z1) e Y (Y3, Y2 e Y1). Em seguida Portilho-Ramos *et al.* (2004) correlacionaram os dados obtidos através de análises em isótopos de oxigênio com as biozonas identificadas em 2003.

Sanjinés (2004, 2006) apresentou uma interpretação bioestratigráfica de testemunhos coletados na Bacia de Campos, onde identificou quatro zonas (W, X, Y e

Z) e sete subzonas (X3, X1, Y5 a Y1) em seu trabalho de 2004 e 14 subzonas (W2, W1, X3 a X1, Y5 a Y1, Y1B, Y1A, Z2 e Z1) em 2006. Portilho-Ramos *et al.* (2006) estudaram o testemunho JPC-95, coletado na porção sul da Bacia de Santos. Neste estudo apresentam o resultado da interpretação dos dez metros superiores do testemunho, onde identificaram três biozonas (X, Y e Z) e seis subzonas (X1, Y5 a Y1). Oliveira *et al.* (2007) reconheceu as zonas Y e Z, identificando o limite Pleistoceno/Holoceno do Campo Marlim Leste, localizado na região Sul da bacia de Campos. Araújo & Machado (2008) estudando testemunhos localizados no talude ao norte do Estado da Bahia identificaram as zonas Y e X de Ericson & Wollin (1968).

Apesar de sua importância para o desenvolvimento da matriz energética do país, os estudos bioestratigráficos realizados na bacia de Santos com foraminíferos planctônicos são poucos, abrangendo em sua maioria os últimos 184 ka (zonas de W a Z), sendo estes trabalhos apresentados por Toledo (2000), Barbosa (2002), Portilho-Ramos (2003, 2006, 2010), Portilho-Ramos *et al.* (2004, 2006). Em relação às demais zonas do Pleistoceno (Q a V), nenhum trabalho significativo foi realizado, demonstrando a importância da aquisição de informações relacionadas às zonas mais antigas do Pleistoceno e a necessidade de novos estudos como uma forma de complementar o panorama bioestratigráfico (foraminíferos planctônicos) do Quaternário da bacia de Santos.

4.2. Espécies utilizadas para a bioestratigrafia do Quaternário

As espécies de foraminíferos planctônicos possuem diferentes níveis de tolerância as variações do meio, sendo assim, a seleção das espécies e/ou associações utilizadas para a divisão do Quaternário é baseada em diferentes critérios. Entre os

principais critérios a serem observados pode se destacar a tolerância a alterações ambientais (e.g. temperatura, salinidade e produtividade), predominância em intervalos específicos, padrão de variação da abundância relativa e continuidade de registro ao longo das seções estudadas (Kennett & Huddlestun, 1972a; Vicalvi, 1999; Martin *et al.*, 1990, 1993). As espécies e/ou associações que apresentam os melhores resultados para a subdivisão do Quaternário são os plexos *Globorotalia menardii* e *Pulleniatina* e a espécie *Globorotalia inflata* (d'Orbigny). Observações complementares podem ser realizadas em outras espécies, sendo *G. truncatulinoides* (d'Orbigny), *G. crassaformis* (Galloway e Wissler), *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny), *Globigerinoides conglobatus* (Brady) e *Orbulina universa* d'Orbigny espécies já utilizadas com sucesso para a correlação entre seções.

O plexo *Globorotalia menardii* (Figura 3, A-J) agrupa as espécies indicadoras de águas quentes (tropicais e subtropicais) mais importantes, sendo composto pelas espécies *G. menardii menardii* (Parker, Jones & Brady), *G. menardii flexuosa* (Koch), *G. tumida* (Brady) e *G. fimbriata* (Brady). Estas espécies tem sua distribuição controlada principalmente pela temperatura (Kennett & Huddleston, 1972a, 1972b; Rögl & Bolli, 1973; Bé *et al.*, 1976; Prell & Damuth, 1978; Martin *et al.*, 1990, 1993; Boltovskoy *et al.*, 1996; Martinez *et al.*, 2007). O plexo consiste na base fundamental para a subdivisão do Quaternário, onde sua presença denota intervalos de tempo climaticamente quentes (interglaciais), enquanto sua ausência indica intervalos climaticamente frios como os glaciais (Ericson & Wollin, 1968; Kennett & Huddleston, 1972a; Bé *et al.*, 1976; Boltovskoy & Wrigth, 1976; Prell & Damuth, 1978; Thunell, 1984; Martin *et al.*, 1990, 1993; Vicalvi 1977, 1997, 1999). Entre as informações fornecidas pelo plexo destacam-se a espécie *Globorotalia menardii flexuosa*, característica do último episódio interglacial do Pleistoceno, onde o seu

desaparecimento marca o final deste intervalo representado pela Zona X. Já a espécie *G. fimbriata* é considerada exclusiva da Zona Z ou Holoceno (Kennett & Huddleston, 1972a; Vicalvi, 1999).

O plexo *Pulleniatina* (Figura 3, K-L) é constituído por um conjunto de espécies utilizadas como base para as interpretações bioestratigráficas do Quaternário, este grupo é composto pelas espécies *P. obliquiloculata* (Parker e Jones), *P. primalis* Banner e Blow e *P. finalis* Banner e Blow. Considerado como representantes de águas quentes (regiões tropicais e subtropicais) onde a temperatura e a salinidade controlam a sua distribuição (Bé, 1982; Boltovskoy *et al.*, 1996; Schmidt *et al.*, 2004). No entanto, estudos demonstram que o plexo possui maior tolerância as águas frias do que o plexo *G. menardii* e registram sua presença junto às espécies como *Globorotalia inflata* e *G. truncatulinoides*, sugerindo como preferência do plexo águas frias e menos salinas, onde a produtividade pode exercer um controle secundário sobre sua distribuição (Parker, 1967; Bé & Tolderlund, 1971; Cifelli & Berniér, 1976; Boltovskoy *et al.*, 1996; Portilho-Ramos, 2010). O plexo *Pulleniatina* demonstra ser um dos mais importantes guias para a subdivisão da zona Y. Seu desaparecimento foi utilizado no Golfo do México por Kennett & Huddleston (1972a, 1972b) para distinguir o limite entre as Subzonas Y7/Y6. Este evento foi reconhecido e utilizado por Vicalvi (1999) na Bacia de Campos como critério para definição do limite entre as Subzonas Y4/Y3 assumindo uma idade entre 74,4-67,7 ka e recebendo do autor o nome de biohorizonte YP.2. O último desaparecimento da espécie *Pulleniatina obliquiloculata* foi reconhecido por Prell & Damuth (1978) e utilizado por Vicalvi (1997) para subdividir a zona Y da Bacia de Campos em Y2 e Y1, assumindo a idade de 42-45 ka para este evento. Posteriormente foi reconhecido como biohorizonte YP.3 por Vicalvi (1999) e identificado no testemunho JPC-95 (Bacia de Santos) por Portilho-Ramos *et al.* (2006).

O último reaparecimento do plexo ocorreu por volta de 15 ka (Bé *et al.*, 1976), sendo este evento reconhecido e denominado de biohorizonte *YP.4* por Vicalvi (1999), foi utilizado pelo autor para subdividir a Subzona Y1 em Y1B e Y1A, onde a Y1B representa os sedimentos depositados entre as idades 42 e 15 ka, enquanto Y1A representa o intervalo entre 15 e 11 ka.

A espécie *Globorotalia inflata* (Figura 3, M-O) apresenta as maiores abundâncias em regiões de média latitude, geralmente associada a águas transicionais (entre massas subtropicais e subpolares ou convergências), ocorrendo na zona de mistura entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas e zonas de ressurgências (Bé, 1982; Boltovskoy *et al.*, 1996; Schmidt *et al.*, 2004; Chiessi *et al.*, 2007). Em regiões como Golfo do México, Mar do Caribe e Atlântico Equatorial é utilizada como a principal espécie indicadora de águas frias, onde o seu controle contribui para o aumento da resolução estratigráfica dos intervalos glaciais do Pleistoceno (Bé & Tolderlund, 1971; Kennett & Huddleston, 1972a; Thunell, 1984; Martin *et al.*, 1990, 1993; Kohl *et al.*, 2004).

A espécie *Globorotalia truncatulinoides* (Figura 3, P-R) habita regiões temperadas a subpolares e junto a *G. inflata* são consideradas indicadoras de águas frias para o Atlântico Sul. O sentido de seu enrolamento (dextral/sinistral) foi utilizado com sucesso em interpretações bioestratigráficas e paleoceanográficas do Atlântico Sul e Golfo do México, auxiliando no reconhecimento de limites entre zonas/subzonas (Boltovskoy, 1968, 1973; Bé *et al.*, 1976; Vicalvi, 1977; Vicalvi & Palma, 1980; Martin *et al.*, 1990; Schmidt *et al.*, 2004; Toledo *et al.*, 2007; Pivel, 2009). Segundo Vicalvi (1999) a espécie é pouco frequente no Holoceno, mas próximo ao limite Pleistoceno/Holoceno apresenta-se de forma abundante, o que auxilia o reconhecimento deste limite.

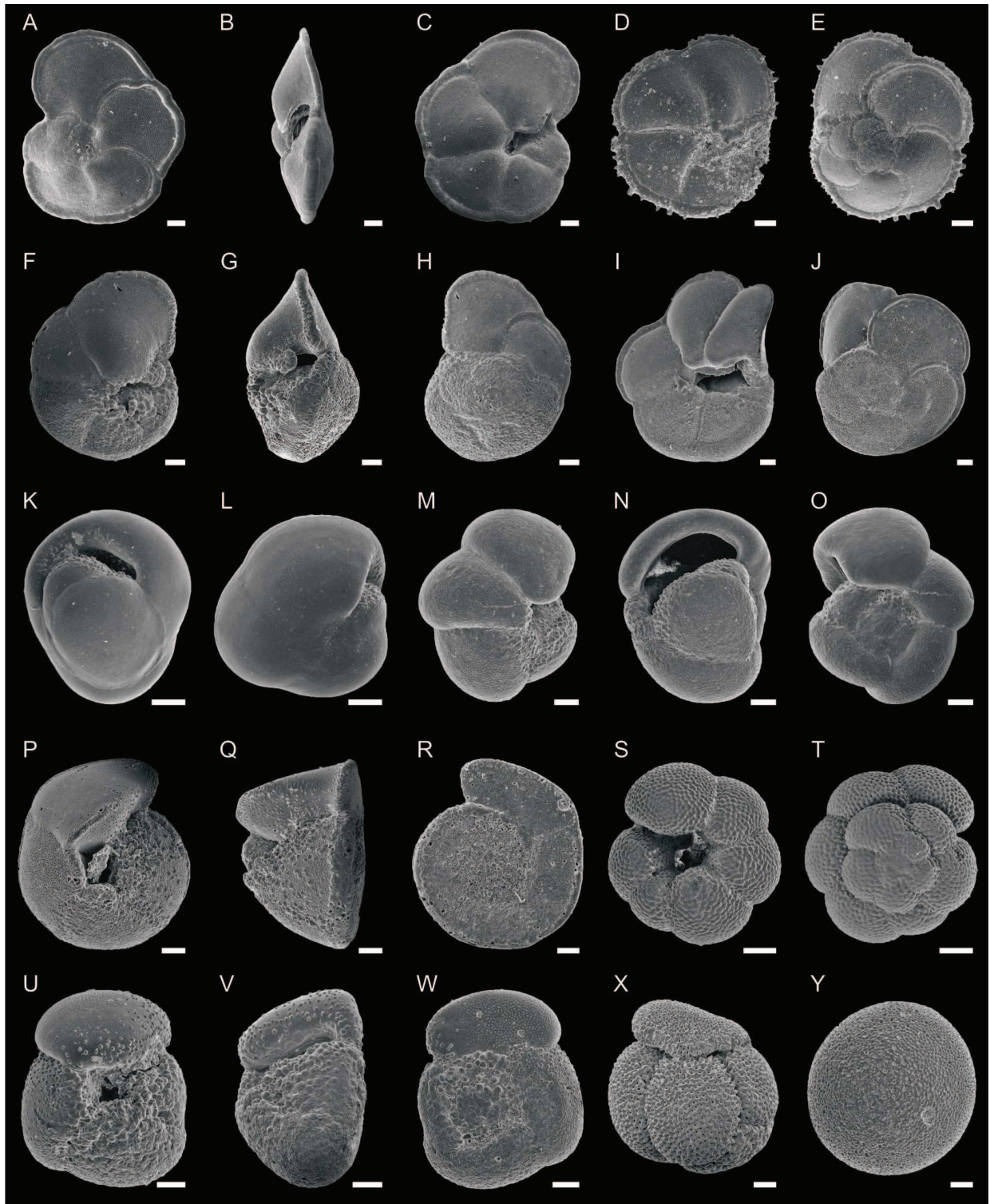


Figura 3. Espécies de foraminíferos planctônicos utilizadas para o zoneamento bioestratigráfico do Quaternário da Bacia de Santos. A-C, *Globorotalia menardii menardii*; D-E, *Globorotalia fimbriata*; F-H, *Globorotalia tumida*; I-J, *Globorotalia menardii flexuosa*; K-L, *Pulleniatina obliquiloculata*; M-O, *Globorotalia inflata*; P-R, *Globorotalia truncatulinoides*; S-T, *Neogloboquadrina dutertrei*; U-W, *Globorotalia crassaformis*; X, *Globigerinoides conglobatus*; Y, *Orbulina universa*. Barra de escala: 100 μm .

A espécie *Globorotalia crassaformis* (Figura 3, U-W) apresenta sua maior abundância em intervalos moderadamente frios, geralmente desaparecendo em períodos de frio mais intenso. Segundo Vicalvi (1999) esta espécie não apresentou relações claras com as diferentes temperaturas observadas, embora prevaleça à tendência a águas frias. Enquanto a espécie *Neogloboquadrina dutertrei* (Figura 3, S-T) é comumente associada a elevada produtividade, sendo as diatomáceas sua principal fonte de alimento (Hemleben *et al.*, 1989; Hilbrecht, 1997). Segundo Kennett & Huddleston (1972a) a espécie apresenta um aumento em sua abundância durante intervalos de águas quentes, no entanto Vicalvi (1999) observou o comportamento oposto, onde a espécie apresentou seu pico de abundância em intervalos frios, corroborando os resultados obtidos por Ruddiman (1971) e sugerindo que a espécie apresenta maior sensibilidade à salinidade, evitando as elevadas concentrações. Segundo Bé *et al.* (1985) sua abundância está associada à subida e descida da termoclina em relação à zona eufótica, enquanto Thunell (1991) observou que mais do que durante os eventos de ressurgência, sua abundância tende a aumentar logo após estes eventos, quando a concentração de fitoplâncton ainda é elevada, mas a coluna d'água já apresenta certa estratificação e estabilidade.

A espécie *Globigerinoides conglobatus* (Figura 3, X) apresentou o mesmo comportamento descrito por Kennett & Huddleston (1972a) para a espécie *N. dutertrei*, sendo enquadrada pelos autores entre as formas de águas quentes, enquanto Vicalvi (1999) registrou seus maiores índices em intervalos frios. As explicações para este comportamento contraditório ainda não são claras, mas provavelmente a distribuição destas espécies é controlada por outros fatores além da temperatura, como salinidade e/ou produtividade.

Utilizada como dado complementar a espécie *Orbulina universa* (Figura 3, Y) foi enquadrada por Kennett & Huddleston (1972a) entre as espécies que não apresentam relação direta com as oscilações de temperatura, no entanto segundo Vicalvi (1999) os picos de abundância da mesma podem ser utilizados de modo complementar para a correlação dos testemunhos.

5. ÁREA DE ESTUDO

5.1. Bacia de Santos

Identificada na década de 1960 durante estudos de refração sísmica desenvolvidos pelo *Lamont-Doherty Geological Observatory*, a Bacia de Santos (Figura 4) é definida geologicamente como uma depressão localizada entre os paralelos 23°-28° S, ao longo da costa dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, ocupando uma área aproximada de $3,5 \cdot 10^4$ km². Ao norte, limita-se com a Bacia de Campos no Alto de Cabo Frio, ao sul com a Bacia de Pelotas na Plataforma de Florianópolis, a leste na cota batimétrica de 3.000 m e a oeste pela Serra do Mar, feição fisionômica que confina a bacia ao domínio marinho (Arai, 1988; Pereira & Feijó, 1994; Nunes *et al.*, 2004; Moreira *et al.*, 2007). O Alto de Cabo Frio marca a transição na margem brasileira entre as regiões tropical (ao norte) e subtropical (ao sul), esta transição tem sido apontada como consequência de diferenças nas condições oceanográficas e na dinâmica sedimentar, responsáveis pela deposição de carbonatos ao norte e sedimentos de origem terrígena ao sul de Cabo Frio (Rocha *et al.*, 1975).

Os depósitos quaternários marinhos de águas profundas abordados neste trabalho estão inseridos no contexto litoestratigráfico da Formação Marambaia (sequência N50-N60; Figura 5), onde predominam os sedimentos lamosos (folhelho cinzento e marga cinza-claro), cortados por cânions preenchidos por sedimentos lamosos e arenosos finos de origem turbidítica (Pereira & Feijó, 1994; Moreira *et al.*, 2007). Os sedimentos entre a plataforma interna e a externa apresentam características que variam de siliciclásticos a carbonáticos respectivamente, enquanto o talude é caracterizado pela deposição de sedimentos hemipelágicos e turbiditos (Kowsmann & Costa, 1979; Mahiques *et al.*, 2002).

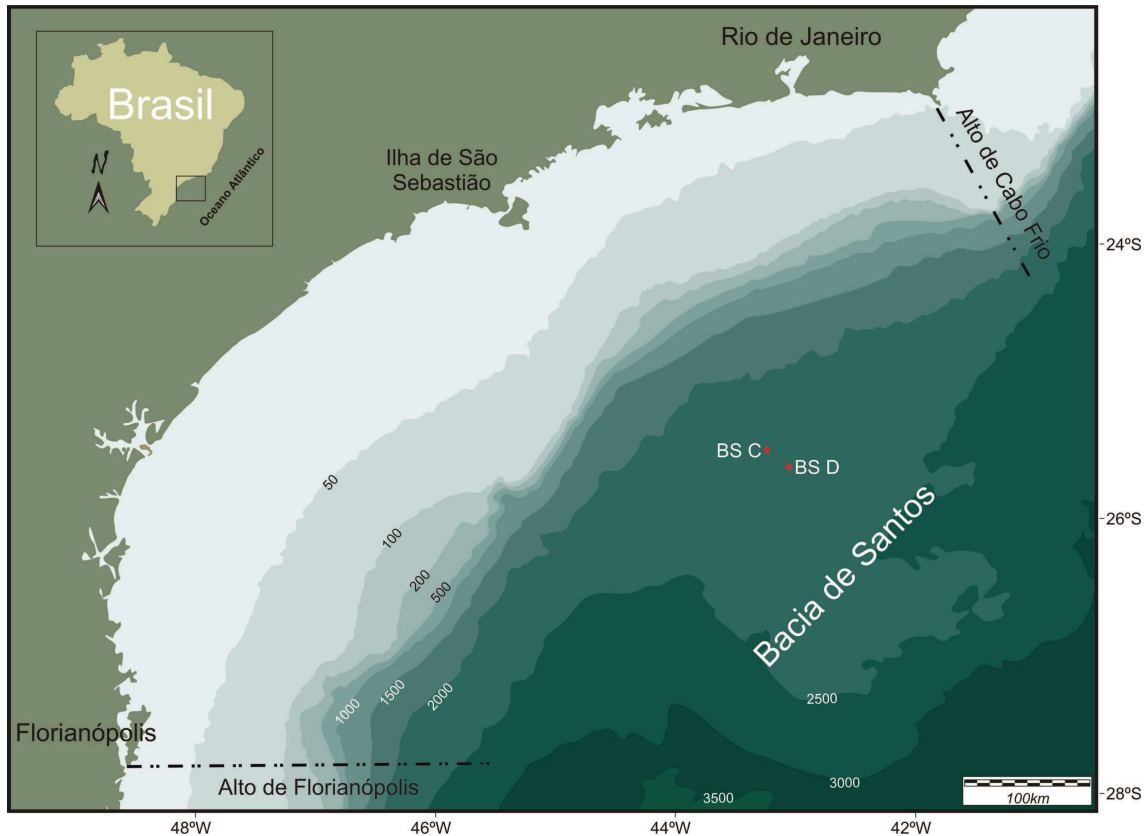


Figura 4. Mapa de localização da bacia de Santos e dos testemunhos BS-C e BS-D (modificado de Nunes *et al.*, 2004).

5.2. Contexto fisiográfico da Bacia de Santos

A fisiografia observada atualmente na margem da bacia é o resultado da combinação de estruturas adquiridas pela atuação de processos tectônicos (embasamento e deriva-rifte) que envolvem a tectônica de sal e o retrabalhamento dos sedimentos por correntes de fundo em águas rasas e profundas da plataforma continental (Duarte & Viana, 2007). O controle estrutural responsável pela morfologia da Margem Continentam Brasileira é refletido na variação de largura da plataforma, na inclinação e orientação do talude e na acumulação dos sedimentos no sopé continental. A plataforma continental (29° a 23°S) varia entre 100 e 200 km de largura, podendo estreitar-se a 70 km próximo a Cabo Frio.

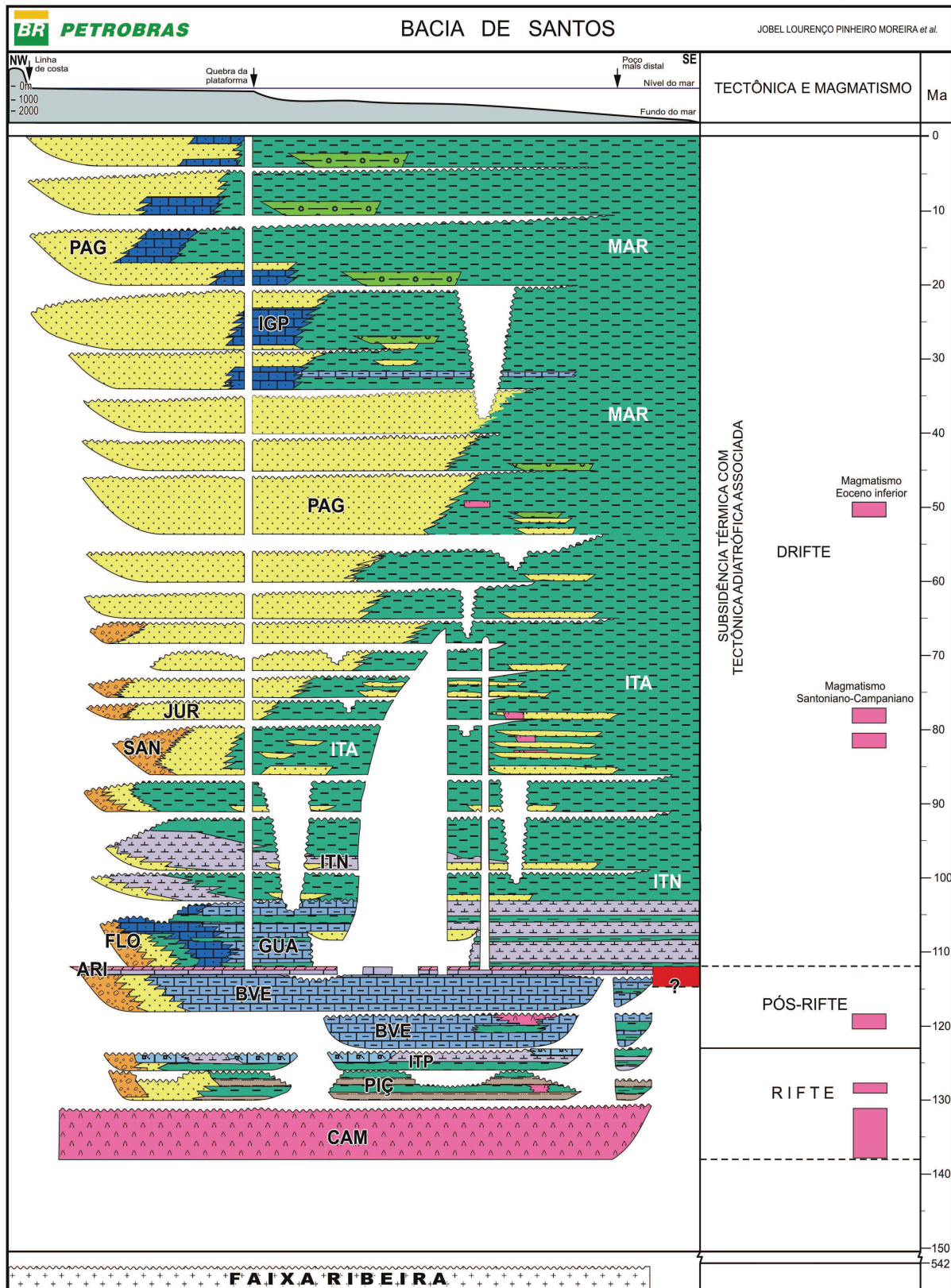


Figura 5. Carta estratigráfica da Bacia de Santos, segundo Moreira *et al.* (2007); Formações: CAM - Camboriú; PIÇ - Piçarras; ITP - Itapema; BVE – Barra Velha; ARI - Ariri; FLO – Florianópolis; GUA – Guarujá; ITN - Itanhaém; ITA – Itajaí-Açu; SAN - Santos; JUR - Juréia; PAG – Ponta Aguda; IGP - Iguape; MAR – Marambaia.

A quebra da plataforma continental ocorre próximo a isóbata de 200 m e é geralmente caracterizada por um gradiente suave na passagem para o talude, com inclinação média de 3°. O talude apresenta uma largura média entre 85 a 105 km e declividade entre 1:2,5 a 1:130 na região leste, enquanto na região Sul sua largura pode oscilar entre 120 e 150 km. A transição talude médio-inferior ocorre aproximadamente a 1.500 m de profundidade, sendo marcada pela Falha de Cabo Frio, definida por um canal paralelo ao talude e que marca a região do limite interno do escorregamento do sal em direção ao fundo oceânico. Estas feições criam um intrincado padrão de mini-bacias e altos topográficos (Modica & Brush, 2004; Duarte & Viana, 2007).

5.3. Contexto oceanográfico da Bacia de Santos

As massas d'água e o regime de circulação do Atlântico Sul têm sido bem estudados nas últimas décadas (Reid, 1989; Stramma, 1989; Peterson & Stramma, 1991; DeMadron & Weatherly, 1994; Siedler *et al.*, 1996; Silveira *et al.*, 2000). Na Bacia de Santos, segundo Silveira *et al.* (2000), podem ser reconhecidas cinco massas d'água com distintas assinaturas de temperatura-salinidade (Figura 6A e B), sendo elas a Água Tropical – AT (*Tropical Water – TW*), a Água Central do Atlântico Sul – ACAS (*South Atlantic Central Water – SACW*), a Água Intermediária Antártica – AIA (*Antarctic Intermediate Water - AAIW*), a Água Profunda do Atlântico Norte – APAN (*North Atlantic Deep Water – NADW*) e a Água Antártica de Fundo - AAF (*Antarctic Bottom Water - AABW*). A Água Tropical ocupa a camada de mistura e sua distribuição esta restrita aos 150 m superficiais da lâmina d'água, sendo considerada uma massa d'água quente e salina ($T > 18^{\circ}\text{C}$; $S > 36\text{‰}$). Abaixo a AT, fluindo entre 150 e 500 m de profundidade, ocorre a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), esta por sua vez é considerada fria e menos salina ($T < 18^{\circ}\text{C}$; $S < 36\text{‰}$).

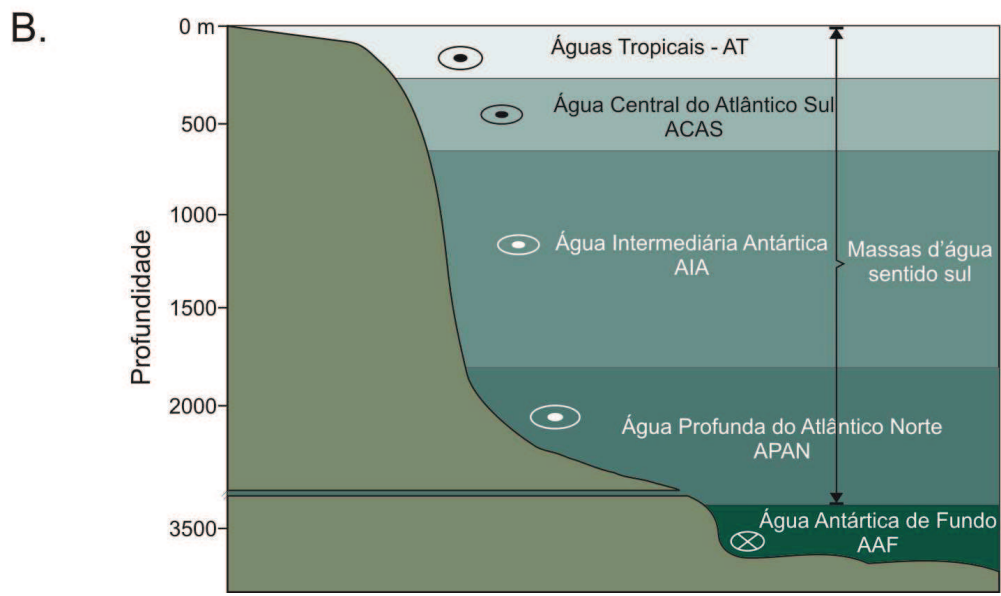
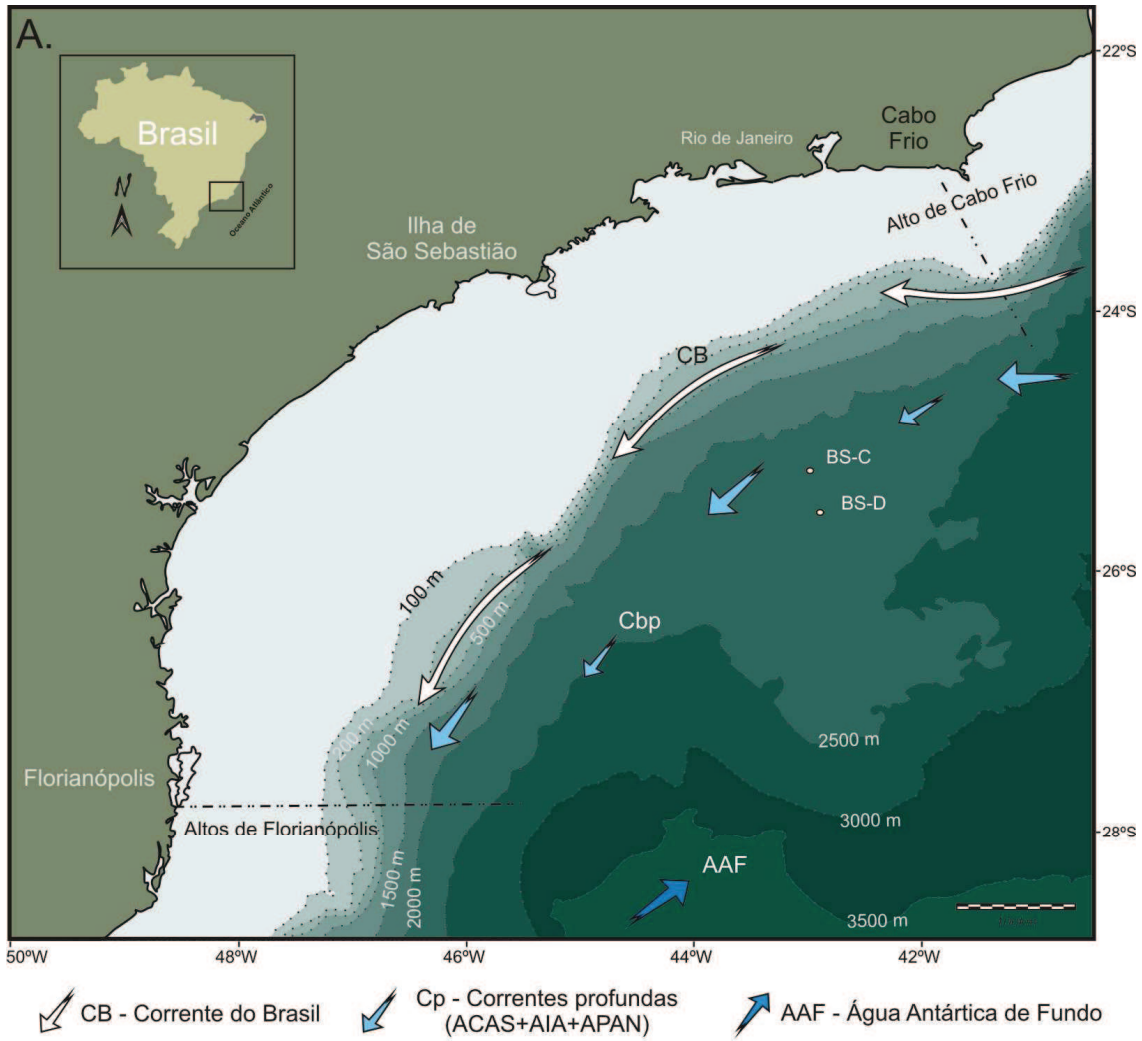


Figura 6. A. Mapa de localização dos testemunhos e principais massas d'água atuantes na região; B. Distribuição vertical das massas d'água atuantes na Bacia de Santos (modificado de Duarte & Viana, 2007).

A AIA encontra-se entre 500 e 1.200 m de profundidade e é caracterizada por temperaturas e salinidade baixas ($T < 6\text{ }^{\circ}\text{C}$; $S < 34,2\text{‰}$) e alta concentração de oxigênio. A Água Profunda do Atlântico Norte flui abaixo da AIA até a profundidade de 3.000 m e está caracteriza-se por baixos teores de nutrientes e elevada oxigenação. Entre as latitudes 21° a 23° S, a AIA apresenta baixo teor oxigênio dissolvido (aproximadamente $4,2\text{ ml L}^{-1}$), inferior ao observado na APAN, que apresenta valor aproximado de $5,6\text{ ml L}^{-1}$ (Tsuchiya *et al.*, 1994). O AAF é a massa d'água mais densa, fluindo em profundidades superiores a 4.000 m (Seabroke *et al.*, 1971).

As massas d'águas superficiais atuantes na região são intensamente influenciadas pelo padrão de circulação atmosférico, sendo direcionadas em sentido sul por influência da Corrente do Brasil (CB). A CB se origina da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (*South Equatorial Current - SEC*) que ocorre a aproximadamente 10°S , onde aproximadamente 25% flui para o sul ao longo de toda a margem continental brasileira. A aproximadamente 35° S a CB encontra a Corrente das Malvinas, que flui em sentido norte, e forma a Zona de Convergência Subtropical (Toledo, 2000; Souza, 2000).

A plataforma média e externa, assim como o talude superior são influenciadas pelo fluxo de meandros da CB que ocorrem ao longo da margem continental do Atlântico Sul (Mahiques *et al.* 2002). A dinâmica da plataforma interna e média é controlada por massas d'água (ACAS, Águas Costeiras e Águas Tropicais; Figura 6A) que apresentam forte variação sazonal. Esta variação promove uma forte estratificação em duas camadas e entre novembro e março (verão) a formação de forte termoclina em decorrência da penetração da ACAS que se move do fundo em direção ao litoral, deslocamento as Águas Costeiras em direção ao oceano e mantendo as Águas Tropicais relativamente distantes da costa. Este período corresponde ao período chuvoso do

sudeste do Brasil, resultando no aumento do fluxo de material terrígeno em direção as águas costeiras. O deslocamento da AC é o fator mais importante no transporte de matéria orgânica de origem terrígena para as áreas mais profundas da plataforma. Durante o inverno (entre março a novembro) o recuo da ACAS leva ao aumento da influência da AT na dinâmica da plataforma (Castro *et al.*, 1987; Mahiques *et al.*, 1999, 2004).

Na Bacia de Santos, o CB desenvolve um padrão de meandros complicados (Campos *et al.*, 2000), que associados à mudança na orientação geral do litoral brasileiro e a tendência sazonal dos ventos NE durante o verão (Rodrigues & Lorenzetti, 2001; Mahiques *et al.*, 2005), favorece a penetração da ACAS na plataforma (Mahiques *et al.*, 2002). A ressurgência ACAS aumenta a produtividade biológica local e, em consequência, a quantidade de matéria orgânica que é depositada (Gaeta *et al.*, 1994). Mahiques *et al.* (2004) sugerem que atualmente no norte da Bacia de Santos, áreas com baixa taxa de sedimentação estão associadas ao fluxo principal do CB, o que impediria a decantação das partículas sedimentares. Os mais elevados valores de carbono orgânico são observados em zonas com maior taxa de sedimentação, indicando que os processos pelágicos associados às águas frias vindas do sul em sentido norte, assim como os processos de ressurgência controlam a sedimentação na área.

A sedimentação na Bacia de Santos do Neógeno ao Recente vem sendo dominada pela circulação oceânica que redistribui os sedimentos transferidos para a bacia tanto durante os períodos de nível do mar alto e baixo, o que pode indicar a intensidade e o sentido das correntes de fundo que atuam na bacia durante as diferentes condições climático-oceanográficas ocorridas (Duarte & Viana, 2007). Durante o Quaternário, a sedimentação foi controlada pelos eventos transgressivos/regressivos

relacionados às mudanças do nível do mar, em especial a exposição da plataforma durante o último ciclo glacial (Mahiques *et al.*, 2004).

Segundo Mahiques *et al.* (2004) a Ilha de São Sebastião marca a transição entre duas zonas com distintas sedimentações (Figura 6A), distintas tanto nas frações orgânicas quanto inorgânicas dos sedimentos. Ao sul da ilha, a deposição esta associada à penetração sazonal de uma pluma que flui sobre a plataforma com águas de baixa salinidade e temperatura, que recentemente foram relacionadas ao Rio La Plata. A interação desta pluma com meandros da CB e a morfologia da plataforma favorece a criação de zonas de alta produtividade na região. Ao Norte da Ilha de São Sebastião, a relativa heterogeneidade de sedimentos indica uma hidrodinâmica mais complexa, especialmente na plataforma média e interna. Na plataforma interna a distribuição da fração orgânica está ligada à ressurgência costeira da região de Cabo Frio. Já na plataforma média e externa a distribuição de sedimentos está ligada a atuação de um vigoroso meandro da CB na área.

Apesar do conhecimento atual sobre os padrões oceanográficos da área, pouco se sabe sobre as influências pretéritas das diferentes massas d'água que atuaram na Bacia de Santos, uma vez que a complexidade do padrão moderno de circulação dificulta a reconstrução da paleocirculação para a área (Duarte & Viana, 2007).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1. Material de estudo:

Os testemunhos analisados (BS-C e BS-D; Tabela 1) são provenientes do talude da bacia de Santos e foram cedidos para estudos bioestratigráficos pela PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.).

Com objetivo de caracterizar o fundo oceânico das regiões profundas e ultra-profundas da Bacia de Santos, foram coletados ao longo da campanha de 2007 do navio de sondagem *Fugro Explorer*. Localizados entre as coordenadas geográficas 25° 51' e 25° 57' S e 43° 24' e 43° 33' W, em cotas batimétricas superiores a 2.100 m (entre 2.116 e 2.171 m), os testemunhos analisados possuem uma recuperação contínua aproximada de 20 m (Figura 4; Tabela 1). Para a coleta destes testemunhos foi utilizando um amostrador *Jumbo Piston Core* com cabeça de quatro toneladas e seções de tubo de aço com 21 m de comprimento, lançado em queda livre a dois metros de altura, penetrando por meio da força da gravidade nos sedimentos do fundo oceânico (Allaby & Allaby, 1990; Kowsmann *et al.* 2008).

Tabela 1. Testemunhos analisados (BS-C e BS-D) e suas localizações geográficas, profundidades de coleta (lâmina d'água), recuperação (m) e número de amostras recuperadas.

Testemunho	Coordenadas Geográficas	Lâmina d'água (m)	Recuperação (m)	Número de amostras
BS-C	25° 51.5' S 43° 33.8' W	21.48	20.43	108
BS-D	25° 57.9' S 43° 24.1' W	21.71	21.21	80

A bordo do navio, os testemunhos foram encapsulados em um “*liner*” de PVC com 102 mm de diâmetro interno e posteriormente, cortado em seções de 90 cm para transporte e armazenamento. As seções foram abertas longitudinalmente e descritas no Laboratório da Exploração & Pesquisa- Bacia de Campos/Petrobras em Macaé por Kowsmann *et al.* (2008). Os autores efetuaram a descrição dos sedimentos em escala 1:20, incluindo cor, granulometria, fácies e estruturas primárias. Para a classificação das fácies combinou-se a textura do sedimento com o teor de CaCO₃. Os teores de CaCO₃ foram estimados através da intensidade de reação em HCl 10%, onde as fácies mais finas foram classificadas como vaza carbonática (VNF) com teor de CaCO₃ superior a 60%, Margas (MG) variam entre 30 e 60%, Lama Rica em Carbonato (LR) entre 18 e 30%, Lamas Levemente Carbonática (LL) entre 5 e 18% e Areias Siliciclásticas (AS). As cores utilizadas para a representação das fácies foram escolhidas arbitrariamente com o objetivo de melhorar a representação gráfica (Figura 7).

6.2. Amostragem e tratamento das amostras

Um total de 188 amostras foi coletado de dois testemunhos (BS-C: 108 e BS-D: 80; Tabela 1) com o auxílio de um “*plug*” de PVC com volume interno de 10 cm³, em intervalos regulares de 30 cm e/ou quando houvesse alteração litológica (Figura 7). O tratamento das amostras ocorreu no Laboratório de Sedimentologia da UNISINOS e foi realizada com o auxílio da equipe do Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (ITT-FOSSIL) da UNISINOS, seguindo o procedimento padrão para recuperação de microfósseis calcários (Leipnitz *et al.*, 2005). Esta preparação consiste em: (a) pesar e posteriormente lavar as amostras em água corrente em peneira com abertura de malha de 63 µm e (b) levar a estufa para secagem (60°C); (c) depois de secas, pesar novamente.

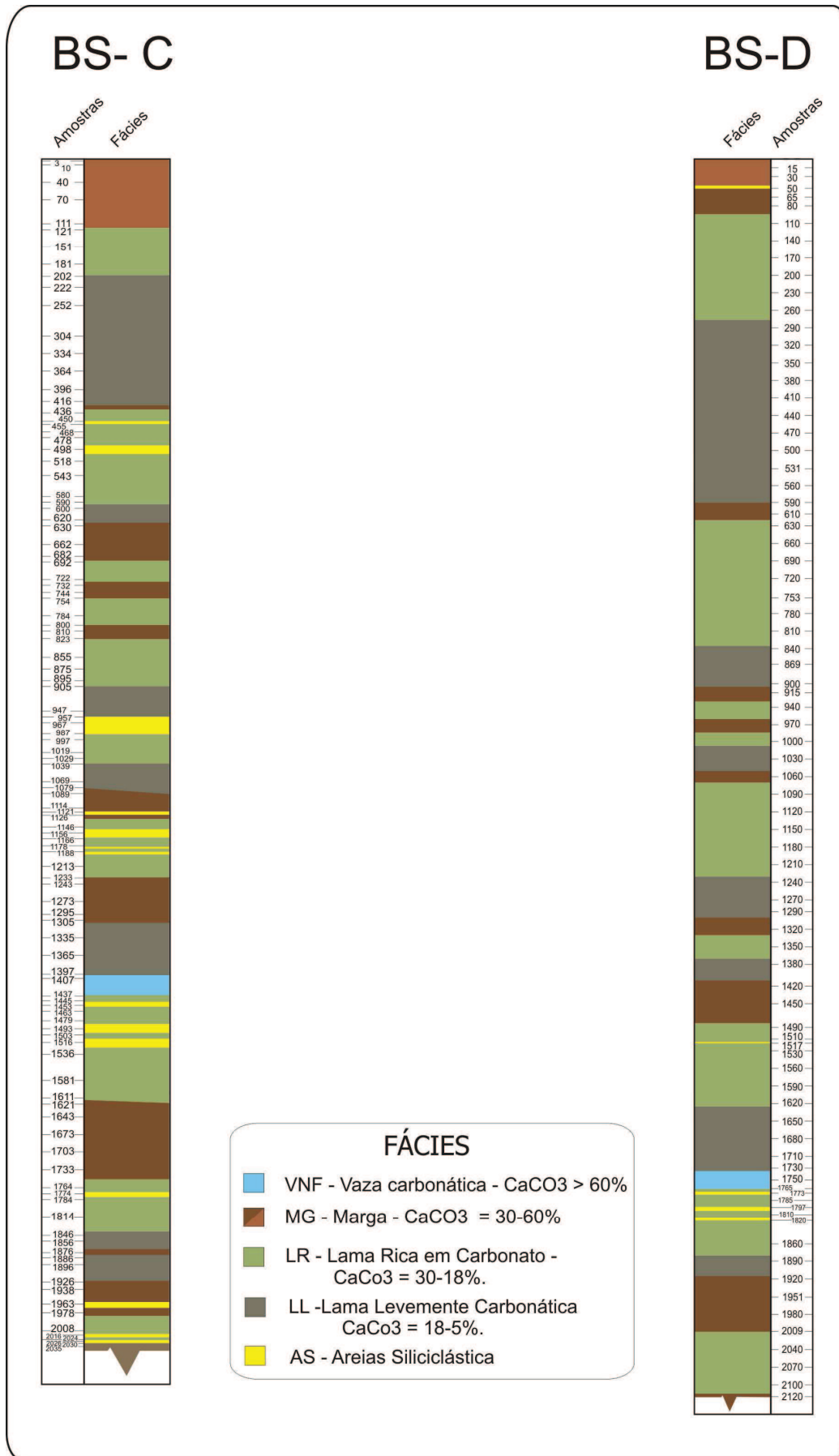


Figura 7. Perfil litológico e amostras retiradas dos testemunhos BS-C e BS-D.

6.3. Análises qualitativas, quantitativas e zoneamento climático

Foram identificadas taxonomicamente e contadas somente às espécies de foraminíferos planctônicos relevantes para a subdivisão do Quaternário, sendo estas: o plexo *Globorotalia menardii*, composto pelas espécies *G. menardii* (Parker, Jones & Brady), *G. menardii flexuosa* (Koch), *G. tumida* (Brady) e *G. fimbriata* (Brady); o plexo *Pulleniatina*, composto pelas espécies *P. obliquiloculata* (Parker & Jones), *P. primalis* Banner & Blow e *P. finalis* Banner & Blow; e as espécies *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny), *Globorotalia crassaformis* (Galloway & Wissler), *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny), *Globigerinoides conglobatus* (Brady) e *Orbulina universa* d'Orbigny (Ericson & Wollin, 1968; Kennett & Huddlestun, 1972a, 1972b; Prell & Damuth, 1978; Thunel, 1984; Martins *et al.*, 1990, 1993; e especificamente para as bacias brasileiras Vicalvi, 1997, 1999; Sanjinés, 2006; Portilho-Ramos *et al.*, 2006). A taxonomia adotada baseou-se nos trabalhos de Stainforth *et al.* (1975), Bolli e Saunders (1985) e Loeblich & Tappan (1988).

É importante ressaltar que, neste trabalho, as zonas/subzonas identificadas refletem as mudanças ocorridas na composição das associações e/ou espécies de foraminíferos planctônicos diagnósticas para a bioestratigrafia do Quaternário (Figura 3), sendo estas espécies selecionadas de acordo com sua tolerância às variações ambientais, principalmente em relação à temperatura, salinidade, produtividade e alterações na estrutura vertical da coluna d'água (*e.g.* alterações na profundidade da termoclina e/ou nutriclina), por apresentarem registro contínuo ao longo dos testemunhos e predomínio em determinados intervalos, auxiliando o zoneamento e a correlação entre seções (Kennett & Huddlestun, 1972a; Vicalvi, 1999). Representantes de cada espécie utilizada para o zoneamento climático foram depositados no Museu da

História da Vida e da Terra (MHGeo - UNISINOS) sob a numeração ULVG-8601 a ULVG-8612.

Para a avaliação da fauna optou-se por proceder às análises na fração >125 µm, por concentrar os foraminíferos planctônicos de maior interesse para a subdivisão do Quaternário (Vicalvi 1997, 1999). Esta fração foi quarteada, quando necessário, para a obtenção de número representativo de foraminíferos planctônicos e bentônicos, este oscilando entre 300 e 600 espécimes por amostra (Patterson & Fishbein, 1989). A partir da contagem e classificação dos espécimes de interesse bioestratigráfico, complementados pelo controle do sentido de enrolamento de *G. truncatulinoides* e a análise expedita do resíduo <125 µm (plexo *Pulleniatina*) foram gerados gráficos com:

- Abundância relativa (%) por plexo ou espécie de foraminífero planctônico;
- Abundância relativa (%) de foraminíferos bentônicos;
- Abundância corrigida (1 gr./sedimento) da fauna total de foraminíferos (bentônicos + planctônicos).

As curvas de abundância relativa das espécies de foraminíferos planctônicos foram calculadas dividindo-se o número corrigido de cada espécie pelo total de foraminíferos planctônicos por amostra, segundo a fórmula demonstrada abaixo:

$$FP = P / TFP$$

Onde:

FP- Abundância relativa de foraminíferos planctônicos;

P- Número de indivíduos da espécie de foraminífero planctônico considerada;

TFP- Número total de foraminíferos planctônicos da amostra.

Para a abundância relativa de foraminíferos bentônicos, dividiu-se o número de exemplares bentônicos pelo número total de foraminíferos (planctônicos + bentônicos) para cada amostra, segundo a fórmula abaixo:

$$FB= B/TF$$

Onde:

FB- Abundância relativa de foraminíferos bentônicos;

B- Número de indivíduos bentônicos de cada amostra;

TF- Número total de foraminíferos (planctônicos + bentônicos).

O número total de indivíduos por amostra foi calculado levando em consideração a fração triada e o peso da amostra original, utilizando a fórmula modificada de Sanjinés (2006). Este cálculo gera uma estimativa do número total de indivíduos corrigido para um peso padrão de 1gr. de sedimentos.

$$TF= N \times (1/P) \times F$$

Onde:

TF- Número total de indivíduos corrigido para o peso de 1gr. de sedimentos

N- Número total de foraminíferos da amostra;

P- Peso em gramas da amostra;

F- Denominador da fração triada.

7. RESULTADOS

A sequência de zonas e subzonas foi estabelecida a partir do controle das oscilações de abundância relativa do plexo *Globorotalia menardii* e das espécies que compõem o plexo de forma individual, complementado por observações do plexo *Pulleniatina* e das espécies *Globorotalia inflata*, *Globorotalia truncatulinoides* (sin) e *Globorotalia truncatulinoides* (dex). As demais espécies selecionadas apresentaram significado em apenas alguns intervalos e foram utilizadas para a caracterização dos mesmos. A sequência dos eventos identificados, a caracterização das zonas e subzonas reconhecidas e as propostas de novas subzonas e horizontes de correlação são apresentadas para cada testemunho.

7.1. Testemunho BS-C

Os resultados obtidos na análise do conteúdo de foraminíferos planctônicos (análise bioestratigráfica) das 108 amostras provenientes do testemunho BS-C permitiram o reconhecimento de sete zonas de Ericson & Wollin (1968), estas representando intervalos glaciais (zonas U, W e Y) e interglaciais (zonas T, V e X) do Pleistoceno e o Holoceno (Zona Z), cobrindo as oscilações climáticas dos últimos ~620 ka. O refinamento destas zonas permitiu o reconhecimento de 16 subzonas, estas representadas por U2, U1, V3, V2 e V1 de Neff (1985) e Martin *et al.* (1990 e 1993), V2B e V2A (este trabalho), W2 e W1 de Kennett & Hudlestum (1972a), X3, X2, X1, Y2 e Y1 de Vicalvi (1997 e 1999) e Y1B e Y1A de Kowsmann & Vicalvi (2003). A partir do controle da distribuição do plexo *Pulleniatina* foi possível a divisão da subzona V2 em V2B e V2A e a identificação de seis horizontes de correlação (*VP.1* e de *VP.4* a *VP.8*; este trabalho). O plexo ainda permitiu o reconhecimento de três biohorizontes ao longo do glacial representado pela Zona Y, sendo eles o *YP.2*, *YP.3* e *YP.4* (Vicalvi, 1997, 1999; Sanjinés, 2006), que marcaram os limites entre as subzonas Y2/Y1B (*YP.3*) e Y1B/Y1A (*YP.4*). A partir do plexo *Globorotalia menardii* foi reconhecida à última ocorrência (UOL) da espécie *G. menardii flexuosa, datum* este utilizado para a definição do limite entre as zonas X/Y. A Tabela 2 apresenta de forma resumida os resultados obtidos para o testemunho, enquanto os dados de abundância absoluta e relativa são apresentados em anexo nas Tabelas 3 (pg. 101) e 4 (pg. 102), respectivamente.

Tabela 2. Zonas, subzonas e horizontes de correlação identificados e localização (profundidade - m) no testemunho BS-C.

Ciclos Climáticos e Zonas de Ericson & Wollin (1968) e subzonas			Profundidade (m)	
Glacial Wisconsiniano	Pós-glacial	Z	0 - 0,25	
	Último Máximo Glacial	Y	Y1A	0,25 – 0,55
			Y1B	0,55 – 0,90
			Y2	0,90 – 2,37
	Interestadial	X	X1	2,37 – 2,78
			X2	2,78 – 3,80
			X3	3,80 – 4,30
		W	W1	4,30 – 4,64
			W2	4,64 – 5,06
			V1	5,06 – 8,25
	Interglacial Sangamom	V	V2A	8,25 – 11,50
			V2B	11,50 – 13,10
			V3	13,10 – 16,32
Glacial Illinoian	U	U1	16,32 – 16,88	
		U2	16,88 – 19,84	
Interglacial Yarmouth	T		19,84 – 20,43	

Datum local e global

DUR plexo <i>Pulleniatina</i> (YP.4)	0,55
DUD plexo <i>Pulleniatina</i> (YP.3)	0,90
DPD plexo <i>Pulleniatina</i> (YP.2)	2,02
UOL <i>G. menardii flexuosa</i>	2,37
DRL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.8)	11,50
DDL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.7)	13,10
DRL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.6)	13,50
DDL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.5)	13,81
DRL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.4)	14,85
DDL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.1)	16,20

Datum Último Reaparecimento (DUR)- Bé *et al.* (1976); Vicalvi (1999); *Datum* Último Desaparecimento (DUD)- Prell & Damuth (1975); Vicalvi (1997, 1999); Portilho-Ramos *et al.* (2006); *Datum* Penúltimo Desaparecimento (DPD)- Kennett & Huddlestun (1972); Vicalvi (1997, 1999); Última ocorrência Local (UOL) – Kennett & Huddlestun (1972a); Damuth (1975); Vicalvi (1997, 1999); *Datum* Reaparecimento Local (DRL) – Novo *Datum* (este trabalho); *Datum* Desaparecimento Local (DDL) – este trabalho.

Zona T (intervalo 20,43 a 19,84 m; espessura 0,59 m): Interglacial / Pleistoceno

A Zona T (Tabela 2; Figura 8) é caracterizada pela constante presença do plexo *Globorotalia menardii*, no BS-C representa o intervalo entre a base do testemunho (20,43 m) e a profundidade 19,84 m onde a abundância relativa do plexo oscila entre 1,3 e 6,58% e tem como principal espécie *G. menardii* (1,30 a 4,86%), enquanto *G. menardii flexuosa* é ausente. Esta Zona apresenta uma espessura aproximada de 0,59 m e esta representada por seis amostras, onde dominam os sedimentos compostos por lamias ricas em carbonatos (LR), margas (MG) e lâminas de areia (AR) com espessuras aproximadas de cinco centímetros (intervalos 20,30 a 20,25 m e 20,20 a 20,15 m). A Zona T apresentou como características bioestratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* é constante (1,3 e 6,58%; média 3,58%);
 - *G. menardii* oscila entre 1,3 e 4,86% (média 3%);
 - Ausência de *Globorotalia menardii flexuosa*;
 - *G. tumida* oscila entre zero e 1,71% (média 0,57%);
- Plexo *Pulleniatina* presente somente no resíduo das amostras;
- *G. truncatulinoides* oscila entre 1,1 e 7,02% (média 3,69%);
- *G. crassaformis* é rara ou ausente, presente apenas em 20,08 m (0,01%);
- *G. conglobatus* é raro ou ausente (zero a 0,28%; média 0,09%);
- *O. universa* é raro ou ausente (zero e 0,04%; média 0,02%);
- *N. dutertrei* oscila entre zero e 2,42% (média 0,46%);
- *G. inflata* é rara (zero a 0,86%; média 0,24%);
- Abundância total oscila entre 124 e 1.820 ind/gr. (média 667 ind/gr.).

O plexo *Pulleniatina* esta ausente ou presente somente no resíduo, enquanto *N. dutertrei* está representada com algum significado na base do testemunho (amostra

20,35 m; 2,42%). As demais espécies, *G. inflata*, *G. crassaformis*, *G. congobatus* e *O. universa*, apresentam pouco significado, sendo consideradas raras ou ausentes. Não foi identificada a existência de subzonas ao longo deste intervalo. O limite T/U é marcado pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, seguido pelo aumento do plexo *Pulleniatina* e *G. inflata*. De forma complementar foi observado à alteração no domínio de *G. truncatulinoides* (sin) para *G. truncatulinoides* (dex).

Próximo a base da Zona são observados a presença de pelo menos dois eventos de remobilização sedimentar marcados por intercalações de pacotes arenosos (AR) e lamas ricas em carbonatos (LR), este pacotes ocorrem nos intervalos 20,30 a 20,25 m (amostra 20,26) e 20,20 a 20,15 m (amostra 20,16 m). Estes intervalos apresentam como característica, além da alteração litológica, elevadas abundâncias de formas bentônicas, oscilando entre 23,73 e 19,11% respectivamente e baixos valores de abundância total de foraminíferos.

Zona U (intervalo 19,84 a 16,32 m; espessura 3,52 m): Glacial / Pleistoceno

A Zona U (Tabela 2; Figura 8) é caracterizada pela ausência de representantes do plexo *Globorotalia menardii* enquanto o plexo *Pulleniatina* está presente ao longo de todo o intervalo com valores entre a presença no resíduo e 3,75%. No BS-C a Zona U esta localizada no intervalo entre 19,93 a 16,54 m (espessura: 3,52 m), sendo representada em 17 amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas levemente carbonáticas (LL), lamas ricas em carbonatos (LR), margas (MG) e lâminas de areia (AR) presentes nos intervalos 19,70 a 19,60 m e 17,80 a 17,72 m. A Zona U apresentou como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Ausência total do plexo *G. menardii*;
- Plexo *Pulleniatina* é constante (resíduo a 3,19%; média 1,09%);

- *G. truncatulinoides* é constante (0,02 a 3,75%; média 1,61%);
- *G. crassaformis* oscila entre zero a 3,61% (média 0,99%);
- *G. conglobatus* oscila entre zero e 3,1% (média 0,78%);
- *O. universa* oscila entre zero e 1,35% (média de 0,32%);
- *N. dutertrei* oscila entre zero e 3,38% (média 0,87%), próximo aos limites (inferior e superior) da Zona aumenta sua abundância;
- *G. inflata* é constante e oscila entre 0,07 e 10,23% (média 3,71%);
- Abundância total oscila entre 100 e 3.115 ind/gr. (média 1.632 ind/gr.);

Os maiores valores do plexo *Pulleniatina* são observados na base da Zona (intervalo 19,94 a 16,88 m), enquanto no topo (intervalo 16,88 a 16,32 m) o plexo é raro. *G. inflata* é constante ao longo de todo o intervalo (0,07 a 10,23%; média 3,71%) e junto a *N. dutertrei*, apresentam os maiores valores próximo aos limites inferior (T/U) e superior (U/V). *G. truncatulinoides* oscila entre 0,02 e 3,75%, sendo os maiores valores observados no centro da Zona. A espécie apresentou alternância no sentido de enrolamento, onde na base do intervalo (entre 19,84 e 19,24 m) dominam *G. truncatulinoides* (dex), passando no centro da Zona (intervalo 19,24 a 16,68 m) para a dominância de *G. truncatulinoides* (sin). Em direção ao topo do intervalo há uma nova alteração onde espécimes dextrais passam a dominar novamente (intervalo 16,68 a 16,32 m). Este caráter foi utilizado de forma complementar para a identificação e posicionamento do limite U2/U1.

G. crassaformis oscila entre zero a 3,61% (média 0,99%), apresentando um pico de abundância próximo ao limite U2/U1, enquanto *G. conglobatus* apresenta seu pico de abundância na base da Zona U. Os resultados permitiram a divisão da Zona U em duas subzonas (U2 e U1), esta divisão está fundamentada nas alterações observadas no plexo *Pulleniatina*, complementadas pela alteração no sentido do enrolamento da espécie *G.*

truncatulinoides e na abundância de *G. inflata*. De forma complementar utilizou-se a curva da espécie *G. conglobatus*.

A **Subzona U2** é caracterizada pelos maiores valores do plexo *Pulleniatina* (entre 0,7 e 3,19%), seguida de diminuição de *G. inflata* (entre 0,07 e 5,91%) e domínio de *G. truncatulinoides* (sin). *G. conglobatus* e *G. inflata* também apresentam maior expressão ao longo deste intervalo. A Subzona está representada no intervalo 19,24 a 16,68 m (espessura: 2,36 m) e representada em 11 amostras onde dominam sedimentos compostos por lamias pobres em carbonatos (LL), lamias ricas em carbonatos (LR), margas (MG) e uma lâmina de areia (AS) com oito centímetros de espessura. A Subzona U2 apresentou como características bioestratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Maior abundância do plexo *Pulleniatina* (0,7 a 3,19%; média 1,42%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,7 e 3,75% (média 1,73%), com domínio de espécimes sinistrais (88,56%);
- Menores valores de *G. inflata* (0,07 e 5,91%; média 2,37%);
- *G. conglobatus* apresentam valores entre 0,01 e 1,46% (média 0,64%);

O limite entre U2/U1 é marcado pela diminuição do plexo *Pulleniatina*, que passa a ser raro, e alteração no domínio de *G. truncatulinoides* (sin) para *G. truncatulinoides* (dex) seguida de diminuição na expressão de *G. truncatulinoides* e *G. conglobatus*.

A **Subzona U1** é marcada pela diminuição do plexo *Pulleniatina*, que se torna raro (<0,02%), seguido do aumento de *G. truncatulinoides* (dex) e leve aumento de *G. inflata* (2,71 e 8,4%). A Subzona está representada no intervalo 16,88 a 16,21 m (espessura: 0,56 m) e está representada por duas amostras onde dominam sedimentos

compostos exclusivamente por margas (MG). A Subzona U1 apresentou como características bioestratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *Pulleniatina* é raro (<0,02%);
- *Globortotalia truncatulinoides* oscila entre 0,94 e 1,83% (média 1,38%);
- *Globorotalia inflata* com valores entre 2,71 e 8,4% (média 5,56%);
- Baixa representatividade de *G. conglobatus* (média 0,07 %);

O limite U1/V (U1/V3) é marcado pelo reaparecimento do plexo *Globorotalia menardii*, seguido do aumento de *Globorotalia truncatulinoides* e diminuição de *Globorotalia inflata*.

Zona V (intervalo 16,32 a 5,06 m; espessura 11,26 m): Interglacial / Pleistoceno

A Zona V (Tabela 2; Figura 8) é marcada pela consistente presença do plexo *G. menardii*, no BS-C representa o intervalo 16,32 a 5,06 m onde a abundância relativa do plexo oscila entre zero e 12,2% e tem como principais espécies *G. menardii* e *G. tumida* (zero e 7,81% e zero e 4,6% respectivamente), enquanto *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente (zero e 0,55%). O plexo *Pulleniatina* apresenta menor constância e abundância na região basal da Zona, chegando a intervalos de ausência (16,20 a 14,85 m, 13,81 a 13,50 m e 13,10 a 11,50 m), enquanto na região superior (intervalo 11,50 a 5,06 m) aparece de forma constante. As demais espécies apresentam grandes oscilações em sua abundância e serão discutidas ao longo das descrições das subzonas identificadas. Esta Zona é a mais espessa identificada no BS-C (11,26 m), sendo representada em 63 amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas pobres em carbonatos (LL), lamas ricas em carbonatos (LR), margas (MG), uma vasa carbonática (VNF) e lâminas de areia (AR) que variam entre cinco e 30 cm de espessura.

Figura 8. Bioestratigrafia do testemunhos BS-C baseado no zoneamento climático de Ericson & Wollin (1968); datuns globais (Damuth, 1975) e locais (Vicalvi, 1997, 1999; este trabalho); abundância relativa das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas; abundância relativa de foraminíferos bentônicos e número total de foraminíferos (FP+FB) por gr/sed..

A Zona V apresentou como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre zero e 12,42% (média 4,43%);
 - *G. menardii* oscila entre zero e 7,81% (média 3,06%);
 - *G. m. flexuosa* é rara ou ausente (zero e 0,55%; média 0,08%);
 - *G. tumida* oscila entre zero e 4,6% (média 1,26%);
- Plexo *Pulleniatina* oscila entre zero e 1,44% (média 0,24%); constante na parte superior (intervalo 11,50 a 5,06 m), enquanto na parte inferior apresenta menor constância e abundância, chegando a intervalos de ausência (16,20 a 14,85 m, 13,81 a 13,50 m e 13,10 a 11,50 m);
- *G. truncatulinoides* oscila entre zero e 11,08% (média 2,34%);
- *G. crassaformis* oscila entre zero e 2,97% (média 0,52%);
- *G. conglobatus* oscila entre zero e 5,65% (média 0,78%); nos intervalos 10,79 m (5,65%) e 10,89 m (4,68%) ocorrem os maiores valores de todo o testemunho;
- *O. universa* oscila entre zero e 1,86%; (média de 0,27%); nos intervalos 13,35 m (1,49%) e 13,65 m (1,86%) ocorrem os maiores valores de todo o testemunho;
- *N. dutertrei* oscilando entre zero e 4,54% (média 0,7%);
- *G. inflata* oscila entre zero e 6,21% (média 2,05%);
- Abundância total oscila entre 47 e 4.118 ind/gr. (média 1.442 ind/gr.);

Ao longo do intervalo representado pela Zona V observar-se a presença de pacotes arenosos (AR) intercalados por lamas, estes localizados entre a base da Zona e a profundidade de 9,57 m. Apresentam diferentes espessuras, oscilando entre cinco e 30

cm, evidenciando eventos de descarga sedimentar no talude, onde as abundâncias de foraminíferos bentônicos são significativas.

A partir do controle dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina* e das espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata* o intervalo representado pela Zona V pode ser dividido em três subzonas (V3, V2 e V1). O comportamento apresentado pelo plexo *Pulleniatina* ao longo das subzonas V3 e V2 permitiu a identificação de um conjunto de horizontes de correlação locais e a divisão da subzona V2 em duas (V2B e V2A).

A **Subzona V3** é marcada pela presença do plexo *G. menardii* onde *G. menardii* é a principal componente do plexo (entre zero e 7,81%), seguida de *G. tumida* (entre zero e 4,6%) enquanto *G. m. flexuosa* é rara ou ausente. Esta Subzona foi reconhecida no intervalo entre 16,32 e 13,10 m (espessura: 3,22 m) e está representada em 16 amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas levemente carbonáticas (LL), lamas ricas em carbonatos (LR), margas (MG), uma vasa carbonática (VNF) e lâminas de areia (AR) que variam entre sete e 15 cm. A Subzona V3 apresentou como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre zero e 12,42% (média 3,88%);
 - *G. menardii* oscila entre zero e 7,81% (média 2,63%);
 - *G. m. flexuosa* é rara ou ausente (zero a 0,08%; média 0,02%);
 - *G. tumida* oscila entre zero e 4,6% (média 1,22%);
- Plexo *Pulleniatina* é rara ou ausente (zero a 0,98%; média 0,17%); nos intervalos 16,20 a 14,85 m e 13,81 a 13,50 m o plexo é ausente;
- *G. truncatulinoides* apresenta valores entre zero e 4,98% (média 2,47%);
- *G. inflata* oscila entre zero e 5,62% (média 1,88%); próximo ao limite inferior e superior da subzona observa-se os maiores valores;

O comportamento do plexo *Pulleniatina* é marcado por constantes desaparecimentos e reaparecimentos observados nas subzonas V3 e V2. Este comportamento permite que um conjunto de horizontes de correlação seja proposto para as correlações locais. No BS-C o plexo está presente na base da subzona, desaparecendo logo após o limite U/V (16,20 m) e marcando o horizonte *VP.1* (*Datum* de Desaparecimento Local – DDL; este trabalho). O plexo reaparece no registro no intervalo entre 14,85 e 13,81 m, sendo o seu retorno reconhecido como horizonte *VP.4* (14,85 m) e o desaparecimento subsequente como horizonte *VP.5* (13,81 m). Associado a este intervalo (*VP.4* a *VP.5*) ocorre a fácies VNF e os maiores valores do plexo. Próximo ao topo da Subzona o plexo torna a reaparecer, marcando o horizonte *VP.6* (13,50 m) e volta a desaparecer pela última vez na Zona V na profundidade 13,10 m, marcando o horizonte *VP.7*. O último desaparecimento do plexo ocorre associado a uma queda na expressão do plexo *G. menardii* e um pico de abundância de *G. truncatulinoides*, marcando o limite V3/V2.

As espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata* apresentam seus maiores picos de abundância próximos ao limite inferior (U1/V3) e superior (V3/V2). As espécies *G. crassaformis*, *G. conglobatus*, *O. universa* e *N. dutertrei* apresentam um ou mais picos de abundância ao longo da Subzona, sem aparente significado estratigráfico. O limite V3/V2 é marcado pela diminuição do plexo *G. menardii*, seguido de aumento em *G. inflata* e *G. truncatulinoides* e posicionado no contato entre uma fácies LL e MG.

Próximos ao centro da Subzona são observados pelo menos três eventos de remobilização sedimentar marcados por intercalações de pacotes arenosos (AR) e lamas ricas em carbonatos (LR). Estes pacotes ocorrem nos intervalos 15,25 a 15,10 m (amostra 15,16 m), 15,00 a 15,85 m (amostra 14,93 m) e 14,55 a 14,48 m (amostra 14,53 m). Estes intervalos apresentam como característica, além da alteração litológica,

elevadas abundâncias de formas bentônicas, oscilando entre 20,25 e 39,04% (amostra 15,16 m - 27,18%; amostra 14,93 m - 20,25% e amostra 14,53 m - 39,04%) e os menores valores de abundância total corrigida de toda a subzona. Com base na variação sedimentológica e na composição da fauna interpretou-se estes intervalos (amostras 15,16, 14,93 e 14,53 m) como resultantes de descargas sedimentares no talude.

A **Subzona V2** é caracterizada pela constante presença do plexo *G. menardii*, onde *G. menardii* é a principal componente, seguida de *G. tumida*, enquanto *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente. A base da Subzona é marcada pela ausência de *G. menardii flexuosa* e do plexo *Pulleniatina*, que reaparecem próximo ao meio da sequência, marcando o horizonte VP.8 (11, 50 m). A ausência do plexo *Pulleniatina* e da espécie *G. menardii flexuosa* e o domínio de *G. truncatulinoides* (sin) na base da Subzona V2 foram utilizadas como critério para a divisão da Subzona V2 em V2B e V2A. Assim, a Subzona V2B é caracterizada principalmente pela ausência do plexo *Pulleniatina* e da espécie *G. menardii flexuosa*. De forma complementar foi observado o domínio de *G. truncatulinoides* (sin) e a diminuição em sua abundância após o limite V3/V2, seguida por um ligeiro aumento próximo ao limite V2B/V2A (horizonte VP.8). A Subzona V2 foi reconhecida no intervalo entre 13,10 a 8,25 m (espessura; 4,85 m) e está representada em nove amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas levemente carbonáticas (LL), lamas ricas em carbonatos (LR), margas (MG) e pacotes arenosos (AR) que variam entre cinco e 31 cm. A Subzona V2B apresentou como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre zero e 10,27% (média 4,37%);
 - *G. menardii* oscila entre zero e 7,37% (média 3,28%);
 - *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente (< 0,01%);
 - *G. tumida* oscila entre zero e 2,90% (média 1,09%);

- Plexo *Pulleniatina* é ausente;
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,8 e 11,08% (média 3,63%), com domínio de espécimes sinistrais (média 82,30%);
- *G. inflata* oscila entre 0,01 e 1,91% (média 0,55%);

A **Subzona V2B** esta representada no intervalo 13,10 a 11,50 m e é marcada pela constante presença do plexo *Globorotalia menardii* onde *G. menardii flexuosa* e o plexo *Pulleniatina* são ausentes. Este comportamento, complementado pelo controle no sentido de enrolamento de *Globorotalia truncatulinoides* subsidiou a sugestão apresentada por Ferreira (2011) de subdivisão da Subzona V2 em duas (V2B e V2A) a partir da criação do horizonte de correlação VP.8. Este horizonte foi posicionado no BS-C na profundidade 11,50 m e divide a V2 em duas, sendo a V2B caracterizada pela ausência total ou baixa representatividade do plexo *Pulleniatina* e domínio *G. truncatulinoides* (sin), enquanto a V2A é caracterizada pela presença do plexo e domínio de *G. truncatulinoides* (dex). A escolha do nome do horizonte foi baseada na proposta de Kowsmann & Vicalvi (2003) que utilizaram o critério presença/ausência do plexo *Pulleniatina* para a divisão da subzona Y1 em Y1B e Y1A.

A **Subzona V2A** (intervalo 11,50 a 8,25 m) apresentou como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre 0,87 e 7,48% (média 4,61%);
 - *G. menardii* com valores entre 0,63 e 6,04% (média 3,11%);
 - *G. m. flexuosa* oscila entre zero e 0,55% (média 0,13%);
 - *Globorotalia tumida* oscila entre zero e 2,89% (média 1,37%);
- Plexo *Pulleniatina* oscila entre presente e 1,44% (média 0,41%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,02 e 5,00% (média 2,63%), domínio de espécimes dextrais (53%);

- *G. inflata* oscila entre zero e 6,21% (média 2,27%);

A Subzona V2A é marcada pelo retorno do plexo *Pulleniatina* ao registro, por valores mais elevados para todos os representantes do plexo *G. menardii* e o domínio de *G. truncatulinoides* (dex). A espécie *G. inflata* apresenta um ou mais picos de abundância, com destaque a metade superior da subzona, diminuindo sua abundância próximo ao limite superior (V2/V1). O limite V2/V1 é marcado pela diminuição do plexo *G. menardii* e *G. truncatulinoides*, seguido de aumento de *G. inflata* e posicionado no contato litológico entre as fácies LR e MG.

Ao longo da subzona são observados eventos de remobilização sedimentar marcados por intercalações de pacotes arenosos (AR) com lamas ricas em carbonatos (LR) ou margas (MG), estes pacotes ocorrem nos intervalos 11,93 a 11,88 m (amostra 11,88 m), 11,64 a 11,50 m (amostra 11,56 m), 11,25 a 11,20 m (amostra 11,21 m) e 9,88 a 9,57 m (amostras 9,87, 9,67 e 9,57 m). Os pacotes localizados na região basal da subzona apresentam como característica, além da alteração litológica, elevadas abundâncias de formas bentônicas, oscilando entre 18,23 e 76,16% (amostra 11,88 m e 11,56 m respectivamente) e os menores valores de abundância total de toda a Subzona (amostra 11,88 m com 210 espécimes e 11,56 m com 478 espécimes). Com base na variação sedimentológica e na composição da fauna interpretou-se estes intervalos como resultantes de descargas sedimentares no talude. A amostra 11,21 m representa um pacote arenoso (intervalo 11,25 a 11,20 m) onde os foraminíferos bentônicos (0,59%) e a fauna total corrigida (600 espécimes) apresentam valores baixos. O intervalo 9,88 a 9,57 m representa, segundo Kowsmann *et al.* (2008), um pacote arenoso resultante de transporte de massa, este caracterizado por abundâncias de foraminíferos bentônicos entre 1,03 e 2,56%, enquanto as fauna total corrigida oscila entre 1.072 e 1.550 espécimes.

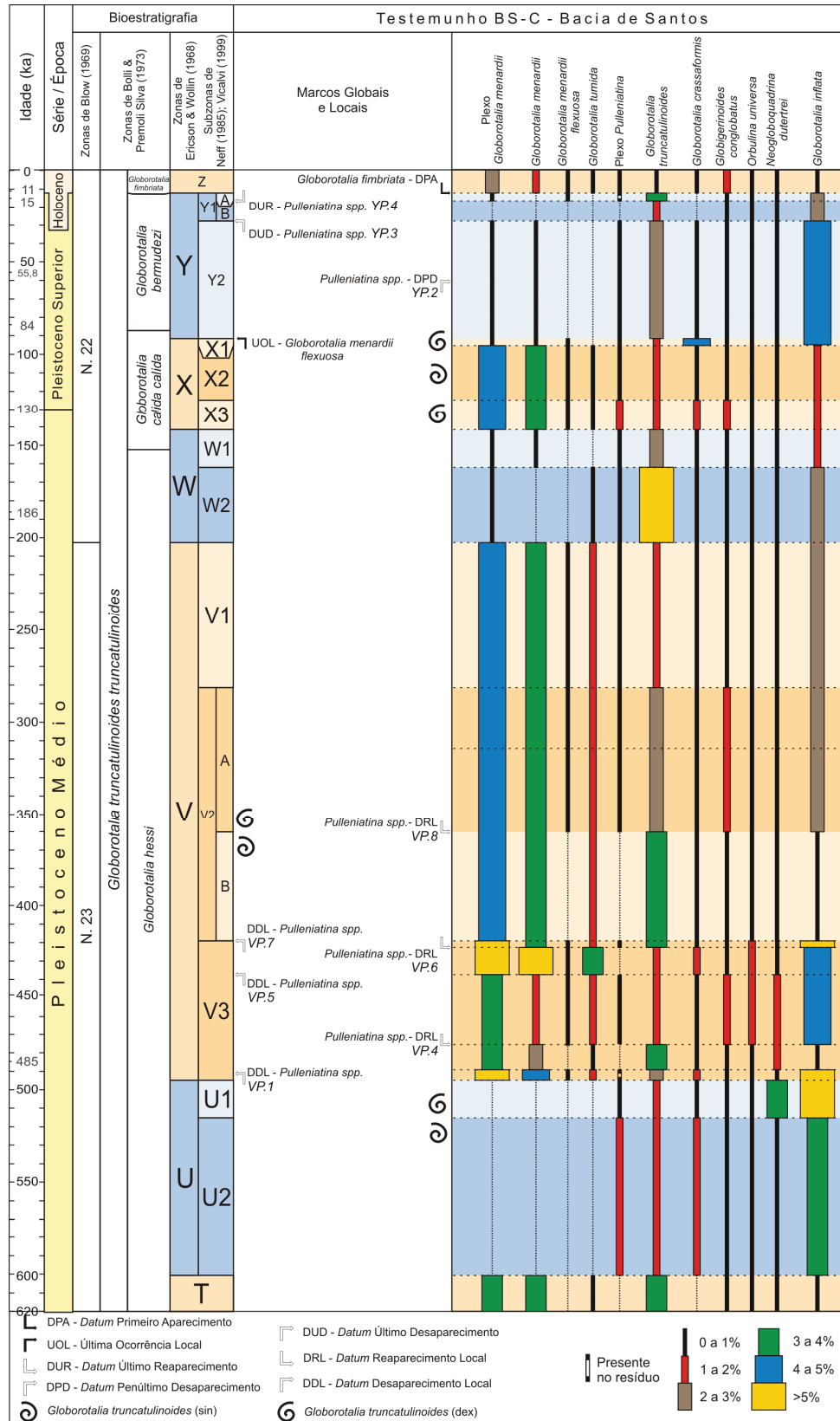


Figura 9. Arcabouço bioestratigráfico do testemunho BS-C. Idade (ka); Série/Época; Zonas de Blow (Blow, 1969) e de Bolli & Premoli Silva (1973); Zoneamento climático de Ericson & Wollin (1968); Datums locais, globais e abundância relativa média das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas.

A **Subzona V1** é marcada pela consistente presença dos plexos *G. menardii*, onde as espécies *G. menardii* (1,03 a 6,72%) e *G. tumida* (0,15 a 2,41%) são as espécies mais importantes do plexo, enquanto *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente (zero e 0,48%). Esta Subzona foi reconhecida no intervalo 8,25 a 5,06 m (espessura: 31,9 m) e está representada em 18 amostras onde dominam sedimentos compostos por lamelas levemente carbonáticas (LL), lamelas ricas em carbonatos (LR) e margas (MG). A Subzona V1 apresentou como características bioestratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* é constante (1,44 a 8,55% (média 4,60%);
 - *G. menardii* com valores entre 1,03 e 6,72% (média 3,25%);
 - *G. m. flexuosa* é rara ou ausente (zero e 0,48%; média 0,12%);
 - *G. tumida* entre 0,15 e 2,41% (média 1,21%);
- Plexo *Pulleniatina* é constante, oscilando entre a presença no resíduo e 0,84% (média 0,28%);
- *G. truncatulinooides* oscila entre 0,25 e 4,07% (média 1,32%), com domínio de espécimes dextrais (53,94%);
- *G. inflata* oscila entre 0,64 e 5,47% (média 2,81%);

O plexo *Pulleniatina* e *G. truncatulinooides* estão presentes ao longo de toda a Subzona, onde *G. truncatulinooides* apresentando valores menores quando comparada com as demais (V3 e V2) e apresenta próximo ao topo um pico de abundância o que auxilia o reconhecimento do limite V1/W. *G. inflata* também aparece de forma constante, podendo apresentar um ou mais picos de abundância ao longo do intervalo. O limite V/W (V1/W) é marcado pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, enquanto a espécie *G. truncatulinooides* apresenta um pico de abundância na base da zona W. A espécie *G. inflata* apresenta uma pequena queda após o limite.

Zona W (intervalo 5,06 a 4,30 m; espessura 0,76 m): Glacial / Pleistoceno

A Zona W (Tabela 2; Figura 8) é caracterizada pela ausência ou baixa representatividade do plexo *G. menardii* (zero a 0,34%) e *Pulleniatina* que aparece de forma constante no resíduo. Reconhecida no intervalo 5,06 a 4,30 m (espessura: 0,76 m) a Zona está representada em seis amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas ricas em carbonatos (LR) e lâminas de areia (AR) presentes nos intervalos 5,06 a 4,92 m e 4,55 a 4,50 m. A Zona W apresentou como características bioestratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* é raro ou ausente (zero e 0,34%; média 0,07%);
- Plexo *Pulleniatina* é raro (zero a 0,64%; média 0,14%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 2,19 e 6,68%; domínio de espécimes dextrais (média de 63%);
- *G. crassaformis* com valores entre 0,08 e 2,15% (média 0,58%);
- *G. conglobatus* apresenta valores entre 0,02 e 1,57% (média 0,52%);
- *O. universa* é constante (0,04 a 1,20%; média 0,29%);
- *N. dutertrei* com oscila zero e 0,81% (média 0,39%);
- *G. inflata* oscila entre 1,14 e 3,65% (média 2,19%);
- A abundância total oscila entre 605 e 2.573 ind/gr. (média 1.734 ind/gr.).

G. truncatulinoides apresenta um pico de abundância na base da Zona, diminuindo em direção ao topo, com os menores valores ocorrendo próximo ao limite superior (W/X). A espécie *G. inflata* é registrada de forma constante ao longo do intervalo (1,14 e 3,52%). O comportamento das espécies *G. truncatulinoides*, *N. dutertrei* e *G. inflata* permitiram o reconhecimento do limite W2/W1, posicionado a 4,74 m de profundidade.

A **Subzona W2** é marcada pela ausência ou baixa abundância dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina*, enquanto *G. truncatulinoides* apresenta seu pico de abundância

nesta subzona, diminuindo seu valor após o limite W2/W1. Reconhecida no intervalo 5,06 a 4,64 m (espessura: 0,32 m) está representada em três amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas ricas em carbonatos (LR) e uma lâmina de areia com 14 cm. A Subzona W2 apresentou como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Ausência/baixa abundância do plexo *G. menardii* (zero e 0,34%; média 0,12%);
- Baixa abundância do plexo *Pulleniatina* (zero e 0,19%; média 0,07%);
- Valores elevados de *G. truncatulinoides* (4,06 e 6,68%; média 5,17%);

A espécie *O. universa* apresenta um pico de abundância próximo ao limite equanto as demais espécies, *G. crassaformis* (entre 0,23 e 0,42%) e *G. conglobatus* (entre 0,35 e 0,52%) estão presentes com baixos valores. O limite W2/W1 é marcado por um abrupto aumento de *G. inflata* seguido de decréscimo de *N. dutertrei*, a identificação deste comportamento, complementado pela curva apresentada pelo *G. truncatulinoides* auxiliaram o reconhecimento do limite W2/W1. A base da Subzona é marcada pela presença de um pacote arenoso (intervalo 5,06 a 4,92 m) representado pela amostra 4,98 m.

A **Subzona W1** é marcada pelo aumento na expressão do plexo *Pulleniatina*, concomitante com a diminuição de *G. truncatulinoides*. Reconhecida no intervalo 4,64 a 4,30 m (espessura: 0,44 m) está representada em três amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas ricas em carbonatos (LR) e uma lâmina de areia com cinco centímetros de espessura. A Subzona W1 apresenta como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre zero e 0,03% (média 0,02%);
- Aumento do plexo *Pulleniatina* (zero a 0,64%; média 0,21%);

- Diminuição de *G. truncatulinoides* (2,19 a 2,45%; média 2,28%);

G. crassaformis e *G. conglabatus* apresentam as maiores abundâncias, enquanto *G. inflata* e *N. dutertrei* aparecem com valores inferiores ao da W2. A espécie *O. universa* apresenta baixa abundância nesta subzona, entre 0,04 e 0,19%. O limite entre as Zonas W/X (W1/X3) é marcado pelo retorno do plexo *G. menardii*, seguido pelo aumento do plexo *Pulleniatina* e pelo decréscimo nos valores de *G. inflata* e *G. truncatulinoides*. O limite foi ajustado ao contato entre as fácies LR e MG.

Na base desta subzona foi observada a existência de uma lâmina de areia com espessura aproximada de cinco centímetros, representada pela amostra 4,55 e 4,50 m. Estas apresentam como característica as maiores abundância de foraminíferos bentônicos (entre 3,3 e 3,52%) e os menores valores de fauna total corrigida (entre 605 e 682 ind/gr.) observados ao longo de toda a Zona W, apresentando desta forma, evidências de que estes pacotes arenosos sejam resultado de descargas sedimentares que chegam ao talude promovendo a remobilização do material.

Zona X (intervalo 4,30 a 2,37 m; espessura 1,93 m): Interglacial / Pleistoceno

A Zona X (Tabela 2; Figura 8) é caracterizada pela constante presença do plexo *G. menardii*, onde se destaca a espécie *G. menardii flexuosa* como uma das principais representantes, apresentando seu datum de desaparecimento no topo da biozona. Reconhecida no intervalo 4,30 a 2,37 m (espessura: 1,93 m) está representada por seis amostras onde dominam sedimentos compostos por lamias levemente carbonática (LL) e margas (MG). A Zona X apresentou como características biosstratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Retorno do plexo *G. menardii* (0,11 e 5,85%; média 3,70%);
 - *G. m.* apresenta valores entre 0,07 e 4,52% (média 2,79%);

- *G. menardii flexuosa* é rara (0,04 a 0,88%; média 0,39%);
- *G. tumida* oscila entre zero e 1,41% (média 0,52%);
- O plexo *Pulleniatina* oscila entre zero e 1,95% (média 0,66%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,66 e 1,58% (média 1,24);
- Constante presença de *G. crassaformis* (0,02 a 4,32; média de 1,14%);
- *G. conglobatus* oscila entre 0,12 e 3,10% (média 0,76%); ocorre um pequeno aumento nos valores próximo ao limite inferior;
- *O. universa* é constante (0,01 e 0,24%; média 0,11%);
- *N. dutertrei* é rara ou ausente (zero a 0,54%; média 0,21%);
- *G. inflata* oscila entre zero e 2,5% (média 1,21%);
- Abundância total oscila entre 784 e 3.441 ind/gr. (média 1.944 ind/gr.).

O plexo *Pulleniatina* e as espécies *G. inflata* e *G. crassaformis* aparecem de forma significativa em alguns intervalos. A espécie *G. truncatulinoides* pode apresentar um ou mais picos de abundância, mas sem aparente significado estratigráfico, enquanto as espécies *G. crassaformis*, *G. conglobatus*, *O. universa* e *N. dutertrei* apresentam algum significado nas subzonas identificadas. Utilizando a variação observada nos plexos *G. menardii* (espécie *G. menardii flexuosa*) e *Pulleniatina* e nas espécies *G. inflata* e *G. crassaformis* pode-se dividir as Zona X em três subzonas (X3, X2 e X1).

A **Subzona X3** é marcada pela ausência ou baixa abundância da espécie *G. menardii flexuosa*, enquanto o plexo *Pulleniatina* e as espécies *G. crassaformis* e *G. conglobatus* apresentam um pico de abundância nesta subzona. Reconhecida no intervalo 4,30 a 3,80 m (espessura: 0,50 m) está representada por duas amostras onde dominam os sedimentos compostos por lamas levemente carbonática (LL) e margas (MG). A Subzona X3 apresentou como características biosstratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre 2,91 e 5,85% (média 4,38%);
 - *G. menardii* oscila entre 2,8 e 4,52% (média 3,66%);
 - *G. m. flexuosa* oscila entre 0,06 e 0,88% (média 0,47%);
 - *G. tumida* com oscila 0,06 e 0,45% (média 0,26%);
- Plexo *Pulleniatina* com oscila 1,09 e 1,95% (média 1,52%);
- *G. crassaformis* oscila entre 0,02 e 2,11% (média 1,07%);
- *G. inflata* oscila entre zero e 2,50% (média 1,25%);

O. universa, *N. dutertrei* e *G. inflata* podem apresentar um ou mais picos de abundância ao longo desta subzona. O limite X3/X2 é marcado pelo aumento na espécie *G. menardii flexuosa*, seguido pela diminuição nos valores observados das espécies do plexo *Pulleniatina*, *G. inflata*, *G. crassaformis* e *G. conglobatus*.

O topo desta subzona é interpretado como uma superfície estratigráfica representada por uma Superfície de Inundação Máxima (SIM), apresentando valores elevados de abundância total de foraminíferos (amostra 3,96 m com 34.411 espécimes). O reconhecimento desta superfície se apóia no reconhecimento de elevadas abundâncias de foraminíferos planctônicos (99,15%), baixos valores de foraminíferos bentônicos (0,85%) e principalmente no pico de abundância máxima da fauna total (foraminíferos planctônicos + bentônicos). Após este limite a curva demonstra tendência de queda até próximo ao limite X2/X1.

Ao longo da **Subzona X2** *G. menardii flexuosa* aparece de forma mais expressiva, sendo mais constante do que nas demais subzonas, enquanto o plexo *Pulleniatina* aparece com os menores valores oscilando entre a presença no resíduo e 0,03%. Reconhecida no intervalo 3,80 a 2,78 m (espessura: 1,02 m) está representada por três amostras onde dominam sedimentos compostos exclusivamente por lamas levemente carbonática (LL).

A Subzona X2 apresentou como características biosetratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* apresenta valores entre 4,30 e 4,72% (média 4,44%);
 - *G. menardii* com valores entre 2,73 e 3,51% (média 3,12%);
 - *G. m. flexuosa* com valores entre 0,30 e 0,57% (média 0,46%);
 - *G. tumida* com valores entre 0,51 e 1,41% (média 0,87%);
- Plexo *Pulleniatina* oscila entre a presença no resíduo e 0,03% (média 0,01%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,66 e 1,58% (média 1,24%); domínio de indivíduos sinistrais (média 69%);
- *G. conglobatus* apresenta os menores valores nesta subzona (0,12 a 0,67%; média 0,33%);
- *G. crassaformis* com valores entre 0,1 e 0,18% (média 0,14%);
- *G. inflata* entre 0,96 e 1,52% (média 1,19%).

O mesmo comportamento de redução de abundância apresentado pelo plexo *Pulleniatina* é observado em *G. inflata*, *G. crassaformis* e *G. conglobatus* que apresentam seus menores valores, enquanto as espécies *O. universa* e *N. dutertrei* são raras ou ausentes neste intervalo. O limite X2/X1 é marcado por uma pequena queda nos valores de *G. menardii flexuosa*, seguida pelo aumento do plexo *Pulleniatina* e das espécies *G. inflata* e *G. crassaformis*.

A **Subzona X1** é marcada pelo retorno do plexo *Pulleniatina* com valores significativos, enquanto a espécie *G. menardii flexuosa* pode apresentar picos de abundância ao longo deste intervalo, desaparecendo no topo da subzona (limite X1/Y). Reconhecida no intervalo 2,78 a 2,37 m (espessura: 0,41 m) a Subzona está representada por uma amostra composta exclusivamente por lamas levemente

carbonática (LL). A Subzona X1 apresentou como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* com 0,11%;
 - *G. menardii* com 0,07%;
 - *G. menardii flexuosa* com 0,04%;
 - Ausência de *G. tumida*;
- Plexo *Pulleniatina* com 0,91%;
- *G. crassaformis* com 1,44%;
- *G. conglobatus* com 0,26%;
- *G. crassaformis* com 4,32%;
- *G. inflata* com 4,02%.

G. inflata e *G. crassaformis* voltam a apresentar maiores abundâncias, *G. conglobatus* pode apresentar pico de abundância após o limite X2/X1, enquanto *O. universa* e *N. dutertrei* são raras ou ausentes. O limite X1/Y é marcado pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, principalmente a espécie *G. menardii flexuosa*, este evento foi datado em 84 ka por Damuth (1975) e é um dos principais datuns existente ao longo do Quaternário. O plexo *Pulleniatina* volta apresentar queda em sua abundância após este limite, o mesmo é observado na espécie *G. crassaformis*, enquanto *G. inflata* apresenta um aumento em sua abundância.

Zona Y (intervalo 2,78 a 0,25 m; espessura 2,53 m): Glacial / Pleistoceno

A Zona Y (Tabela 2; Figura 8) é marcada pela ausência do plexo *G. menardii* e pelas oscilações do plexo *Pulleniatina* que permitiram o reconhecimento de dois biohorizontes, YP.3 de Vicalvi (1999) e YP.4 de Vicalvi (1999) e Sanjinés (2006), este horizontes definem os limites entre as subzonas Y2/Y1 (0,90 m) e Y1B/Y1A (0,55 m).

Reconhecida no intervalo 2,37 a 0,25 m (espessura: 2,53 m) a Zona está representada em nove amostras onde dominam os sedimentos compostos por lamelas levemente carbonáticas (LL), lamelas ricas em carbonato (LR) e margas (MG). A Zona Y apresentou como características bioestratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Ausência/baixa abundância do plexo *G. menardii* (zero a 0,22; média 0,03%);
- O plexo *Pulleniatina* oscila entre a presença no resíduo e 1,53% (média 0,39%); ausente no intervalo 0,90 a 0,55 m, caracterizando a subzona Y1B de Kongsman & Vicalvi (2003);
- Constante presença de *G. truncatulinoides* (1,44 a 4,08%; média 2,5%);
- *G. crassaformis* oscila entre zero e 4,32% (média 0,76%), destaca-se o intervalo 2,37 a 2,12 m onde apresenta os maiores valores de todo testemunho;
- *G. conglobatus* é constante (0,02 a 0,79%; média 0,35%);
- *O. universa* oscila entre zero e 0,69% (média 0,09%);
- *N. dutertrei* é rara ou ausente (zero e 1,2%; média 0,28%);
- *G. inflata* presente em toda a Zona (1,37 a 8,26%; média 4,05%);
- Abundância total oscila entre 420 e 1.685 ind/gr. (média 1.098 ind/gr.).

G. truncatulinoides e *G. inflata* estão representadas ao longo de toda a Zona com valores significativos, as espécies *N. dutertrei* e *O. universa* apresentam algum significado na metade superior da zona, enquanto *G. crassaformis* e *G. conglobatus* apresentam algum significado na região basal. Através do reconhecimento dos biohorizontes YP.3 e YP.4 a Zona Y foi dividida em três subzonas (Y2, Y1B e Y1A).

A **Subzona Y2** é caracterizada pela presença do plexo *Pulleniatina*, onde pode apresentar um ou mais picos de abundância. Reconhecida no intervalo 2,37 a 0,90 m

(espessura: 1,47 m) a Subzona está representada por seis amostras, onde dominam sedimentos compostos por lamas levemente carbonáticas (LL) e lamas ricas em carbonatos (LR). A Subzona Y2 apresentou como características bioestratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Presença do plexo *Pulleniatina* (presença no resíduo a 1,53%; média 0,5%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 1,51 e 4,08% (média 2,74%);
- *G. crassaformis* oscila entre zero e 1,55% (média 0,41%);
- Elevados valores de *G. inflata* próximo aos limites inferior e superior (1,37 a 8,26%; média 4,58%);

A Subzona apresenta seu limite inferior (X/Y2) posicionado a 2,37 m e definido com base no desaparecimento da espécie *G. menardii flexuosa* (84 ka), o limite superior (Y2/Y1) foi posicionado a 0,90 m e fundamentado no reconhecimento do biohorizonte YP.3 . *G. inflata* e *G. truncatulinoides* podem apresentar um ou mais picos de abundância neste intervalo com valores significativos próximo ao topo da subzona. A espécie *G. crassaformis* apresenta significado na parte basal do intervalo, enquanto *G. conglobatus* apresenta seus maiores percentuais no meio da seqüência. As espécies *N. dutertrei* e *O. universa* podem apresentar algum significado próximo ao topo da subzona. O limite Y2/Y1B é marcado pelo desaparecimento do plexo *Pulleniatina* (horizonte YP.3 de Vicalvi, 1999).

A **Subzona Y1B** é caracterizada pela ausência do plexo *Pulleniatina*, seu limite inferior (Y2/Y1B) é marcado pelo biohorizonte YP.3 (0,90 m), enquanto o superior (Y1B/Y1A) é marcado pelo biohorizonte YP.4 (0,55 m). Reconhecida no intervalo 0,90 a 0,55 m (espessura: 0,35 m) está representada por uma amostra composta por margas

(MG). A Subzona Y1B apresentou como características biostratigráficas (Figura 6) os seguintes resultados:

- Ausência do plexo *Pulleniatina*;
- *G. truncatulinoides* com 1,59%;
- *G. crassaformis* é ausente;
- *G. inflata* com 2,69%;

G. inflata e *G. truncatulinoides* diminuem seus valores quando comparadas a subzona Y2, enquanto *G. crassaformis*, *N. dutertrei*, *G. conglobatus* e *O. universa* são raras ou ausentes neste intervalo.

A **Subzona Y1A** é caracterizada pelo regresso do plexo *Pulleniatina*, seu limite inferior é marcado pelo biohorizonte *YP.4* (0,55 m) e superior (Y1A/Z) pelo regresso do plexo *G. menardii* (0,25 m). Reconhecida no intervalo 0,55 a 0,25 m (espessura: 0,30 m) está representada por uma amostra compostos por margas (MG). A Subzona Y1A apresentou como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Presença do plexo *Pulleniatina*;
- *G. truncatulinoides* com 3,06%;
- *G. crassaformis* é ausente;
- *G. inflata* com 2,24%.

Nesta subzona as espécies *G. inflata* e *G. truncatulinoides* demonstram um comportamento inverso, onde observasse a diminuição de *G. inflata*, enquanto *G. truncatulinoides* aumenta seus valores. As demais espécies, *G. crassaformis*, *G. conglobatus*, *O. universa* e *N. dutertrei* aparecem sem significado, sendo raras ou ausentes.

Zona Z (intervalo 0,25 m ao topo do testemunho; espessura 0,25 m): Holoceno

A Zona Z (Holoceno) (Tabela 2; Figura 8) é marcada pelo regresso do plexo *G. menardii* onde se destacam com maior abundância as espécies *G. menardii* seguida de *G. tumida*. Concomitante ao regresso do plexo *G. menardii* observasse a diminuição na abundância das espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata*. Reconhecida no intervalo 0,25 m ao topo do testemunho (espessura 0,25 m) a Zona está representada em apenas duas amostras onde dominam os sedimentos compostos por margas (MG), onde apresentou como características biostratigráficas (Figura 9) os seguintes resultados:

- Retorno do plexo *G. menardii* (2,64 a 3,11%; média 2,88%);
 - *G. menardii* oscila entre 1,61 e 2,28% (média 1,95%);
 - *G. menardii neoflexuosa* oscila entre 0,01 e 0,06% (média 0,04%);
 - *G. tumida* oscila entre 0,77 e 1,01% (média 0,89%);
 - *G. fimbriata* ausente;
- Presença do plexo *Pulleniatina* oscila entre 0,23 e 0,54% (média 0,38%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,19 e 1,41% (média 0,80%); domínio de espécimes dextrais (media 84%);
- *G. crassaformis* é rara (0,12 e 0,23%; média 0,18%)
- *G. conglobatus* oscila entre 0,59 e 1,49% (média 1,04%);
- *O. universa* é rara (0,01 e 0,12%; média 0,08%);
- *N. dutertrei* é rara ou ausente (zero e 0,46%; média 0,23%);
- *G. inflata* é rara (0,12 e 0,46%; média 0,29%);
- Abundância total oscila entre 1.211 e 1.739 ind/gr. (média 1.475 ind/gr.).

As demais espécies analisadas apresentam baixos percentuais, sendo as mais frequentes *O. universa* seguida de *G. conglobatus*, enquanto *G. crassaformis* e *N.*

dutertrei são raras ou ausentes. Não foi possível identificar as subzonas Z2 e Z1 de Vicalvi (1997), o que pode ser atribuído ao espaçamento amostral adotado para o estudo e ao pequeno número de amostras que representam este intervalo.

7.2. Testemunho BS-D

Os resultados obtidos na análise do conteúdo de foraminíferos planctônicos (análise bioestratigráfica) das 80 amostras provenientes do testemunho BS-D permitiram o reconhecimento de seis zonas de Ericson & Wollin (1968), estas representando intervalos glaciais (zonas U, W e Y) e interglaciais (zonas V e X) do Pleistoceno e o Holoceno (Zona Z), cobrindo as oscilações climáticas dos últimos ~530 ka. O refinamento destas zonas permitiu o reconhecimento de 16 subzonas, estas representadas por U2, U1, V3, V2 e V1 de Neff (1985) e Martin *et al.* (1990 e 1993), V2B e V2A (este trabalho), W2 e W1 de Kennett & Huddleston (1972a), X3, X2, X1, Y2 e Y1 de Vicalvi (1997 e 1999) e Y1B e Y1A de Kowsmann & Vicalvi (2003). A partir do controle da distribuição do plexo *Pulleniatina* foi possível a divisão da subzona V2 em V2B e V2A e a identificação de oito horizontes de correlação (VP.1 a VP.8; este trabalho). O plexo ainda permitiu o reconhecimento de três biohorizontes ao longo do glacial representado pela Zona Y, sendo eles o YP.2, YP.3 e YP.4 (Vicalvi, 1997, 1999; Sanjinés, 2006), que marcaram os limites entre as subzonas Y2/Y1B (YP.3) e Y1B/Y1A (YP.4). A partir do plexo *Globorotalia menardii* foram reconhecidas a última ocorrência (UOL) da espécie *G. menardii flexuosa*, *datum* este utilizado para a definição do limite X/Y. Pode-se reconhecer ainda a primeira ocorrência (DPA) da espécie *G. fimbriata*, *datum* utilizado para a definição do limite Y/Z. A Tabela 5 apresenta de forma resumida os resultados obtidos, enquanto os dados de abundância absoluta e relativa são apresentados em anexo nas Tabelas 6 (pg. 103) e 7 (pg. 104).

Tabela 5. Zonas, subzonas e horizontes de correlação identificados e localização (profundidade - m) no testemunho BS-D.

Ciclos Climáticos e Zonas de Ericson & Wollin (1968) e subzonas				Profundidade (m)
Glacial Wisconsiniano	Pós-glacial	Z		0 - 0,22
	Último Máximo Glacial	Y	Y1A	0,22 – 0,58
			Y1B	0,58 – 1,25
			Y2	1,25 – 4,25
	Interstadial	X	X1	4,25 – 4,85
			X2	4,85 – 5,46
			X3	5,46 – 6,00
		W	W1	6,00 – 6,45
			W2	6,45 – 7,36
	Interglacial Sangamom	V	V1	7,36 – 11,65
			V2A	11,65 – 14,70
			V2B	14,70 – 15,75
	Glacial Illinoian	U	V3	15,75 – 19,35
U1			19,35 – 19,94	
		U2	19,94 – 21,21	

<i>Datum</i> local e global	
DPA <i>Globorotalia fimbriata</i>	0,22
DUR plexo <i>Pulleniatina</i> (YP.4)	0,58
DUD plexo <i>Pulleniatina</i> (YP.3)	1,25
DPD plexo <i>Pulleniatina</i> (YP.2)	3,20
UOL <i>G. menardii flexuosa</i>	4,25
DRL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.8)	14,70
DDL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.7)	15,75
DRL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.6)	16,05
DDL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.5)	16,95
DRL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.4)	17,91
DDL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.3)	18,40
DRL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.2)	18,80
DDL plexo <i>Pulleniatina</i> (VP.1)	19,15

Datum Primeiro Aparecimento (DPA)- Bolli & Premolli Silva (1973); (b) *Datum* Último Reaparecimento (DUR)- Bé *et al.* (1976); Vicalvi (1999); (c) *Datum* Último Desaparecimento (DUD)- Prell & Damuth (1975); Vicalvi (1997, 1999); Portilho-Ramos *et al.* (2006); (d) *Datum* Penúltimo Desaparecimento (DPD)- Kennett & Huddlestun (1972a); Vicalvi (1997, 1999); (e) Última ocorrência Local (UOL) – Kennett & Huddlestun (1972); Damuth (1975); Vicalvi (1997, 1999); (f) *Datum* Reaparecimento Local (DRL) – Novo *Datum* (este trabalho); (g) *Datum* Desaparecimento Local (DDL) – Ferreira (2011).

Zona U (intervalo 21,21 a 19,35 m; espessura 1,86 m): Glacial / Pleistoceno

A Zona U (Tabela 5; Figura 10) é caracterizada pela ausência de representantes do plexo *G. menardii*, enquanto o plexo *Pulleniatina* é constante, representado ao longo de todo o intervalo com valores entre a presença no resíduo e 1,62%. No BS-D esta localizada entre a base do testemunho (21,21 m) e a profundidade 19,35 m (espessura aproximada 1,86 m), sendo representada por sete amostras, onde dominam sedimentos compostos por lamias ricas em carbonatos (LR) e margas (MG). A Zona U apresentou como características bioestratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Ausência do plexo *G. menardii*;
- Plexo *Pulleniatina* é constante (presença a 1,62%; média 0,44%);
- *G. truncatulinooides* oscila entre zero e 3,09% (média de 1,24%);
- *G. crassaformis* oscila entre zero a 2,13% (média 0,56%);
- *G. conglobatus* oscila entre 0,07 e 1,25% (média 0,59%);
- *O. universa* oscila entre 0,08 e 0,29% (média 0,17%);
- *N. dutertrei* oscila entre zero e 1,01% (média 0,47%);
- *G. inflata* é constante e oscila entre 1,63 e 4,8% (média 2,58%);
- Abundância total oscila entre 988 e 4.025 ind/gr. (média 2.571 ind/gr.);

Os maiores valores do plexo *Pulleniatina* foram observados na base da Zona (intervalo 19,94 a 16,88 m), enquanto no topo (intervalo 16,88 a 16,32 m) o plexo esta presente de forma rara. *G. inflata* é constante ao longo de todo o intervalo (1,63 a 4,8%; média 2,58%) apresentando os maiores valores na base do testemunho (intervalo 21,20 m), enquanto *G. truncatulinooides* oscila entre zero e 3,09%, sendo os maiores valores observados no intervalo 21,21 a 19,94 m. A espécie apresentou alternância no sentido de enrolamento, onde na base do testemunho (intervalo 21,21 a 19,94 m) dominam *G. truncatulinooides* (sin), em direção ao topo do intervalo a uma nova alteração onde

passam a dominar novamente os espécimes dextrais (intervalo 19,94 a 19,35 m). Este caráter foi utilizado de forma complementar para a identificação e posicionamento do limite U2/U1.

G. crassaformis e *G. conglobatus* aparecem com maior significado na parte basal da zona (intervalo 21,21 a 19,94 m), equanto *N. dutertrei* e *O. universa* são melhor representadas na parte superior. Os resultados permitiram a divisão da Zona U em duas subzonas (U2 e U1), esta divisão está fundamentada nas alterações observadas no plexo *Pulleniatina*, complementadas pela alteração no sentido do enrolamento da espécie *G. truncatulinoides* e na abundância *G. inflata*. De forma complementar utilizou-se a curva da espécie *G. conglobatus*.

A **Subzona U2** é caracterizada pelos maiores valores do plexo *Pulleniatina* (entre 0,02 e 1,62%) e da espécie *G. truncatulinoides* (sin). *G. conglobatus* e *G. inflata* também apresentam maior expressão ao longo deste intervalo. A Subzona está representada no intervalo entre a base do testemunho (21,21 m) e a profundidade 19,84 m (espessura: 1,27 m) e está representada por cinco amostras onde dominam sedimentos compostos lamas ricas em carbonatos (LR) e margas (MG). A Subzona U2 apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Maior abundância do plexo *Pulleniatina* (0,02 a 1,62%; média 0,64%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,9 e 3,09% (média 1,9%); domínio de espécimes sinistrais (media 97,05%);
- *G. conglobatus* oscila entre 0,74 e 1,25 (média 0,98%);
- *G. inflata* com valores entre 1,91 e 4,8% (média 3,14%);

O limite entre U2/U1 é marcado pela diminuição do plexo *Pulleniatina*, que passa a ser raro, e alteração no domínio de *G. truncatulinoides* (sin) para *G.*

truncatulinoides (dex) seguida de diminuição na expressão de *G. truncatulinoides* e *G. conglobatus*.

A **Subzona U1** é caracterizada pela diminuição na expressão do plexo *Pulleniatina*, que se torna raro (< 0,03%) seguido pela diminuição de *G. conglobatus*, *G. inflata* e *G. truncatulinoides* (sin). A Subzona compreende o intervalo 19,94 a 19,35 m (espessura: 0,59 m) e está representada em duas amostras onde dominam sedimentos compostos exclusivamente por margas (MG). A Subzona U1 apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Plexo *Pulleniatina* é raro (<0,03%);
- Ausência/baixa abundância de *G. truncatulinoides*, oscilando entre zero e 0,83%; domínio de indivíduos dextrais;
- Baixa representatividade de *G. conglobatus* (0,07%);
- *G. inflata* com valores entre 1,63 e 2,28%;

O limite U1/V (U1/V3) é marcado pelo reaparecimento do plexo *G. menardii*, seguido do aumento de *G. truncatulinoides* (dex).

Zona V (intervalo 19,35 a 7,36 m; espessura 11,99 m): Interglacial / Pleistoceno

A Zona V (Tabela 5; Figura 10) é caracterizada pela consistente presença do plexo *G. menardii*, no BS-D representa o intervalo 19,35 e 7,36 m, onde a abundância do plexo oscila entre 0,27 e 8,19% e tem como principais espécies *G. menardii* e *G. tumida* (0,18 a 6,43% e zero a 3,87% respectivamente), enquanto *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente (entre zero e 0,48%). O plexo *Pulleniatina* apresenta menos constância e abundância região basal da Zona, chegando a intervalos de ausência (19,15 a 18,80 m, 18,40 a 17,91 m, 16,95 a 16,05% e 15,75 a 14,93 m), enquanto a região superior (intervalo 14,93 a 7,36 m) apresentando valores entre a presença no resíduo e 1,34%. As

demais espécies apresentam grandes oscilações em sua abundância e serão discutidas ao longo das descrições das subzonas identificadas. Esta Zona é a mais espessa identificada no BS-D (11,99 m), sendo representada em 46 amostras onde dominam sedimentos compostos por lamias pobres em carbonatos (LL), lamias ricas em carbonatos (LR), margas (MG), uma vasa carbonática (VNF) e lâminas de areia (AR) que variam entre dois e 12 cm de espessura. A Zona V apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre 0,27 e 8,19% (média 3,67%);
 - *G. menardii* oscila entre 0,18 e 6,43% (média 2,19%);
 - *G. m. flexuosa* é rara ou ausente (zero e 0,48%; média 0,08%);
 - *G. tumida* oscila entre zero e 3,87% (média 1,43%);
- Plexo *Pulleniatina* oscila entre zero e 3,54% (média 0,28%); constante na parte superior (intervalo 14,93 a 7,36 m), apresentando valores entre a presença no resíduo e 1,32%; enquanto na parte inferior apresenta menor constância e abundância, chegando a intervalos de ausência (19,15 a 18,80 m, 18,40 a 17,91 m, 16,95 a 16,05% e 15,75 a 14,93 m);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,02 e 9,12% (média 2,21%);
- *G. crassaformis* oscila entre zero e 3,17% (média 0,81%);
- *G. conglobatus* oscila entre zero e 2,57% (média 0,64%);
- *O. universa* apresentando média de 0,33% (zero e 1,53%); destaca-se o intervalo 15,60 m onde ocorre o maior valor de todo o testemunho (1,53%);
- *N. dutertrei* apresenta valores entre zero e 4,05% (média 0,51%);

- *G. inflata* é constante (0,90 e 18,52%; média 3,73%); destaca-se o intervalo 14,00 a 12,80 m onde os maiores valores (2,95 a 18,52%) de todo o testemunho são observados;
- Abundância total oscila entre 32 e 5.133 ind/gr. (média 1.403);

A região basal da Zona (intervalos 18,20 a 17,73 m e 15,17 e 15,15 m) apresenta um ou mais eventos de descarga sedimentar no talude, este fato é evidenciado pela presença de intercalações de pacotes arenosos (AR) com lamas ricas em carbonatos (LR) onde as abundâncias de foraminíferos bentônicos são significativas.

A partir do controle dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina* e das espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata* o intervalo representado pela Zona V pode ser dividido em três subzonas V3, V2 e V1. O comportamento apresentado pelo plexo *Pulleniatina* ao longo das subzonas V3 e V2 permitiu a proposição de um conjunto de horizontes de correlação locais e a divisão da subzona V2 em duas (V2B e V2A).

A **Subzona V3** é marcada pela presença do plexo *G. menardii* onde a espécie *G. menardii* é a principal componente do plexo (entre 0,27 e 5,95%), seguida de *G. tumida* (entre zero e 3,87%), enquanto *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente (entre zero e 0,28%). Esta Subzona compreende o intervalo entre 19,35 e 16,25 m (espessura: 3,10 m) e está representada em 14 amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas levemente c (LL), lamas ricas em carbonatos (LR), uma vaza de foraminíferos e nanofósseis (VNF) e lâminas de areia (AR) que variam entre cinco e sete centímetros de espessura. A Subzona V3 apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre 0,27 e 8,16% (média 3,11%);
 - *G. menardii* com a menor média entre as Subzonas (1,82%);
oscilando entre 0,27 e 5,95%;

- *G. m. flexuosa* é rara ou ausente (zero a 0,28%; média 0,04%);
- *G. tumida* apresenta valores entre zero e 3,87% (média 1,27%);
- O plexo *Pulleniatina* aparece de forma rara ou ausente, oscilando entre zero e 3,54% (média 0,28%); destaca-se a amostra 17,50 m por apresentar o maior valor de todo o testemunho (3,54%);
- *G. truncatulinoides* com valores entre 0,02 e 5,05% (média 2,09%) e domínio de espécimes dextrais (58,22%); próximo ao limite inferior e superior da subzona observa-se uma elevação nos valores desta espécie;
- *G. conglobatus* oscila entre 0,04 e 2,57 (média 0,68%); próximo ao limite inferior observa-se uma redução na sua abundância;

O comportamento do plexo *Pulleniatina* é marcado por constantes desaparecimentos e reaparecimentos observados nas subzonas V3 e V2. Este comportamento permite que um conjunto de horizontes de correlação seja utilizado para as correlações locais. No BS-D o plexo está presente na base da subzona, desaparecendo logo após o limite U/V (19,15 m) e marcando o horizonte VP.1. O plexo reaparece no intervalo entre 18,80 e 18,40 m, marcando os horizontes VP.2 (reaparecimento) e VP.3 (desaparecimento) respectivamente. O plexo torna a reaparece no registro no intervalo entre 17,91 e 16,95 m, sendo o seu retorno reconhecido como horizonte VP.4 (17,91 m) e o desaparecimento subsequente como horizonte VP.5 (16,95 m). Associado a este intervalo (VP.4 a VP.5) ocorre a fácies VNF e os maiores valores do plexo. Próximo ao topo da Subzona o plexo torna a reaparecer, marcando o horizonte VP.6 (16,05 m) e volta a desaparecer pela última vez na Zona V na profundidade 15,75 m, marcando o horizonte VP.7. O último desaparecimento do plexo ocorre associado a uma queda na expressão do plexo *G. menardii* e um pico de abundância de *G. truncatulinoides*, marcando o limite V3/V2.

As espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata* apresentam seus maiores picos de abundância próximos ao limite inferior (U1/V3) e superior (V3/V2). As espécies *G. crassaformis*, *G. conglobatus*, *O. universa* e *N. dutertrei* apresentam um ou mais picos de abundância ao longo da subzona, sem aparente significado estratigráfico. O limite V3/V2 é marcado pela diminuição do plexo *G. menardii*, seguido de aumento em *G. inflata* e *G. truncatulinoides*. Este limite foi posicionado no contato entre uma fácies LL e LR.

Próximo ao centro da subzona é observado pelo menos três eventos de remobilização sedimentar marcados por intercalações de pacotes arenosos (AR) e lamas ricas em carbonatos (LR), este pacotes ocorrem nos intervalos 18,20 a 18,15 m (representado pela amostra 18,20 m), 18,03 a 17,96 m e 17,75 a 17,70 m (representado pela amostra 17,73 m) onde as formas bentônicas variam de 1,92 a 9,43% respectivamente. O intervalo representado pela amostra 17,73 m é caracterizado pela maior abundância de foraminíferos bentônicos (9,43%), assim como o menor valor de abundância total, sendo este intervalo interpretado como um provável hiato.

A **Subzona V2** é caracterizada pela constante presença do plexo *G. menardii*, onde *G. menardii* é a principal componente, seguida de *G. tumida*, enquanto *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente. A base da Subzona é marcada pela ausência de *G. menardii flexuosa* e do plexo *Pulleniatina*, que reaparecem próximo ao meio da sequência, marcando o horizonte VP.8 (14, 93 m). A ausência do plexo *Pulleniatina* e da espécie *G. menardii flexuosa* na base da Subzona V2 foram utilizadas como critério para a divisão da Subzona V2 em V2B e V2A. Assim, a Subzona V2B é caracterizada principalmente pela ausência do plexo *Pulleniatina* e da espécie *G. menardii flexuosa*. De forma complementar foi observado o domínio de *G. truncatulinoides* (sin) e a diminuição em sua abundância após o limite V3/V2, seguida por um ligeiro aumento

próximo ao limite V2B/V2A (horizonte VP.8). A Subzona V2 foi reconhecida no intervalo entre 15,75 a 11,65 m (espessura; 4,1 m) e está representada em 17 amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas levemente carbonáticas (LL), lamas ricas em carbonatos (LR), margas (MG) e pacotes arenosos (AR) com dois centímetros de espessura. A Subzona V2B apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados

- Plexo *G. menardii* oscila entre 1,21 e 8,19% (média 4,53%);
 - *G. menardii* oscila entre 0,9 e 6,43% (a maior média 3,63%);
 - *G. menardii flexuosa* é ausente;
 - *G. tumida* apresenta valores entre zero e 1,76% (média 0,9%);
- Plexo *Pulleniatina* é ausente;
- *G. truncatulinooides* oscila entre 2,04 e 5,44% (média 3,66%), com domínio de espécimes sinistrais (média de 88,77%);
- *G. inflata* oscila entre 0,90 e 3,85% (média 2,23%);

A **Subzona V2A** esta localizada no intervalo entre 15,75 a 14,93 m e apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Plexo *Globorotalia menardii* oscila entre 0,63 e 8,13% (média 3,72%);
 - *G. menardii* com valores entre 0,57 e 4,65% (média 2,32%);
 - *G. m. flexuosa* oscila entre zero e 0,48% (média 0,12%);
 - *G. tumida* oscila entre zero e 3,08% (média 1,28%);
- Plexo *Pulleniatina* oscila entre a presença no resíduo e 1,32% (média 0,44%);
- *G. truncatulinooides* oscila entre 0,34 e 5,37% (média 1,98%); domínio de espécimes dextrais (55%);
- *G. inflata* oscila entre 2,01 e 18,52% (média 6,68%);

Figura 10. Bioestratigrafia do testemunhos BS-D baseado no zoneamento climático de Ericson & Wollin (1968); datuns globais (Damuth, 1975) e locais (Vicalvi, 1997, 1999; este trabalho); abundância relativa das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas; abundância relativa de foraminíferos bentônicos e número total de foraminíferos (FP+FB) por gr/sed.

A Subzona V2A é marcada pelo retorno do plexo *Pulleniatina* ao registro, por valores mais elevados para todos os representantes do plexo *G. menardii* e o domínio de *G. truncatulinoides* (dex). A espécie *G. inflata* apresenta um ou mais picos de abundância, com destaque a metade superior da subzona, diminuindo sua abundância próximo ao limite superior (V2/V1). O limite V2/V1 é marcado pela diminuição do plexo *G. menardii* e *G. truncatulinoides*, seguido de aumento de *G. inflata* e posicionado no contato litológico entre as fácies LR e MG.

A **Subzona V1** é marcada pela constante presença do plexo *G. menardii*, onde as espécies *G. menardii* (0,18 e 4,4%) e *G. tumida* (0,29 e 3,4%) são as espécies mais importantes do plexo, enquanto *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente (entre zero e 0,37%). Esta Subzona compreende o intervalo entre 11,65 e 7,36 m (espessura: 4,29 m) e está representada em 15 amostras onde dominam sedimentos compostos por lamelas levemente carbonáticas (LL), lamelas ricas em carbonatos (LR) e margas (MG).

A Subzona V1 apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre 1,73 e 6,75% (média 3,96%);
 - *G. menardii* apresenta valores entre 0,18 e 4,40% (média 2,05%);
 - *G. m. flexuosa* é raro ou ausente (zero e 0,37%; média 0,11%);
 - *G. tumida* apresenta a maior média entre as subzonas (1,86%), oscilando entre 0,29 e 3,4%;
- Plexo *Pulleniatina* é constante (presença no resíduo e 0,86%; média 0,28%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,02 e 3,45% (média 1,44%); domínio de espécimes sinistrais (média 62,86%);
- *G. inflata* oscila entre 1,35 e 7,05% (média 3,38%);

- Abundância total apresentou os maiores valores nesta Subzona, oscilando entre 627 e 5732 ind/gr. (média de 2024 indivíduos).

O plexo *Pulleniatina* é representado ao longo de todo intervalo com valores entre a presença no resíduo e 0,86%, desaparecendo no topo da subzona (limite V1/W). A espécie *G. truncatulinoides* também está presente ao longo de toda a Subzona, apresentando valores menores quando comparada com as demais Subzonas (0,02 e 3,45%), próximo ao topo do intervalo a espécie apresenta um pico de abundância o que auxilia o reconhecimento do limite V1/W. *G. inflata* também aparece de forma constante, podendo apresentar um ou mais picos de abundância ao longo do intervalo. O limite V/W (V1/W2) é marcado pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, enquanto a espécie *G. truncatulinoides* apresenta um pico de abundância na base da zona W e alteração no domínio de indivíduos sinistrais (subzona V1) para dextrais (subzona W2). *G. inflata* apresenta uma pequena queda após o limite.

Zona W (intervalo 7,36 a 6,00 m; espessura 1,36 m): Glacial / Pleistoceno

A Zona W (Tabela 5; Figura 10) é caracterizada pela ausência ou baixa representatividade do plexo *G. menardii*, estando presente somente na amostra 6,10 m (0,27%), enquanto o plexo *Pulleniatina* é ausente na parte inferior (intervalo 7,36 a 6,45 m) e presente na parte superior da Zona (intervalo 6,45 a 6,00 m) com valores entre 0,67 e 1,82%. Reconhecida no intervalo 7,36 a 6,00 m (espessura: 1,36 m) está representada em cinco amostras onde dominam sedimentos compostos por lamias ricas em carbonatos (LR) e margas (MG). A Zona W apresentou como características biosstratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* é raro ou ausente (zero e 0,27%; média 0,05%);

- Plexo *Pulleniatina* oscila entre zero e 1,82% (média 0,50%); ausente na parte inferior (intervalo 7,36 a 6,45 m) e presente na parte superior da Zona (intervalo 6,45 a 6,00 m);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 2,11 e 3,93% (média 3,14%);
- *G. crassaformis* com valores entre zero e 1,34% (média 0,59%);
- *G. conglobatus* apresenta valores entre 0,13 e 1,52% (média 0,67%);
- *O. universa* é constante (0,07 e 0,27%; média 0,17%);
- *N. dutertrei* é rara ou ausente (0,22%);
- *G. inflata* oscila entre 0,65 e 3,37% (média 2,36%);
- Abundância total oscila entre 863 e 3.538 ind/gr. (média 1.706 ind/gr.);

G. truncatulinoides apresenta na base da Zona um pico de abundância. Próximo ao limite W2/W1 é observado à maior abundância da espécie (6,60 m; 3,93%), após este limite a espécie diminui sua expressão até o limite W1/X onde ocorre uma queda em seus valores. Este comportamento foi utilizado de forma auxiliar para a identificação dos limites W2/W1 e W1/X. *G. inflata* é registrada de forma constante ao longo do intervalo apresentando próximo a base e ao topo da Zona as menores abundâncias, este comportamento foi utilizado de forma auxiliar para a identificação dos limites. *G. conglobatus* e *O. universa* estão presentes em todo intervalo oscilando entre 0,13 a 1,52% e de 0,07 a 0,27%, enquanto *N. dutertrei* é registrada em apenas uma amostra (6,10 m; 0,22%). O comportamento apresentando pelo plexo *Pulleniatina* e pela espécie *G. truncatulinoides* permitiu o reconhecimento do limite W2/W1, que foi posicionado a 6,45 m de profundidade.

Observa-se no intervalo representado pela Zona W uma tendência crescente nos valores referentes à abundância total, chegando aos maiores valores no limite W/X (amostra 6,10 m com 3.538 espécimes e a amostra 5,90 m com 3.188 espécimes). Desta

forma o limite W/X é interpretado como uma Superfície de Inundação Máxima, o reconhecimento desta superfície estratigráfica se apóia na elevada abundância de foraminíferos planctônicos (entre 98,47 e 99,41%), baixos valores de foraminíferos bentônicos (entre 0,59 e 1,53%) e principalmente no pico de abundância máxima da fauna total (foraminíferos planctônicos + bentônicos). O mesmo foi observado por Sanjinés (2006) na Bacia de Campos (Poço C). Após este limite a curva demonstra tendência de queda em direção ao limite X3/X2 onde a curva apresenta os menores valores.

A **Subzona W2** é marcada pela ausência dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina*, enquanto *G. truncatulinoides* apresenta seu pico de abundância nesta subzona, diminuindo seu valor após o limite W2/W1. Reconhecida no intervalo entre 7,36 a 6,45 m (espessura: 0,91 m) está representada em três amostras onde dominam sedimentos compostos exclusivamente por lamas ricas em carbonatos (LR). A Subzona W2 apresentou como características bioestratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Ausência do plexo *G. menardii*;
- Ausência do plexo *Pulleniatina*;
- *G. truncatulinoides* oscila entre 2,11 a 3,93% (média 3,17%);

G. crassaformis e *O. universa* apresentam um pequeno pico de abundância próximo à base da Subzona, enquanto *G. conglobatus* aparece com a menor abundância e *N. dutertrei* está ausente neste intervalo. O limite W2/W1 é marcado por um abrupto aumento de *G. inflata* seguido de decréscimo de *N. dutertrei*, a identificação deste comportamento, complementado pela curva apresentada pelo *G. truncatulinoides* auxiliaram o reconhecimento do limite W2/W1.

A **Subzona W1** é marcada pelo aumento na expressão do plexo *Pulleniatina*, concomitante com uma pequena diminuição de *G. truncatulinoides*. Reconhecida no

intervalo 6,45 a 6,00 m (espessura: 45 m) está representada por duas amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas ricas em carbonatos (LR) e margas (MG). A Subzona W1 apresenta como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Presença do plexo *Pulleniatina* (0,67 a 1,82%; média 1,25%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 3,01 a 3,17% (média 3,09%);

G. crassaformis e *G. conglabatus* apresentam as maiores abundâncias neste intervalo, enquanto *N. dutertrei* esta presente somente no topo da subzona e *O. universa* esta representada ao longo de todo intervalo com baixa abundância. O limite entre as Zonas W/X (W1/X3) é marcado pelo retorno do plexo *G. menardii*, seguido pelo aumento do plexo *Pulleniatina* e pelo decréscimo nos valores de *G. inflata* e *G. truncatulinoides*.

Zona X (intervalo 6,00 a 4,25 m; espessura 1,75 m): Interglacial / Pleistoceno

A Zona X (Tabela 5; Figura 10) é caracterizada pela constante presença do plexo *G. menardii*, onde se destaca a espécie *G. menardii flexuosa* como uma das principais representantes, esta espécie apresenta seu *datum* de desaparecimento no topo da biozona. Reconhecida no intervalo 6,00 a 4,25 m (espessura: 1,75 m) está representada por seis amostras onde dominam os sedimentos compostos por lamas levemente carbonáticas (LL) e margas (MG). A Zona X apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Retorno do plexo *G. menardii* (2,59 a 6,48%; média 4,27%);
 - *G. menardii* apresenta valores entre 2,00 a 4,28% (média 3,04%);
 - *G. menardii flexuosa* é rara (0,04 e 0,92%; média 0,48%);
 - *G. tumida* apresenta valores entre zero e 2,1% (média 0,76%);

- Plexo *Pulleniatina* oscila entre a presença no resíduo e 1,81% (média 0,51%);
- *G. truncatulinoides* com valores entre 0,73 e 1,34%;
- Constante presença de *G. crassaformis* (zero e 1,23%; média 0,77%);
- *G. conglobatus* oscila entre 0,46 e 2% (média 1,12%); elevados valores próximos ao limite inferior e superior;
- *O. universa* é constante (0,07 a 0,63%; média 0,24%);
- *N. dutertrei* é rara ou ausente (zero a 0,26%; média 0,09%);
- *G. inflata* oscila entre 0,77 a 2,97% (média 2,13%);
- Abundância total oscila entre 1.176 a 3.189 ind/gr. (média 1.837 ind/gr.).

O plexo *Pulleniatina* e a espécie *O. universa* apresentam maior significado na base da zona, enquanto *G. conglobatus* apresenta seus picos de abundância na base e no topo do intervalo. A espécie *G. truncatulinoides* esta representada ao longo de toda a zona e apresenta alterações no sentido de enrolamento ao longo do intervalo, estas alterações foram utilizadas de forma auxiliar para identificar as subzonas existentes. *G. crassaformis* e *G. inflata* apresentam comportamento similar, onde as menores abundâncias são observadas na base da zona, seguido de um pequeno aumento. Utilizando a variação observada nos plexos *G. menardii* (espécie *G. menardii flexuosa*) e *Pulleniatina* e em *G. inflata*, *G. crassaformis* e *G. truncatulinoides* e seu sentido de enrolamento, pode-se dividir as Zona X em três subzonas (X3, X2 e X1).

A **Subzona X3** é marcada pela baixa abundância da espécie *G. menardii flexuosa*, enquanto o plexo *Pulleniatina* e as espécies *G. conglobatus* e *O. universa* apresentam um pico de abundância nesta subzona. Reconhecida no intervalo 6,00 a 5,46 m (espessura: 0,54 m) está representada por duas amostras onde dominam os sedimentos compostos por lamas levemente carbonáticas (LL) e margas (MG). A

Subzona X3 apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre 2,59 e 2,76% (média 2,67%);
 - *G. menardii* oscila entre dois e 2,72% (média 2,36%);
 - *G. m. flexuosa* com as menores abundâncias (0,04%);
 - *G. tumida* oscila entre zero e 0,55% (média 0,27%);
- Plexo *Pulleniatina* oscila entre 0,69 e 1,81% (média 1,25%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,92 e 1,12% (média 1,02%); domínio de espécimes dextrais (média 82%);
- *G. conglobatus* oscila entre 0,70 e 2,00 (média 1,35%);

G. truncatulinoides esta presente ao longo de toda a subzona com valores entre 0,92 e 1,12% e domínio de indivíduos dextrais. As espécies *N. dutertrei* e *G. crassaformis* podem apresentar seu pico de abundância próximo a base da subzona, enquanto *G. inflata* aumenta sua abundância logo após o limite inferior. O limite X3/X2 é marcado pelo aumento na abundância de *G. menardii flexuosa*, seguido pela diminuição nos valores do plexo *Pulleniatina*, e nas espécies *G. conglobatus* e *O. universa*. De forma auxiliar observou-se a alteração no sentido de enrolamento de *G. truncatulinoides* passando de dextral para sinistral.

A base desta subzona é interpretada como uma superfície estratigráfica representada por uma Superfície de Inundação Máxima (SIM), apresentando valores elevados de abundância total de foraminíferos (amostra 5,90 m com 3.188 espécimes). O reconhecimento desta superfície se apóia no reconhecimento de elevadas abundâncias de foraminíferos planctônicos (99,41%), baixos valores de foraminíferos bentônicos (0,59%) e principalmente no pico de abundância máxima da fauna total (foraminíferos planctônicos + bentônicos). Após este limite a curva demonstra tendência de queda até

ao limite X3/X2 onde a curva apresenta os menores valores de abundância total de foraminíferos (1.176 espécimes). O mesmo foi observado por Sanjinés (2006) na Bacia de Campos (Poço C) e pode ser usado de forma auxiliar para o reconhecimento deste limite (X3/X2).

Ao longo da **Subzona X2** a espécie *G. menardii flexuosa* aparece de forma mais expressiva, enquanto *G. truncatulinoides* diminui sua abundância e apresenta domínio de indivíduos sinistrais. Reconhecida no intervalo 5,46 a 4,85 m (espessura: 0,61 m) está representada por duas amostras onde dominam sedimentos compostos exclusivamente por lamas levemente carbonática (LL). A Subzona X2 apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre 4,46 e 6,48% (média 5,47%);
 - *G. menardii* oscila entre 3,24 e 3,68% (média 3,46%);
 - *G. m. flexuosa* oscila entre 0,7 e 0,92% (média 0,81%);
 - *G. tumida* oscila entre 0,3 e 2,1% (média 1,20%);
- Plexo *Pulleniatina* oscila entre 0,01 e 0,27% (média 0,14%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 1,26 e 1,34% (média 1,30%); domínio de espécimes sinistrais (média 75%);
- *G. conglobatus* apresenta os menores valores nesta subzona (0,46 a 0,68%; média 0,57%);

O plexo *Pulleniatina* aparece com as menores abundâncias observadas oscilando entre 0,01 e 0,27%. O mesmo comportamento de redução de abundância é observado nas espécies *O. universa* e *G. conglobatus*, esta última apresentando as menores abundâncias para toda a Zona X nesta Subzona. A espécie *G. crassaformis* é constante ao longo deste intervalo, enquanto *N. dutertrei* apresenta um pequeno pico de abundância no topo da subzona, concomitante a uma pequena queda em *G. inflata*. O

limite X2/X1 é marcado por uma pequena queda nos valores de *G. menardii flexuosa*, seguida de alteração no sentido de enrolamento de *G. truncatulinoides* e aumento na abundância de *G. conglobatus*.

A **Subzona X1** é marcada pela menor expressão do plexo *G. menardii*, onde as espécies *G. menardii*, *G. menardii flexuosa* e *G. tumida* diminuem sua abundância quando comparada com a subzona X2 e desaparecem no topo da Subzona (limite X1/Y). Reconhecida no intervalo 4,85 a 4,25 m (espessura: 0,60 m) está representada por duas amostras onde dominam os sedimentos compostos exclusivamente por lamelas levemente carbonáticas (LL). A Subzona X1 apresentou como características biostratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Plexo *G. menardii* oscila entre 3,63 e 5,69% (média 4,66%);
 - *G. menardii* oscila entre 2,29 e 4,28% (média 3,29%);
 - *G. menardii flexuosa* oscila entre 0,45 e 0,72% (média 0,58%); esta espécie apresenta seu *datum* de desaparecimento no topo desta biozona (4,40 m);
 - *G. tumida* oscila entre 0,69 e 0,89% (média 0,79%);
- Plexo *Pulleniatina* com baixos percentuais (presença no resíduo a 0,29%; média 0,14%);
- *G. truncatulinoides* oscila entre 0,73 e 1,11% (média 0,92%); domínio de espécimes dextrais (média 99,71%);
- *G. conglobatus* oscila entre 0,89 e 1,99% (média 1,44%), apresentando os maiores valores próximos ao limite X/Y (Subzonas X1/Y2);

O plexo *Pulleniatina* é raro ou presente somente no resíduo e a espécie *G. truncatulinoides* volta a apresentar domínio de indivíduos com de enrolamento dextral. As espécies *G. inflata*, *G. crassaformis*, *O. universa* e *G. conglobatus* voltam a

apresentar maiores abundâncias, enquanto *N. dutertrei* está ausente. O limite X1/Y é marcado pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, principalmente a espécie *G. menardii flexuosa*, este evento foi datado em 84 ka por Damuth (1975) e é um dos principais *data* existente ao longo do Quaternário e posicionada a 4,25 m de profundidade. O plexo *Pulleniatina* volta apresentar queda em sua abundância após este limite, o mesmo é observado na espécie *G. conglobatus*, enquanto *G. truncatulinoides*, *G. crassaformis* e *G. inflata* apresenta um aumento em sua abundância.

Zona Y (intervalo 4,25 a 0,22 m; espessura 4,03 m): Glacial / Pleistoceno

A Zona Y (Tabela 5; Figura 10) é marcada pela ausência ou baixa representatividade do plexo *G. menardii* e pelas oscilações do plexo *Pulleniatina* que permitiram o reconhecimento de dois biohorizontes, *YP.3* de Vicalvi (1999) e *YP.4* de Vicalvi (1999) e Sanjinés (2006), este horizontes definem os limites entre as subzonas Y2/Y1 (1,25 m) e Y1B/Y1A (0,58 m). Reconhecida no intervalo 4,25 a 0,22 m (espessura: 4,03 m) está representada por 15 amostras onde dominam os sedimentos compostos por lamas levemente carbonáticas (LL), lamas ricas em carbonato (LR) e margas (MG). A Zona Y apresentou como características bioestratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Ausência virtual do plexo *G. menardii* (zero a 0,26%; média 0,03%);
- Presença do plexo *Pulleniatina* oscilando entre zero e 2,13% (média 0,49%); ausente no intervalo 1,25 a 0,58 m, caracterizando a subzona Y1B de Kowsmann & Vicalvi (2003);
- *G. truncatulinoides* é constante (0,56 a 6,88%; média 2,35%);
- *G. crassaformis* oscila entre zero e 6,93% (média 1,28%);
- *G. conglobatus* é constante (0,03 a 1,9%; média 0,64%);

- Constante presença de *O. universa* (0,05 a 0,84%; média 0,27%);
- *N. dutertrei* é rara ou ausente (zero e 1,31%; média 0,31%);
- *G. inflata* é constante (1,19 a 9,78%; média 5,14%);
- Abundância total oscila entre 475 e 2.661 ind/gr. (média 1.317 ind/gr.).

G. truncatulinoides e *G. inflata* estão representadas ao longo de toda a Zona com valores significativos, as espécies *G. crassaformis* e *G. conglobatus* aparecem com elevadas abundâncias na região basal da Zona, enquanto *N. dutertrei* é melhor representada na próxima ao biohorizonte YP.3. Através do reconhecimento dos biohorizontes YP.3 e YP.4 a Zona Y foi dividida em três subzonas (Y2, Y1B e Y1A).

A **Subzona Y2** é caracterizada pela presença do plexo *Pulleniatina*, onde pode apresentar um ou mais picos de abundância. Reconhecida no intervalo 4,25 a 1,25 m (espessura: 3,00 m) está representada por seis amostras, onde dominam sedimentos compostos por lamas levemente carbonáticas (LL) e lamas ricas em carbonatos (LR). A Subzona Y2 apresentou como características bioestratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Presença constante do plexo *Pulleniatina* (presença no resíduo e 2,13%; média 0,68%); ausente na amostra 1,70 m;
- *G. truncatulinoides* oscila entre 1,05 e 2,77% (média 1,80%);
- *G. crassaformis* oscila entre zero e 6,93% (média 1,81%);
- Elevados valores de *G. inflata* próximo aos limites inferior e superior (1,36 a 9,78%; média 6,17%).

A Subzona apresenta seu limite inferior (X/Y2) posicionado a 4,25 m e definido com base no desaparecimento da espécie *G. menardii flexuosa* (84 ka), o limite superior (Y2/Y1) foi posicionado a 1,25 m e fundamentado no reconhecimento do biohorizonte YP.3.

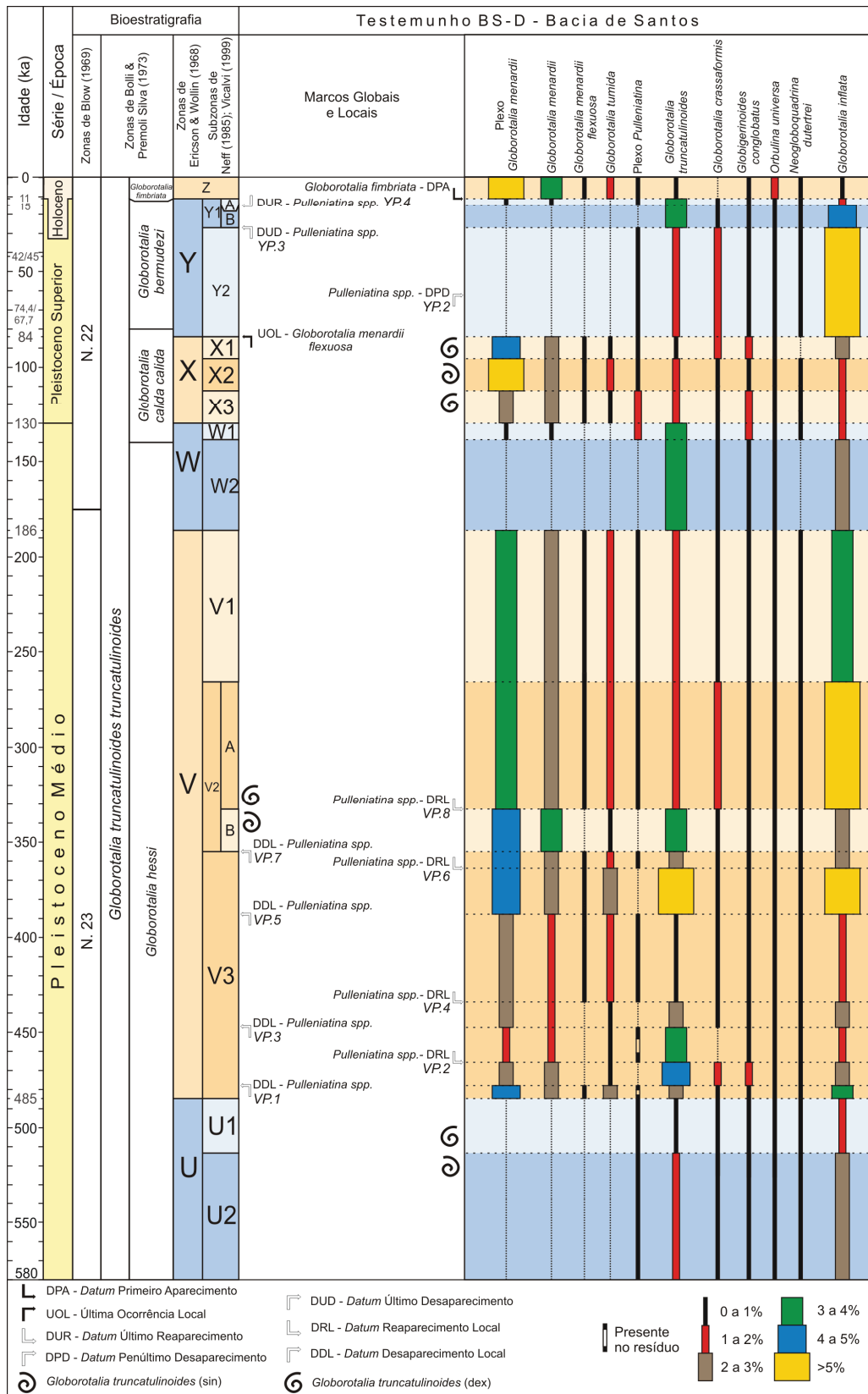


Figura 11. Arcabouço bioestratigráfico do testemunho BS-D. Idade (ka); Série/Época; Zonas de Blow (Blow, 1969) e de Bolli & Premoli Silva (1973); Zonamento climático de Ericson & Wollin (1968); Datums locais, globais e abundância relativa média das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas.

G. inflata apresenta as maiores abundâncias logo após o limite inferior (X/Y2) e próximo ao limite superior (Y2/Y1B), enquanto *G. truncatulinoides* pode apresentar um ou mais picos de abundância neste intervalo com valores significativos próximo ao topo e a base da Subzona. *G. crassaformis* e *G. conglobatus* apresentam maior significado na parte basal, enquanto *N. dutertrei* e *O. universa* podem apresentar algum significado próximo ao topo da subzona. O limite Y2/Y1B é marcado pelo desaparecimento do plexo *Pulleniatina* (horizonte YP.3 de Vicalvi, 1999).

A **Subzona Y1B** é caracterizada pela ausência do plexo *Pulleniatina*, seu limite inferior (Y2/Y1B) é marcado pelo biohorizonte YP.3 (1,25 m), enquanto o superior (Y1B/Y1A) é marcado pelo biohorizonte YP.4 (0,58 m). Reconhecida no intervalo 1,25 a 0,58 m (espessura: 0,67 m) está representada por três amostras onde dominam sedimentos compostos por lamas ricas em carbonatos (LR) e margas (MG). A Subzona Y1B apresentou como características biosstratigráficas (Figura 6) os seguintes resultados:

- Ausência do plexo *Pulleniatina*;
- *G. truncatulinoides* com valores entre 2,54 e 3,96% (média 3,25%);
- *G. crassaformis* é rara ou ausente (entre zero e 0,64%);
- Elevados valores de *G. inflata* (2,75 e 5,46%; média 4,05%);

G. inflata e *G. conglobatus* diminuem seus valores quando comparadas a subzona Y2, enquanto *G. crassaformis* e *N. dutertrei*, são raras ou ausentes ao longo deste intervalo. As espécies *G. truncatulinoides* e *O. universa* aumentam sua expressão neste intervalo.

A **Subzona Y1A** é caracterizada pelo regresso do plexo *Pulleniatina*, seu limite inferior é marcado pelo biohorizonte YP.4 (0,58 m) e superior (Y1A/Z) é marcado pelo regresso do plexo *G. menardii* (0,22 m). Reconhecida no intervalo 0,58 a 0,22 m

(espessura: 0,36 m) está representada por apenas duas amostras compostas por margas (MG) e uma lâmina de areia (AR) com espessura de cinco centímetros. A Subzona Y1A apresentou como características biosstratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Presença do plexo *Pulleniatina*;
- *G. truncatulinoides* com valores entre 0,56 e 6,88% (média 3,72%);
- *G. crassaformis* é rara ou ausente (entre zero e 0,52%);
- *G. inflata* com valores entre 1,19 e 2,09% (média 1,64%);

Nesta subzona as espécies *G. inflata* e *G. truncatulinoides* demonstram um comportamento inverso, onde observasse a diminuição de *G. inflata*, enquanto *G. truncatulinoides* aumenta seus valores. As demais espécies, *G. crassaformis* e *G. globatus* são raras ou ausentes, enquanto *O. universa* e *N. dutertrei* aumentam sua abundância. Na base desta subzona é observado um pacote arenoso com espessura de aproximada de cinco centímetros (intervalo 0,50 a 0,45 m), este pacote é representado pela amostra 0,5 m onde as formas bentônicas representam 3,64%.

Zona Z (intervalo 0,22 m ao topo do testemunho; espessura 0,22 m): Holoceno

A Zona Z (Holoceno) é marcada pelo regresso do plexo *G. menardii* onde se destaca a espécie *G. fimbriata*, característica de sedimentos Holocênicos. Concomitante ao regresso do plexo *G. menardii* observasse a diminuição na abundância das espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata*. Reconhecida no intervalo 0,22 m ao topo do testemunho (espessura: 0,22 m) está representada em apenas uma amostras composta por margas (MG). A Subzona Z apresentou como características biosstratigráficas (Figura 11) os seguintes resultados:

- Retorno do plexo *G. menardii* (5,95%);
 - *G. menardii* com 3,22%;

- *G. menardii neoflexuosa* 0,74%;
- *G. tumida* 1,98%;
- Presença de *G. fimbriata*;
- Presença do plexo *Pulleniatina*;
- Baixa representatividade de *G. truncatulinoides* (0,97%); domínio de indivíduos dextrais (100%);
- Ausência *G. crassaformis*;
- Baixa representatividade de *G. conglobatos* (0,99%);
- *O. universa* é registrada ao longo da Zona (1,29%);
- *N. dutertrei* é rara (0,32%);
- *G. inflata* é rara (0,32%);
- A abundância total de foraminíferos 2.633 ind/gr. de sedimentos.

As demais espécies analisadas apresentam baixos percentuais, sendo as mais abundantes *O. universa* seguida de *G. conglobatus*, enquanto *G. crassaformis* e *N. dutertrei* são raras ou ausentes. Não foi possível identificar as subzonas Z2 e Z1 de Vicalvi (1997), o que pode ser atribuído ao espaçamento amostral adotado para o estudo e ao pequeno número de amostras que representam este intervalo.

7.3. Correlação entre os testemunhos

A análise bioestratigráfica realizada nos testemunhos BS-C e BS-D (Figuras 9 e 11) permitiu o reconhecimento de sete zonas de Ericson & Wollin (1968), estas representando intervalos glaciais (zonas U, W e Y) e interglaciais (zonas T, V e X) do Pleistoceno e o Holoceno (Zona Z), cobrindo os últimos ~620 ka (Tabelas 2 e 5). O refinamento destas zonas permitiu o reconhecimento de 14 subzonas, a divisão da subzona V2 em V2B e V2A e a identificação de oito horizontes de correlação baseados

no plexo *Pulleniatina* (Tabelas 2 e 5). As zonas/subzonas foram reconhecidas em ambos os testemunhos, com exceção da zona T presente apenas no testemunho BS-D (Figuras 9 e 11), permitindo assim a correlação entre as seções (Figura 12).

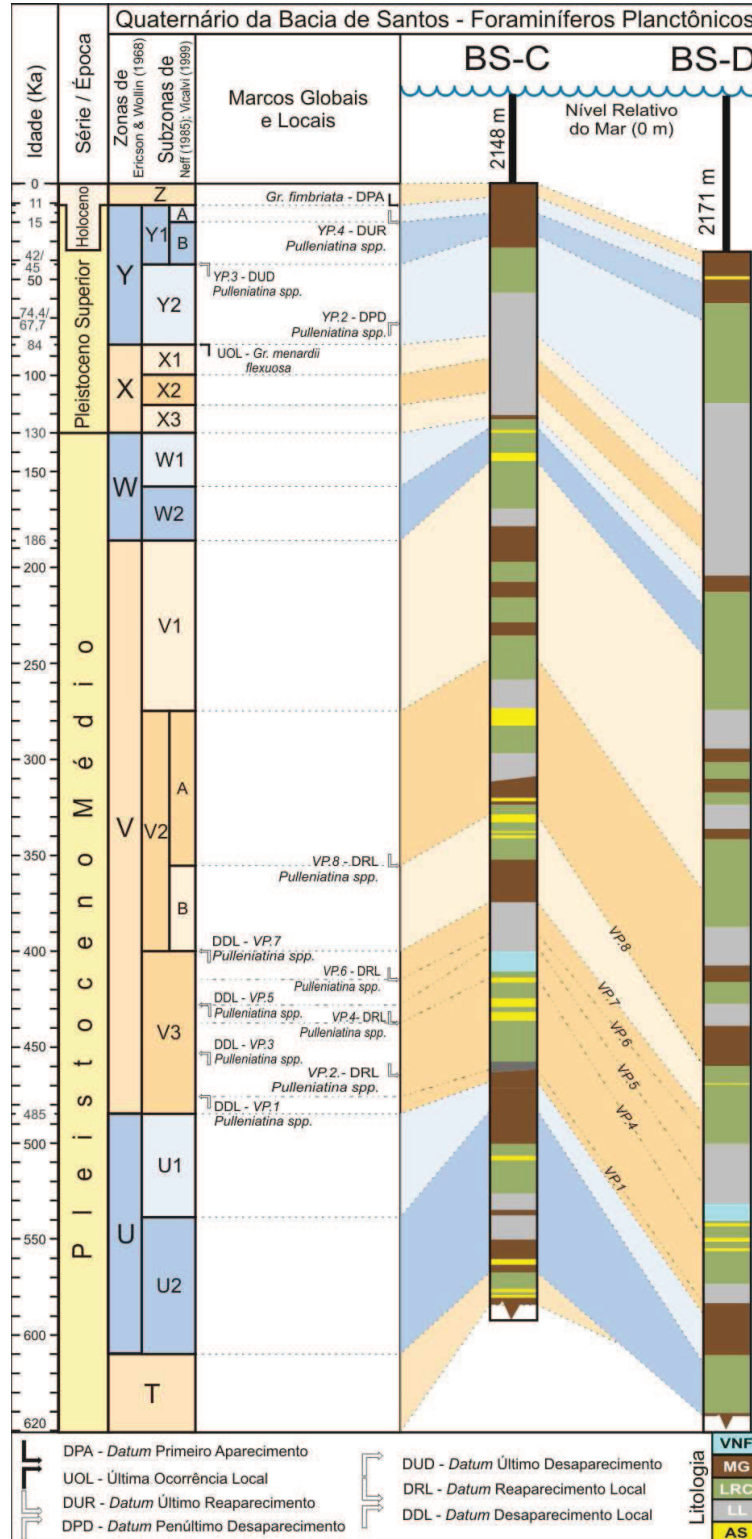


Figura 12. Correlação bioestratigráfica entre os testemunhos BS-C e BS-D.

8. DISCUSSÃO

O zoneamento climático estabelecido demonstrou que as seções estudadas registram as oscilações climáticas dos últimos ~620 ka (BS-C: ~620 ka; BS-D: ~530 ka). A partir da variação na abundância relativa do conjunto de espécies selecionadas, em especial dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina*, foi possível reconhecer zonas e subzonas (Figura 12) pouco conhecidas e/ou ainda não descritas para a margem continental brasileira (zonas T, U e V; subzonas V3, V2, V1, U2 e U1) e refinar a Subzona V2, com sua divisão nas subzonas V2B e V2A. Estas zonas/subzonas, excetuando a Zona T, presente apenas no testemunho BS-C (Figuras 9 e 11), foram reconhecidas em ambos os testemunhos, permitindo uma correlação mais precisa entre as seções (Figura 12) e sugerindo a continuidade das mesmas. O comportamento marcado por constantes desaparecimentos e reaparecimentos do plexo *Pulleniatina* ao longo das subzonas V3 e V2 permitiu a definição de oito biohorizontes, refinando o zoneamento de cada testemunho e sua correlação.

O intervalo mais antigo recuperado está representado pela Zona T de Ericson & Wollin (1968). Com duração aproximada de 380 ka (Thunell, 1984), somente uma pequena parte deste interglacial foi recuperada na base do testemunho BS-C (~0,60 m; Figura 9). Representa um intervalo climático quente, evidenciado pela presença do plexo *G. menardii* e a baixa representatividade de *G. inflata* (Figura 13). O desaparecimento do plexo *G. menardii* seguido pelo aumento de *G. inflata* marcam a passagem da Zona T (interglacial) para a Zona U (glacial). Hall *et al.* (2001) atribuem a este período uma diminuição na produção da APAN e o aumento na produção de massas d'água no Sul, sugerindo que limite T/U marca a chegada de águas frias vindas desta região, o que pode provocar alterações na estrutura da lâmina d'água. A Zona U tem duração aproximada de 125 ka e está marcada pela constante presença do plexo

Pulleniatina, em especial ao longo da Subzona U2 onde são observadas as maiores abundâncias. A presença do plexo *Pulleniatina* junto a *G. inflata* e *G. truncatulinoides* (sinistral) sugere que a região foi controlada por águas transicionais ao longo deste intervalo. O domínio de espécimes dextrais de *G. truncatulinoides* e a maior abundância de *N. dutertrei* sugerem que ao longo da Subzona U1 houve um aumento na produtividade local, em especial do fitoplâncton, uma vez que as diatomáceas são a principal fonte de alimento de *N. dutertrei* (Hemleben *et al.*, 1989; Hilbrecht, 1997; Toledo *et al.*, 2007). Esta maior produção de fitoplâncton pode ter sido a responsável pela queda na abundância do plexo *Pulleniatina* observada no limite U2/U1. A alteração no sentido de enrolamento de *G. truncatulinoides* observada no limite U2/U1 também foi utilizada como critério bioestratigráfico em seções do Golfo do México (Neff, 1985; Martin *et al.*, 1990, 1993).

O retorno do plexo *G. menardii* marca a chegada do interglacial representado pela Zona V. Com duração aproximada de 299 ka, a Zona V é marcada por grandes oscilações climáticas e engloba os estágios isotópicos marinhos (*Marine Isotopic Stage* – MIS) de 7 a 12 (Thunell, 1984; Neff, 1985; Martin *et al.*, 1990, 1993; Kohl *et al.*, 2004). Estas oscilações são melhor evidenciadas pelo comportamento do plexo *G. menardii* (Figura 13), onde as maiores abundâncias são observadas no centro das subzonas (V3, V2 e V1) e associadas aos MIS 11, 9 e 7 respectivamente, enquanto as menores abundâncias foram utilizadas para a definição dos limites entre as subzonas (Neff, 1985; Martin *et al.*, 1990, 1993; Martin & Fletcher, 1995), sugerindo que estes limites estejam associados aos MIS 8 e 10 (V2/V1 e V3/V2 respectivamente), enquanto o MIS 12 pode estar associado ao limite U/V (Kohl *et al.*, 2004). As oscilações observadas nas espécies *G. inflata* e *G. truncatulinoides* sugerem a influência de pulsos de águas frias e/ou produtivas, auxiliando a definição dos limites entre as subzonas.

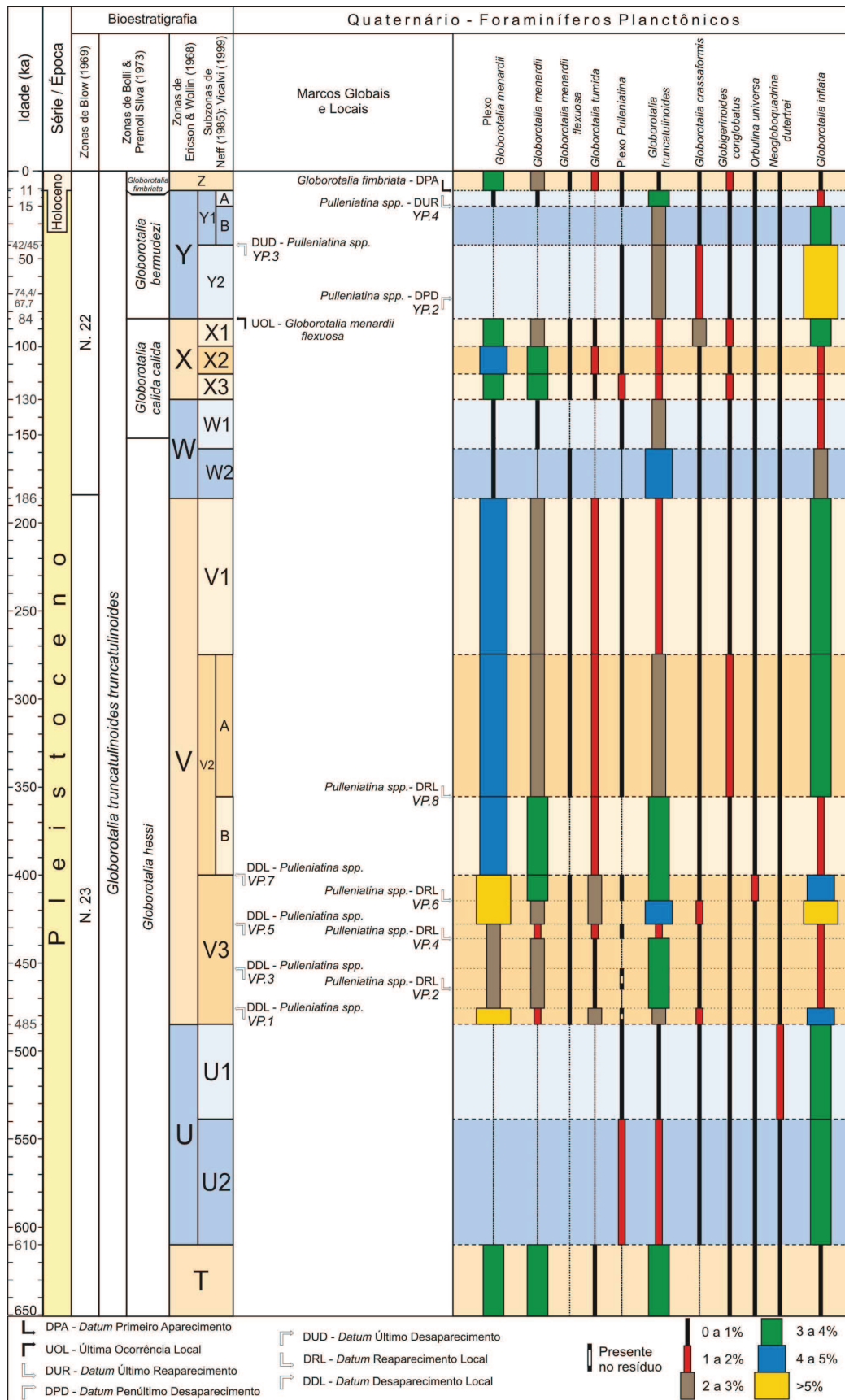


Figura 13. Arcabouço bioestratigráfico do Quaternário da Bacia de Santos e abundância relativa média (%) das espécies de foraminíferos planctônicos selecionadas nos testemunhos BS-C e BS-D.

Os constantes eventos de desaparecimento e reaparecimento do plexo *Pulleniatina* foram utilizados para aumentar a resolução do zoneamento de cada testemunho. A constante oscilação apresentada pelo plexo, em especial ao longo da Subzona V3, não pode ser explicado neste estudo, no entanto demonstra que sua distribuição não é influenciada apenas pela temperatura (Boltovskoy *et al.*, 1996; Schmidt *et al.*, 2004), uma vez que este tipo de comportamento (desaparecimentos e reaparecimentos) também é observado ao longo da Zona Y (glacial) (*e.g.* Kennett & Huddleston, 1972a; Bé *et al.*, 1976; Prell & Damuth, 1978; Vicalvi, 1999; Sanjinés, 2006; Portilho-Ramos *et al.*, 2006). Próximo ao topo da Zona V ocorre um pequeno aumento de *G. truncatulinoides*, seguido pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, indicando a entrada de águas frias que marcam o pequeno glacial representado pela Zona W (~56 ka). O padrão apresentado pelas espécies *G. truncatulinoides* e pelos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina* ao longo Zona W (Figura 13), sugere uma rápida mudança na temperatura (limite V/W), evidenciada pelo abrupto desaparecimento do plexo *G. menardii*. A baixa representatividade do plexo *Pulleniatina* associada aos elevados valores apresentados por *G. truncatulinoides* marcam a Subzona W2 e sugerem temperaturas mais baixas que as observadas na Subzona seguinte (W1). Na Subzona W1 ocorre um ligeiro aumento na temperatura, evidenciado pela diminuição na expressão de *G. truncatulinoides* seguido pelo aumento do plexo *Pulleniatina*.

O retorno de expressões significativas do plexo *G. menardii* (média 3,53%; Figura 13) marca a base da Zona X que, por sua vez, registra a entrada de águas quentes nas quais espécies como *G. truncatulinoides* e *G. inflata* diminuem sua expressão. Durante o ligeiro aquecimento representado pela Zona X (~46 ka), são observadas mudanças no sentido de enrolamento de *G. truncatulinoides*, o que pode significar mudanças na produtividade da área e/ou alterações na estrutura da coluna d'água. As

subzonas X1 e X3 são dominadas por espécimes dextrais, sugerindo que ao longo destas subzonas ocorreu uma maior produtividade no local, enquanto a Subzona X2 é dominada por espécimes sinistrais, normalmente associadas a áreas oligotróficas (Hilbrecht, 1997; Renaud & Schmidt, 2003). O desaparecimento do plexo *G. menardii* em especial o *datum* fornecido pela última ocorrência da espécie *G. menardii flexuosa* (84 ka; Tabelas 2 e 5) marca o final deste interglacial.

O aumento expressivo observado nas espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata* denota a chegada de águas frias e produtivas do glacial representado pela Zona Y. Portilho-Ramos *et al.* (2006) reconheceu cinco subzonas (Y5 a Y1) no testemunho JPC-95 (Bacia de Santos), com base nos horizontes fornecidos pelo plexo *Pulleniatina* (*YP.1*, *YP.2* e *YP.3* de Vicalvi, 1999), no entanto o biohorizonte *YP.4* (limite Y1B/Y1A) não foi reconhecido pelos autores. A espécie *G. inflata* apresenta as maiores abundâncias no início do intervalo (Subzona Y2), diminuindo sua expressão média ao longo das subzonas Y1B e Y1A, enquanto *G. truncatulinoides* permanece constante ao longo das subzonas Y2 e Y1B, aumentando sua expressão na Subzona Y1A (Figura 13). Junto à Subzona Y2 são observados picos de abundâncias do plexo *Pulleniatina* e de *G. crassaformis*, enquanto a Subzona Y1B é caracterizada pela ausência do plexo *Pulleniatina*. O retorno das elevadas abundâncias do plexo *G. menardii* seguido pela brusca diminuição de *G. truncatulinoides* e *G. inflata* demonstra a chegada das águas quentes à região, marcando o início do Holoceno. As maiores abundâncias da espécie *G. truncatulinoides* observadas em testemunhos localizados mais ao sul da área de estudo (JPC-17 e JPC-95; Portilho-Ramos, 2010) sugerem ao longo do Holoceno uma maior influência de águas frias no sul da bacia, onde os valores registrados para a espécie podem ser duas vezes maiores que os observados no testemunho BS-C e BS-D.

8.1. *Globorotalia inflata*

O delineamento bioestratigráfico demonstrou que a espécie *G. inflata* apresenta uma população permanente ao longo dos últimos ~620 ka (BS-C: ~620 ka; BS-D: ~530 ka). Presente em intervalos glaciais e interglaciais, com abundâncias comparáveis ao plexo *G. menardii* em alguns intervalos (V3, V2A, V1 e X1; Figura 13), o comportamento da espécie diverge ao observado em zoneamentos realizados no Golfo do México, Mar do Caribe e Atlântico Equatorial, onde a espécie é a principal indicadora de águas frias e utilizada para o refinamento bioestratigráfico dos episódios glaciais do Pleistoceno (Bé & Tolderlund, 1971; Kennett & Huddlestun, 1972a; Thunnel, 1984; Martins, 1990, 1993; Kohl *et al.*, 2004). Nas bacias brasileiras, a espécie foi utilizada para a identificação de curtos períodos frios ocorridos ao longo da Zona X (Vicalvi, 1999; Sanjinés, 2006; Araújo & Machado, 2008), onde a presença da espécie em intervalos interglaciais está associada à queda de abundância do plexo *G. menardii*. Este padrão não ficou claro no testemunho BS-D (Figura 10), no entanto não prejudicou a definição do zoneamento climático.

A maior representatividade da espécie ao longo dos eventos interglaciais é melhor evidenciada quando comparados os diferentes intervalos climáticos reconhecidos nas seções (glacial e interglacial; BS-C e BS-D). Os resultados (Figura 14) sugerem que o testemunho BS-D sofreu uma maior influência de águas frias e/ou produtivas ao longo de sua história deposicional. Este fato ocorre em especial ao longo da Zona V (entre ~610 e 186 ka), onde a espécie *G. inflata* (média 3,48%) apresenta valores próximos aos observados para o plexo *G. menardii* (média 3,78%) em intervalos interglaciais e comparáveis aos valores médios observados para a espécie ao longo dos intervalos glaciais do testemunho BS-C (3,50%; Figura 14). O desenvolvimento de células de ressurgência e/ou a influência de outros fatores ambientais registrados

atualmente na região, como o deslocamento da pluma do Rio da Prata e Lagoa dos Patos, que favorecida pela ação de ventos de NE propicia a chegada de águas frias, pouco salinas e produtivas a latitudes entre 28-23°S (Campos *et al.*, 1999; Piola *et al.*, 2000; Gonzalez-Silveira *et al.*, 2006). Estes aspectos somados ao deslocamento sazonal da confluência Brasil/Malvinas podem explicar os picos de abundância da espécie *G. inflata* observados junto aos intervalos representados pelas subzonas V3, V2A, V1 e X1 (Boltovskoy *et al.*, 2000; Portilho-Ramos *et al.*, 2010).

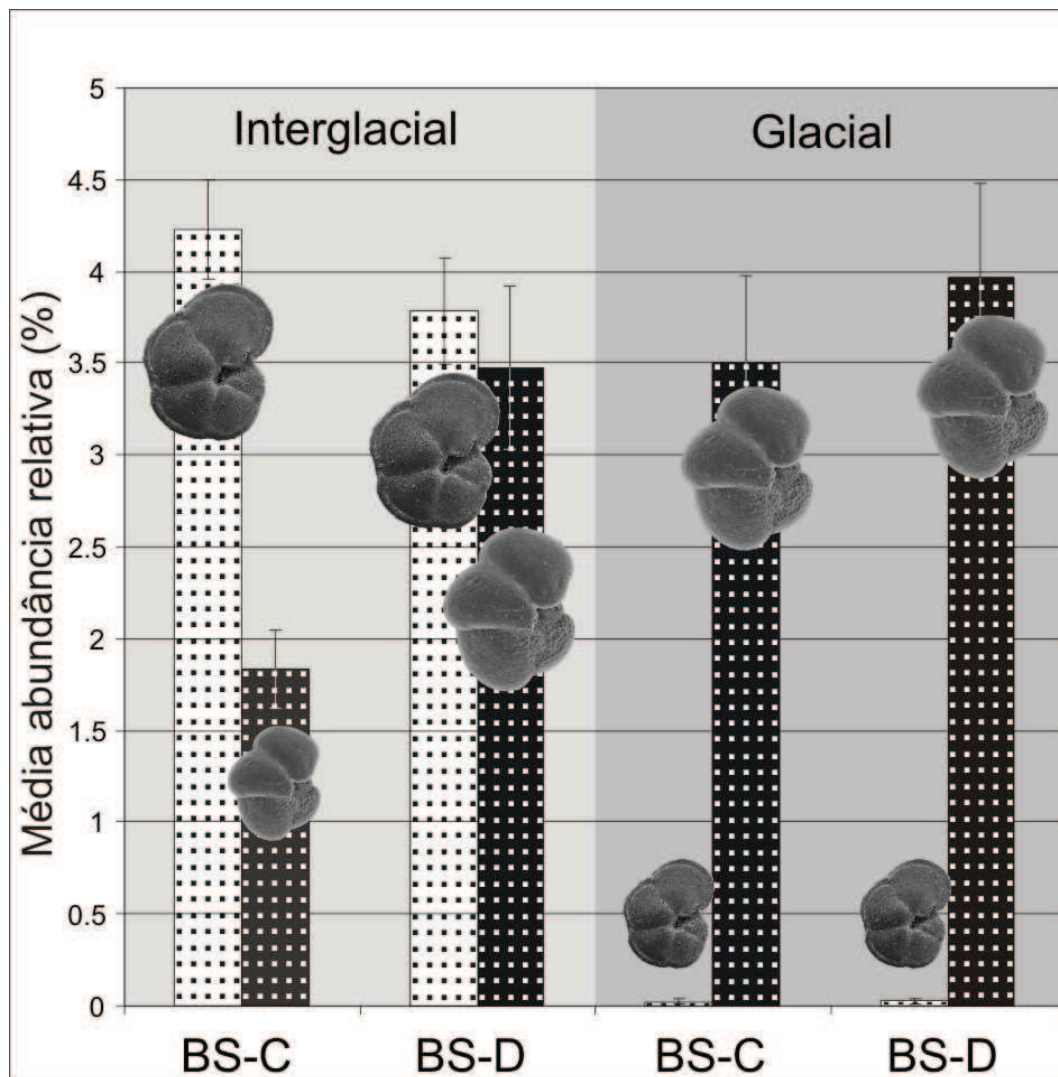


Figura 14. Abundância relativa média (%) do plexo *Globorotalia menardii* e da espécie *Globorotalia inflata* ao longo dos intervalos interglaciais e glaciais reconhecidos nos testemunhos BS-C e BS-D da Bacia de Santos.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a interpretação dos resultados alcançados nas diferentes análises (bioestratigrafia, estratigrafia isotópica e correlação gráfica) se obteve um perfil mais completo das seções estudadas, onde cada método utilizado demonstrou seu potencial e aplicabilidade na identificação dos diferentes eventos ocorridos na área de abrangência dos testemunhos BS-C e BS-D, coletados no talude da Bacia de Santos.

Através das análises bioestratigráficas se obteve informações antes não descritas pela literatura para as bacias brasileiras, como o reconhecimento e a caracterização das zonas/subzonas T, U (U2/U1) e V (V3, V2 e V1) e o refinamento da subzona V2, que foi dividida em V2B e V2A. A caracterização destas, demonstrou que o controle do plexo *Pulleniatina* é uma das ferramentas mais importantes para o zoneamento climático do Quaternário e principalmente para a correlação local e regional entre seções, através dos horizontes de correlação que o plexo fornece. Com base no plexo *Pulleniatina*, identificou-se neste trabalho oito novos horizontes de correlação, estes baseados em eventos de desaparecimento e reaparecimento do plexo, ocorridos ao longo das subzonas V3 e V2. O controle do enrolamento e da abundância da espécie *Globorotalia truncatulinoidea* também demonstraram sua aplicação no reconhecimento de limites entre zonas/subzonas.

Os resultados alcançados pelas análises isotópicas, quando comparados com o zoneamento climático demonstram uma boa correlação, onde os intervalos isotópicos considerados representantes de eventos interglaciais (1, 5, 7, 9 e 11), parecem estar intimamente ligados as zonas/subzonas que representam estes mesmos eventos interglaciais Z, X, V1, V2 e V3 respectivamente. Já os intervalos isotópicos considerados representantes dos eventos glaciais, 2, 4 e 6 ocorrem associados as zonas/subzonas representantes de eventos glaciais Y (2 e 4) e W (6). No entanto, nem

todos os estágios apresentaram uma relação clara com o zoneamento climático baseado em foraminíferos planctônicos. O estágio isotópico 3, considerado um intervalo interglacial, aparece associado a subzona Y2 (glacial), e pode representar um pequeno aquecimento ocorrido ao longo do evento glacial (zona Y). Já os estágios 8, 10 e 12 (intervalos glaciais) estão associados a zona V (o maior interglacial identificado), podendo representar momentos de temperaturas mais amenas dentro desta zona, o que seria responsável pela alteração da fauna planctônica de foraminíferos que identifica os limites entre as subzonas V3/V2 e V2/V1.

Outro aspecto evidenciado pelas análises isotópicas é a diferença existente entre a passagem de um evento glacial para um interglacial, que ocorre de maneira rápida como observado nos limites 1/2 (Y/Z), 5/6 (W/X), 9/10 (V2B/V2A) e 11/12, podendo estes eventos de aquecimento terem influenciado as alterações nos foraminíferos planctônicos. O mesmo ocorre na passagem entre um intervalo interglacial e um glacial, onde a passagem parece ser mais suave e demorada e pode ser observada entre os limites 6/7 (topo da V1), 8/9 (V2A) e 11/10 (V3 e V2A).

A integração dos resultados obtidos nas análises bioestratigráficas e isotópicas através da técnica de correlação gráfica forneceu importantes informações sobre a história deposicional das seções, onde se destacam a formação da fácies VNF, caracterizada por uma rápida acumulação de sedimentos ocorrida ao longo do estágio isotópico 11 e associado ao centro da subzona V3. A identificação de eventos de hiato deposicional existentes em ambos os testemunhos, demonstra a importância da aplicação desta técnica para a geotecnia, uma vez que estes não haviam sido identificados através do zoneamento bioestratigráfico e da análise isotópica.

10. ANEXO 1: TABELAS

Tabela 3. Abundância absoluta dos foraminíferos planctônicos selecionados para a realização do zoneamento climático do testemunho BS-C.

Bioestratigrafia	Zonas e Subzonas	Peso Seco Preparado (gr.)	Profundidade (m)	Abundância Planctônicos	Plexo Globobulimina menardii	Globobulimina menardii	Globobulimina menardii flexuosa	Globobulimina tumida	Plexo Pulleniatina	Pulleniatina (resíduo)	Globobulimina truncatulinoides	G. truncatulinoides (sn)	G. truncatulinoides (dex)	Globobulimina crassaliformis	Globobulimoides confobolatus	Orbulina universa	Neoglobobulimina duterrei	Globobulimina inflata	Total de Foraminíferos Bentônicos	Abundância total (ind/gr. de sedimento)
Z		8,00	0,03	1731	458	279	3	175	40		244	81	163	40	258	21	80	80	9	1739
		7,40	0,10	1208	376	276	7	93	65		23	0	23	22	103	7	0	22	2	1211
Y1A		9,07	0,40	986	1	0	1	0	0		302	159	143	0	3	4	18	388	26	1011
		8,60	0,70	737	0	0	0	0	0		117	74	43	0	30	1	37	465	17	755
Y1B		9,40	1,11	1412	0	0	0	0	0		213	103	110	0	14	0	207	1430	21	1434
		11,85	1,21	1662	1	1	0	0	57		510	168	342	0	18	119	57	997	24	1696
		9,05	1,51	1644	1	1	0	0	251		671	179	492	0	126	7	1	919	29	1673
		8,10	1,81	396	0	0	0	0	11		148	138	10	10	41	1	0	237	24	420
		7,34	2,02	644	0	0	0	0	0		131	87	44	153	136	4	0	589	24	668
	8,97	2,22	794	18	18	0	0	36		161	54	107	268	130	1	18	589	32	827	
X	X1	6,44	2,52	1406	16	9	6	0	127		202	202	0	747	45	5	99	696	5	1412
		9,13	3,04	772	332	240	38	54	0		115	18	97	18	116	2	18	263	12	784
	X2	13,53	3,34	1142	492	401	34	58	1		75	52	24	24	35	4	0	166	24	1166
		10,26	3,64	1262	596	345	72	178	4		199	103	96	31	20	11	0	187	14	1276
	X3	7,00	3,96	3412	1994	1541	299	154	664		504	223	281	366	536	40	93	0	29	3441
	8,88	4,16	3014	878	842	17	19	330		297	151	146	3	39	42	72	432	38	3051	
W	W1	8,61	4,36	2397	7	7	0	0	153		527	150	377	373	272	34	77	372	53	2438
		13,00	4,50	583	0	0	0	0	0		128	12	115	15	32	7	74	197	21	695
		16,30	4,55	659	2	1	1	1	0		162	99	63	40	4	7	39	216	22	685
		10,14	4,88	2534	0	0	0	0	0		1211	379	832	66	90	207	0	632	39	2573
	W2	9,13	4,78	2101	72	2	0	70	3		852	492	360	72	83	20	140	350	29	2130
	8,80	4,98	1920	3	0	1	2	36		1283	436	847	40	61	24	73	509	45	1965	
V		11,28	5,18	1680	242	173	5	64	0		518	341	176	4	69	74	113	512	34	1714
		11,52	5,43	2447	1027	411	29	590	115		169	111	58	59	16	77	0	222	23	2469
		10,17	5,80	648	195	162	1	16	0		33	32	1	0	33	19	47	252	21	668
		9,41	5,90	497	207	154	0	53	0		68	34	34	17	4	0	34	153	16	513
		10,48	6,00	1508	539	507	10	23	63		187	183	4	123	200	8	31	947	28	1536
		9,78	6,20	1323	562	388	9	166	0		202	65	137	232	25	104	65	589	24	1347
		10,47	6,30	2358	871	606	24	242	4		256	122	134	0	12	63	0	367	13	2371
		8,52	6,62	2296	1154	724	23	406	6		79	75	4	79	114	188	0	601	9	2305
		8,50	6,82	3066	739	421	29	288	162		235	75	160	4	132	25	0	452	91	3158
		8,45	6,92	2725	1527	1005	101	421	153		384	76	318	383	69	30	303	606	47	2772
		8,30	7,22	3508	1204	788	54	361	172		88	0	88	469	254	36	77	540	33	3541
		7,63	7,32	1514	1295	904	72	318	85		616	84	532	215	161	50	172	797	6	1520
		11,53	7,44	4094	1633	1437	51	145	112		246	1	245	114	403	107	786	111	23	4118
		10,45	7,54	2046	1682	1376	0	306	7		203	1	202	4	184	0	432	306	21	2067
		12,39	7,84	933	593	496	9	88	78		106	52	54	26	94	3	0	860	19	952
		8,92	8,00	618	332	206	11	114	19		54	54	0	1	2	20	0	548	10	627
		8,18	8,10	1463	759	502	20	237	1		158	117	40	1	17	18	117	484	24	1487
		11,55	8,23	2172	931	560	10	360	66		116	1	115	1	147	115	0	395	45	2217
		11,64	8,55	179	15	15	0	1	8		62	21	41	28	21	3	27	7	29	208
		8,16	8,75	311	31	20	0	11	0		100	88	12	0	1	11	20	78	34	345
	10,74	8,95	464	135	74	0	61	30		179	179	0	15	18	16	0	15	21	485	
	11,19	9,05	316	98	38	0	57	14		113	108	4	8	16	20	7	51	20	336	
	10,26	9,47	1173	494	454	4	36	156		206	219	67	32	44	16	156	569	22	1195	
	10,07	9,57	1046	782	632	13	137	66		319	254	65	96	109	23	222	447	27	1072	
	10,20	9,67	1534	1147	830	23	294	32		419	314	105	97	18	6	157	790	16	1550	
	9,45	9,87	1177	828	505	13	310	169		315	135	180	135	14	47	102	513	31	1208	
	9,94	9,97	1012	609	379	4	225	32		506	32	474	0	54	4	32	97	29	1042	
	10,46	10,19	1026	356	294	0	61	2		326	31	295	36	77	35	0	252	10	1036	
	14,13	10,29	1380	892	706	51	136	136		470	228	242	227	11	53	136	417	37	1417	
	10,87	10,39	2107	1232	925	6	300	5		556	412	144	242	167	66	0	1017	30	2137	
	9,86	10,69	1745	1157	640	95	422	139		425	195	230	100	578	18	14	953	10	1755	
	11,19	10,79	2260	991	684	55	252	118		245	172	73	175	978	34	433	973	8	2268	
	8,96	10,89	3096	1607	696	15	896	2		373	71	301	143	810	28	493	1075	8	3105	
	10,30	11,14	778	315	199	16	100	0		151	16	136	36	319	57	38	62	2	780	
	8,99	11,21	597	112	102	10	0	0		0	0	1	73	52	9	2	0	4	601	
	9,10	11,26	1369	758	360	37	360	0		216	219	145	109	216	98	246	141	11	1558	
	9,22	11,46	553	264	197	12	54	0		142	17	125	55	85	63	28	0	4	557	
	12,64	11,56	11	0	0	0	0	0		2	2	0	0	0	0	0	2	36	48	
	11,76	11,66	421	56	56	0	0	0		56	5	1	0	3	2	27	150	8	430	
	11,72	11,78	394	166	84	0	83	0		150	150	0	15	17	9	14	43	19	413	
	11,65	11,88	172	34	34	0	0	0		14	14	0	14	0	1	0	21	38	211	
	10,67	12,13	465	478	343	0	135	0		168	150	18	75	65	26	105	122	2	467	
	11,78	12,33	441	306	224	0	81	0		138	109	29	54	40	25	54	54	12	453	
	11,59	12,43	1688	912	802	0	110	0		336	166	170	110	84	24	166	331	17	1705	
	11,21	12,73	864	406	376	0	30	0		230	228	2	1	35	5	86	57	6	870	
	10,58	12,95	696	527	436	1	91	0		645	393	251	91	103	5	0	151	18	1014	
	10,67	13,05	999	249	98	1	150	0		774	360	414	0	81	7					

Tabela 4. Abundância relativa dos foraminíferos planctônicos selecionados para a realização do zoneamento climático do testemunho BS-C.

Bioestratigrafia	Zonas e Subzonas	Peso Seco Preparado (gr.)	Profundidade (m)	Abundância Planctônicos	Plexo Globobulimina menardii	Globobulimina menardii	Globobulimina menardii flexuosa	Globobulimina tumida	Plexo Pulleniatina	Pulleniatina (resíduo)	Globobulimina truncatulinoides	G. truncatulinoides (sin)	G. truncatulinoides (dex)	Globobulimina crassaformis	Globobulimoides conglobatus	Orbulina universa	Neoglobobulimina dutreilii	Globobulimina inflata	Total de Foraminíferos Benthônicos	Abundância total (ind/gr. de sedimento)
Z		8,00	0,03	99,50	2,64	1,61	0,01	1,07	0,23		1,41	33,33	66,67	0,23	1,49	0,12	0,46	0,46	0,50	1739
		7,40	0,10	99,80	3,11	2,28	0,06	1,71	0,54		0,19	0,00	100,00	0,12	0,59	0,04	0,00	0,12	0,20	1211
Y1A		9,07	0,40	97,47	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00		3,06	52,55	47,45	0,00	0,02	0,03	0,10	2,24	2,53	1011
		8,60	0,70	97,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,59	63,37	36,63	0,00	0,17	0,01	0,22	2,89	2,31	755
Y1B		9,40	1,11	98,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,51	45,50	51,50	0,00	0,08	0,00	1,20	8,28	1,49	1454
		11,55	1,21	98,59	0,01	0,01	0,00	0,00	0,34		3,07	32,94	67,06	0,00	0,11	0,69	0,33	5,76	1,41	1686
Y2		9,05	1,51	98,27	0,01	0,01	0,00	0,00	1,53		4,08	26,69	73,31	0,00	0,73	0,04	0,01	5,31	1,73	1673
		8,10	1,81	94,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28		3,74	93,33	6,67	0,06	0,24	0,01	0,00	1,37	5,73	420
X1		7,34	2,02	96,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		2,03	66,67	33,33	0,88	0,79	0,02	0,00	3,40	3,59	668
		8,97	2,22	96,12	0,22	0,22	0,00	0,00	0,45		2,02	33,33	66,67	1,55	0,75	0,01	0,10	3,40	3,88	827
X2		6,44	2,52	99,63	0,11	0,07	0,04	0,00	0,91		1,44	100,00	0,00	4,32	0,26	0,03	0,57	4,02	0,37	1412
		9,13	3,04	98,41	4,30	3,11	0,50	0,70	0,00		1,49	15,24	84,76	0,10	0,67	0,01	0,10	1,52	1,59	784
X3		13,53	3,34	97,91	4,31	3,51	0,30	0,51	0,01		0,66	68,63	31,37	0,14	0,20	0,02	0,00	0,96	2,09	1166
		10,26	3,64	98,89	4,72	2,73	0,57	1,41	0,03		1,58	51,96	48,04	0,18	0,12	0,06	0,00	1,08	1,11	1276
W1		7,00	3,96	99,15	5,85	4,52	0,88	0,45	1,95		1,48	44,19	55,81	2,11	3,10	0,23	0,54	0,00	0,85	3441
		8,88	4,16	98,77	2,91	2,80	0,06	0,06	1,09		0,99	59,76	49,24	0,02	0,23	0,24	0,42	2,50	1,23	3051
W2		8,61	4,36	98,32	0,03	0,03	0,00	0,00	0,64		2,20	28,41	71,59	2,15	1,57	0,19	0,44	2,15	2,16	2438
		13,00	4,50	96,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		2,19	9,64	90,36	0,08	0,18	0,04	0,43	1,14	3,52	605
V1		16,32	4,55	96,70	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00		2,45	60,98	39,02	0,23	0,02	0,04	0,23	1,25	3,30	681
		10,13	4,68	98,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		4,78	31,30	68,70	0,38	0,52	1,20	0,00	3,65	1,50	2573
V2A		9,13	4,78	98,64	0,34	0,01	0,00	0,33	0,02		4,06	57,71	42,29	0,42	0,48	0,11	0,81	2,03	1,36	2130
		8,80	4,98	97,69	0,02	0,00	0,01	0,01	0,19		6,68	34,01	65,99	0,23	0,35	0,14	0,42	2,94	2,31	1965
V2B		11,28	5,18	97,99	1,44	1,03	0,03	0,38	0,00		3,08	65,92	34,08	0,02	0,40	0,43	0,66	2,96	2,01	1714
		11,52	5,43	99,08	4,20	1,68	0,12	2,41	0,47		0,69	65,64	34,36	0,34	0,10	0,45	0,00	1,28	0,92	2469
V3		10,17	5,80	96,93	3,01	2,50	0,02	0,24	0,00		0,52	97,06	2,94	0,00	0,19	0,11	0,27	1,45	3,07	668
		9,41	5,90	96,95	4,17	3,10	0,00	1,07	0,00		1,37	50,00	50,00	0,10	0,02	0,00	0,20	0,88	3,05	513
V4		10,48	6,00	98,18	3,58	3,36	0,06	0,15	0,42		1,24	97,96	2,04	0,71	1,16	0,04	0,18	5,47	1,82	1536
		9,78	6,20	98,25	4,25	2,93	0,07	1,25	0,00		1,53	32,32	67,68	1,34	0,14	0,60	0,38	3,40	1,75	1347
V5		10,47	6,30	99,44	3,69	2,57	0,10	1,02	0,02		1,59	47,76	52,24	0,00	0,07	0,36	0,00	2,12	0,53	2371
		8,52	6,62	99,62	5,03	3,15	0,10	1,77	0,03		0,34	95,52	4,48	0,45	0,66	1,09	0,00	3,47	0,38	2305
V6		8,50	6,82	97,11	2,41	1,37	0,10	0,94	0,53		0,77	32,00	68,00	0,02	0,76	0,14	0,00	2,61	2,89	3158
		8,45	6,92	98,30	5,60	3,69	0,37	1,55	0,56		1,45	19,22	80,78	2,22	0,40	0,17	1,75	3,50	1,70	2722
V7		8,30	7,22	99,07	3,43	2,25	0,15	1,03	0,49		0,25	0,00	100,00	2,71	1,47	0,21	0,45	3,12	0,93	3541
		7,63	7,32	99,59	8,55	5,97	0,48	2,10	0,56		4,07	13,62	86,38	1,24	0,93	0,29	0,99	4,60	0,41	1520
V8		11,53	7,44	99,43	3,99	3,51	0,12	3,35	0,27		0,60	0,35	99,65	0,66	2,33	0,62	4,54	0,64	0,57	4118
		10,45	7,54	98,98	8,22	6,72	0,00	1,50	0,03		0,99	0,47	99,53	0,02	1,06	0,00	2,49	1,77	1,02	2067
V9		12,39	7,84	98,04	6,36	5,32	0,10	0,94	0,84		1,13	48,85	51,15	0,15	0,54	0,02	0,00	4,97	1,96	952
		8,92	8,00	98,46	5,37	3,34	0,18	1,85	0,31		0,87	100,00	0,00	0,01	0,01	0,12	0,00	3,17	1,54	627
V10		8,18	8,10	98,39	5,19	3,44	0,13	1,62	0,01		1,08	74,42	25,58	0,01	0,10	0,11	0,68	2,80	1,61	1487
		11,55	8,23	97,98	4,28	2,58	0,05	1,66	0,30		0,53	6,75	93,25	0,01	0,65	0,00	0,00	2,28	0,92	2328
V11		11,64	8,55	95,94	0,87	0,82	0,00	0,05	0,43		3,46	33,33	66,67	0,16	0,12	0,01	0,16	0,04	14,06	208
		8,16	8,75	90,27	0,98	0,63	0,00	0,35	0,00		3,23	87,80	12,20	0,00	0,01	0,06	0,11	0,45	9,73	345
V12		10,74	8,95	95,66	2,91	1,61	0,00	1,30	0,64		3,85	100,00	0,00	0,09	0,10	0,09	0,00	0,09	4,34	485
		11,19	9,05	93,91	3,03	1,22	0,00	1,81	0,45		3,57	96,03	3,97	0,05	0,09	0,11	0,04	0,29	6,09	336
V13		10,26	9,47	98,16	4,21	3,87	0,03	0,31	1,33		2,43	76,45	23,55	0,19	0,25	0,09	0,90	3,29	2,84	1195
		10,07	9,57	97,53	7,47	6,04	0,12	1,31	0,63		3,05	79,75	20,25	0,56	0,63	0,13	1,29	2,58	1,47	1072
V14		10,20	9,67	98,97	7,48	5,41	0,15	1,92	0,21		2,73	74,94	25,06	0,56	0,10	0,03	0,91	4,57	1,03	1550
		9,45	9,87	97,44	7,03	4,29	0,11	2,63	1,44		2,68	42,95	57,05	0,78	0,08	0,27	0,59	2,97	2,56	1208
V15		9,94	9,97	97,19	6,01	3,75	0,04	2,23	0,32		5,00	6,36	93,64	0,00	0,31	0,02	0,19	0,56	2,81	1042
		10,46	10,19	99,08	3,46	2,87	0,00	0,60	0,02		3,18	9,38	90,62	0,21	0,45	0,20	0,00	1,46	0,92	1036
V16		14,13	10,29	97,41	6,47	5,11	0,37	0,98	0,98		3,40	48,49	51,51	1,31	0,07	0,31	0,79	2,41	2,59	1417
		10,87	10,39	98,58	5,85	4,39	0,03	1,42	0,02		2,64	74,17	25,83	1,40	0,96	0,38	0,00	0,88	1,42	2137
V17		9,86	10,69	99,42	6,63	3,67	0,05	2,42	0,80		2,44	45,52	54,48	0,58	3,34	0,11	0,08	5,51	0,51	1755
		11,19	10,79	99,65	4,39	3,03	0,25	1,12	0,52		1,08	70,07	29,93	1,01	5,65	0,20	2,50	5,62	0,35	2288
V18		8,96	10,89	99,73	5,19	2,25	0,05	2,89	0,01		1,20	19,16	80,84	0,83	4,68	0,16	2,85	6,21	0,27	3105
		10,30	11,14	99,78	4,04	2,56	0,20	1,29	0,00		1,95	10,26	89,74	0,21	1,85	0,33	0,22	0,36	0,22	780
V19		8,99	11,21	99,41	1,88	1,71	0,17	0,00	0,00		0,02	0,00	100,00	0,42	0,30	0,05	0,01	0,00	0,59	601
		9,10	11,26	98,74	4,99	2,37	0,25	2,37	0,00		1,43	32,99	67,01							

Tabela 6. Abundância absoluta dos foraminíferos planctônicos selecionados para a realização do zoneamento climático do testemunho BS-D.

Bioestratigrafia	Zonas e Subzonas	Peso Seco Preparado (gr)	Profundidade (m)	Abundância Planctônicos	Plexo Globobulimina menardi	Globobulimina menardi	Globobulimina menardi flexuosa	Globobulimina tumida	Plexo Pulleniatina	Pulleniatina (resíduo)	Globobulimina truncatulinoides	G. truncatulinoides (sin)	G. truncatulinoides (dex)	Globobulimina crassaformis	Globobulimoides conglobatus	Orbulina universa	Neoglobobulimina duartei	Globobulimina inflata	Total de Foraminíferos Bentônicos	Abundância total (ind/gr. de sedimento)
Z		7,66	0,15	2616	1556	842	195	518	0		253	0	253	0	260	337	84	84	17	2633
Y1A		8,15	0,30	2645	22	20	0	2	157		1818	0	1818	0	109	221	80	314	16	2661
		10	0,50	612	16	16	0	0	0		34	0	34	32	2	26	16	128	23	635
Y1B		8,23	0,65	792	0	0	0	0	0		313	292	22	0	2	5	0	311	6	799
		11,79	0,80	845	1	1	0	0	0		275	54	221	54	60	48	0	461	17	862
Y		7,15	1,10	1951	0	0	0	0	0		495	448	48	0	22	50	46	537	64	2015
		9,12	1,40	1369	0	0	0	0	292		215	213	2	0	88	25	0	1089	18	1387
		8,13	1,70	1610	0	0	0	0	0		445	119	326	1	58	31	159	1574	12	1622
		8,66	2,00	2072	0	0	0	0	0		363	74	289	2	58	17	273	1330	27	2099
		6,15	2,30	1596	0	0	0	0	107		263	210	54	2	15	8	104	1041	17	1613
		9,3	2,60	1014	0	0	0	0	142		244	0	244	0	48	5	34	138	42	1056
		9,5	2,90	504	0	0	0	0	17		68	68	0	0	87	9	0	135	11	515
		6,47	3,20	455	0	0	0	0	0		77	39	39	111	87	20	0	371	21	475
		7,12	3,50	1040	0	0	0	0	96		122	49	73	494	192	31	24	921	16	1057
		7,76	3,80	1584	0	0	0	0	215		166	82	84	620	106	44	0	1237	21	1605
	9,61	4,10	1349	5	5	0	0	2		350	135	214	934	49	21	34	300	11	1360	
X1		8,05	4,40	1389	790	595	99	96	40		102	0	102	119	276	36	0	318	8	1397
		7,52	4,70	2069	751	473	93	185	0		230	1	229	255	185	20	0	596	14	2083
X2		6,84	5,00	1907	1235	702	133	401	51		256	197	58	140	130	32	47	281	1	1908
		9,1	5,31	1172	523	380	108	35	1		147	105	42	70	54	22	1	281	4	1176
X3		8,55	5,60	1258	347	343	5	0	87		116	41	75	150	88	8	0	374	12	1270
		7,92	5,90	3170	819	634	11	174	573		354	3	351	1	634	201	82	244	19	3189
W1		8,48	6,10	3484	93	93	0	0	233		1048	492	557	153	531	96	75	226	54	3538
		9,15	6,30	1357	0	0	0	0	247		430	105	325	181	101	14	0	420	40	1397
W2		7,7	6,60	1401	0	0	0	0	0		551	83	468	3	92	23	0	418	25	1426
		9,76	6,90	1264	0	0	0	0	0		266	164	102	0	36	9	0	426	44	1308
V		6,82	7,20	820	0	0	0	0	0		284	282	3	95	10	18	0	141	43	863
		11,28	7,53	707	168	46	9	113	0		244	213	31	0	39	51	57	284	22	729
		9,05	7,80	2808	1136	162	103	871	212		716	566	150	74	23	33	141	1131	93	2901
		7,47	8,10	1419	505	225	12	268	0		214	214	0	214	4	15	0	643	48	1467
		8,7	8,40	632	300	278	3	18	0		110	92	18	74	3	0	74	202	15	647
		9,33	8,69	608	147	34	1	111	53		51	34	17	51	14	5	120	429	19	627
		9,86	9,00	2615	1556	632	35	888	66		66	65	1	262	81	167	0	844	27	2642
		7,2	9,15	3289	1664	897	47	719	3		114	0	114	182	35	128	0	444	20	3308
		10,99	9,40	2269	708	373	17	318	0		5	5	0	352	86	167	0	466	24	2293
		9,75	10,00	984	170	17	5	148	1		233	98	134	230	4	4	98	230	44	1028
V1		9,82	10,30	2217	1497	976	49	473	1		672	261	411	591	24	92	131	782	7	2224
		8,05	10,60	5132	1811	1168	0	643	320		19	1	17	163	744	219	2080	795	1	5133
		6,95	10,90	1722	519	327	3	190	92		285	46	239	94	12	9	92	557	24	1746
		9,9	11,20	1569	571	303	23	244	66		194	162	32	66	11	0	0	748	20	1589
		10,66	11,50	1356	745	376	20	349	62		154	120	34	61	9	2	0	332	37	1392
		8,83	11,80	180	11	10	0	1	0		23	18	5	5	27	3	5	36	8	188
		9,94	12,10	122	13	9	0	4	16		25	16	9	17	4	5	0	36	17	139
		12,1	12,40	406	149	82	1	66	13		174	145	28	26	20	17	0	106	23	429
		10,37	12,70	259	68	41	2	25	15		139	131	8	23	12	8	15	162	13	271
		8,8	12,90	270	100	72	1	27	1		9	0	9	27	0	1	0	400	15	285
V2A		8,35	13,20	1306	909	451	55	402	38		123	0	123	40	99	1	0	386	33	1339
		6,92	13,50	27	10	10	0	0	1		1	0	1	9	4	0	0	51	5	32
		7,83	13,80	1255	331	249	0	82	41		212	123	89	207	68	0	41	1275	21	1277
		7,75	14,20	1387	1128	645	67	415	86		170	83	88	210	79	12	1	455	1	1388
		9,86	14,50	4462	1826	822	60	944	134		943	270	673	8	854	389	458	1430	14	4476
		7,86	14,90	909	102	81	0	20	0		186	145	41	0	1	29	61	81	2	912
		10,07	15,10	613	325	261	0	64	0		334	302	32	48	67	38	32	111	8	621
		11,34	15,17	361	295	232	0	63	0		138	127	11	49	56	15	28	93	4	365
		9,81	15,30	275	162	121	0	41	0		98	82	16	57	38	12	8	106	6	281
		8,3	15,60	954	206	206	0	0	0		329	328	1	58	20	146	46	193	8	962
V3		7	15,90	631	297	171	0	126	11		183	183	0	11	44	43	36	183	13	644
		9,66	16,20	333	51	26	0	25	0		303	108	196	17	59	1	17	179	9	342
		10,5	16,50	632	256	117	6	133	0		319	259	60	110	23	11	15	384	12	644
		7,53	16,80	938	754	365	27	363	0		163	68	96	5	24	69	42	406	13	951
		8,74	17,10	2334	871	304	10	556	2		236	0	236	305	35	127	6	366	1	2335
		10,91	17,30	3473	328	197	3	128	10		6	0	6	8	197	87	626	469	1	3473
		10,92	17,50	3903	3185	2322	43	820	1380		237	0	237	5	1005	437	120	588	48	3952
		9,15	17,65	1721	178	72	0	106	0		142	105	37	70	92	34	214	175	25	1746
		12,55	17,73	184	44	28	1	15	7		7	0	7	6	1	2	19	32	19	203
		8,87	17,85	667	18	18	0	0	0		18	18	0	0	19	44	0	108	13	679
	11,96	17,97	538	241	147	0	94	0		94	94	0	0	98	6	0	161	11	548	
	9,22	18,10	1247	191	116	0	75	0		382	312	69	35	18	10	0	243	31	1279	
	10,57	18,20	543	16	15	0	1	0		214	167	47	0	3	2	45	182	11	553	
	14,52</																			

Tabela 7. Abundância absoluta dos foraminíferos planctônicos selecionados para a realização do zonamento climático do testemunho BS-D.

Bioestratigrafia	Zonas e Subzonas	Peso Seco Preparado (gr.)	Profundidade (m)	Abundância Planctônicos	Plexo Globorotalia menardii	Globorotalia menardii	Globorotalia menardii flexuosa	Globorotalia tumida	Plexo Pulleniatina	Pulleniatina (resíduo)	Globorotalia truncatulinoides	G. truncatulinoides (sin)	G. truncatulinoides (dex)	Globorotalia crassaformis	Globigerinoides conglobatus	Orbulina universa	Negobocquadrina dilleri	Globorotalia inflata	Total de Foraminíferos Bentônicos	Abundância total (Ind/gr. de sedimento)	
Z		7,66	0,15	99,34	5,95	3,22	0,74	1,98	0,00		0,97	0,00	100,00	0,00	0,99	1,29	0,32	0,32	0,66	2633	
Y1A		8,15	0,30	99,38	0,08	0,07	0,00	0,01	0,59		6,88	0,00	100,00	0,00	0,41	0,84	0,30	1,19	0,62	2661	
		10	0,50	96,36	0,26	0,26	0,00	0,00	0,00		0,56	0,00	100,00	0,52	0,03	0,43	0,26	2,09	3,64	635	
Y1B		8,23	0,65	99,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		3,96	93,02	6,98	0,00	0,03	0,06	0,00	3,93	0,78	799	
		11,79	0,80	98,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00		3,25	19,75	80,25	0,64	0,71	0,57	0,00	5,46	1,93	862	
Y		7,15	1,10	96,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		2,54	90,40	9,60	0,00	0,11	0,26	0,24	2,75	3,17	2015	
		9,12	1,40	98,69	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13		1,57	98,98	1,02	0,00	0,64	0,18	0,00	7,95	1,31	1387	
		8,13	1,70	99,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		2,77	26,80	73,20	0,01	0,36	0,19	0,99	9,78	0,75	1622	
		8,66	2,00	98,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,75	20,38	79,62	0,01	0,28	0,08	1,31	6,42	1,29	2099	
	Y2		6,15	2,30	98,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67		1,65	79,63	20,37	0,01	0,09	0,05	0,65	6,52	1,04	1613
			9,3	2,60	96,04	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40		2,41	0,00	100,00	0,00	0,48	0,05	0,34	1,36	3,96	1056
			9,5	2,90	97,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33		1,36	100,00	0,00	0,00	1,73	0,19	0,00	2,68	2,17	515
			6,47	3,20	95,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,70	50,00	50,00	2,45	1,90	0,44	0,00	8,15	4,32	475
			7,12	3,50	98,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92		1,17	40,23	59,77	4,75	1,85	0,30	0,23	8,86	1,53	1057
			7,76	3,80	98,69	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36		1,05	49,61	50,39	3,91	0,67	0,28	0,00	7,81	1,31	1605
	X1		9,61	4,10	99,22	0,04	0,04	0,00	0,00	0,02		2,59	38,69	61,31	6,93	0,36	0,15	0,25	2,22	0,78	1360
			8,05	4,40	99,40	0,59	4,28	0,72	0,69	0,29		0,73	0,00	100,00	0,86	1,99	0,26	0,00	2,29	0,60	1397
X2		7,52	4,70	99,33	3,63	2,29	0,45	0,89	0,00		1,11	0,58	99,42	1,23	0,89	0,10	0,00	2,88	0,67	2083	
		6,84	5,00	99,94	6,48	3,68	0,70	2,10	0,27		1,34	77,14	22,86	0,74	0,68	0,17	0,25	1,47	0,06	1908	
X3		9,1	5,31	99,66	4,46	3,24	0,92	0,30	0,01		1,26	71,64	28,36	0,60	0,46	0,19	0,01	2,40	0,34	1176	
		8,55	5,60	99,07	2,76	2,72	0,04	0,00	0,69		0,92	35,35	64,65	1,19	0,70	0,07	0,00	2,97	0,93	1270	
W1		7,92	5,90	99,41	2,59	2,00	0,04	0,55	1,81		1,12	0,71	99,29	0,00	2,00	0,63	0,26	0,77	0,59	3189	
		8,48	6,10	98,47	0,27	0,27	0,00	0,00	0,67		3,01	46,91	53,09	0,44	1,52	0,27	0,22	0,65	1,53	3538	
W2		9,15	6,30	97,14	0,00	0,00	0,00	0,00	1,82		3,17	24,43	75,57	1,34	0,74	0,10	0,00	3,09	2,86	1397	
		7,7	6,60	98,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		3,93	15,09	84,91	0,02	0,66	0,17	0,00	2,98	1,75	1426	
V1		9,76	6,90	96,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		2,11	61,54	38,46	0,00	0,28	0,07	0,00	3,37	3,35	1308	
		6,82	7,20	95,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		3,47	98,97	1,03	1,16	0,13	0,21	0,00	1,72	5,00	863	
		11,28	7,53	97,01	2,38	0,65	0,13	1,61	0,00		3,45	87,27	12,73	0,00	0,55	0,73	0,80	4,01	2,99	729	
		9,05	7,80	96,80	4,04	0,58	0,37	3,10	0,76		2,55	79,01	20,99	0,26	0,08	0,12	0,50	4,03	3,20	2901	
		7,47	8,10	96,76	3,56	1,58	0,08	1,89	0,00		1,51	100,00	0,00	1,51	0,03	0,10	0,00	4,53	3,24	1467	
		8,7	8,40	97,71	4,75	4,40	0,05	0,29	0,00		1,75	83,33	16,67	1,16	0,05	0,00	1,16	3,20	2,29	647	
		9,33	8,69	96,99	2,41	0,56	0,02	1,83	0,86		0,85	66,67	33,33	0,85	0,23	0,09	1,97	7,05	3,01	627	
		9,86	9,00	98,99	5,95	2,42	0,14	3,40	0,25		0,25	98,46	1,54	1,00	0,31	0,64	0,00	3,23	1,01	2642	
		7,2	9,15	99,41	5,06	2,73	0,14	2,19	0,01		0,35	0,00	100,00	0,55	0,11	0,39	0,00	1,35	0,59	3308	
		10,99	9,40	98,96	3,12	1,64	0,08	1,40	0,00		0,02	100,00	0,00	1,55	0,38	0,74	0,00	2,05	1,04	2293	
		9,75	10,00	95,68	1,73	0,18	0,05	1,50	0,01		2,37	42,29	57,71	2,34	0,04	0,04	1,00	2,34	4,32	1028	
		9,82	10,30	99,68	6,75	4,40	0,22	2,13	0,00		3,03	38,79	61,21	2,66	0,11	0,41	0,59	3,53	0,32	2224	
	8,05	10,60	99,98	3,53	2,28	0,00	1,25	0,62		0,04	6,67	93,33	0,32	1,45	0,43	4,05	1,55	0,02	5133		
	6,95	10,90	98,64	3,02	1,90	0,02	1,10	0,53		1,65	16,16	83,84	0,54	0,07	0,05	0,53	3,23	1,36	1746		
	9,9	11,20	98,76	3,64	1,93	0,15	1,56	0,42		1,24	83,33	16,67	0,42	0,07	0,00	0,00	4,77	1,24	1589		
	10,66	11,50	97,37	5,49	2,77	0,15	2,57	0,46		1,13	78,05	21,95	0,45	0,07	0,01	0,00	2,45	2,63	1392		
V2A		8,83	11,80	95,84	0,63	0,57	0,00	0,06	0,00		1,26	80,00	20,00	0,25	1,51	0,19	0,25	2,01	4,16	188	
		9,94	12,10	88,03	1,07	0,74	0,00	0,33	1,32		2,06	64,00	36,00	1,40	0,33	0,41	0,00	2,97	11,97	139	
		12,1	12,40	94,65	3,66	2,01	0,02	1,63	0,33		4,27	83,81	16,19	0,65	0,49	0,41	0,00	2,60	5,35	429	
		10,37	12,70	95,34	2,65	1,60	0,07	0,97	0,60		5,37	94,44	5,56	0,89	0,45	0,30	0,60	6,26	4,66	271	
		8,8	12,90	94,82	3,70	2,65	0,04	1,01	0,04		0,34	0,00	100,00	1,01	0,00	0,04	0,00	14,80	5,18	285	
		8,35	13,20	97,55	6,96	3,46	0,42	3,08	0,29		0,94	0,00	100,00	0,30	0,76	0,01	0,00	2,95	2,45	1339	
		6,92	13,50	84,38	3,70	3,70	0,00	0,00	0,53		0,53	0,00	100,00	3,17	1,59	0,00	0,00	18,52	15,63	32	
		7,83	13,80	98,33	2,63	1,98	0,00	0,65	0,33		1,69	57,83	42,17	1,65	0,54	0,00	0,33	10,15	1,67	1277	
		7,75	14,20	99,94	8,13	4,65	0,48	3,00	0,62		1,23	48,48	51,52	1,52	0,57	0,08	0,01	3,28	0,06	1388	
		9,86	14,50	99,68	4,09	1,84	0,13	2,12	0,30		2,11	28,63	71,35	0,02	1,91	0,87	1,03	3,21	0,32	4476	
	V2B		7,86	14,90	99,75	1,12	0,90	0,00	0,22	0,00		2,04	78,08	21,92	0,00	0,01	0,32	0,67	0,90	0,25	912
			10,07	15,10	98,69	5,29	4,26	0,00	1,04	0,00		5,44	90,48	9,52	0,78	1,08	0,62	0,52	1,81	1,31	621
		11,34	15,17	98,82	8,19	6,43	0,00	1,76	0,00		3,81	92,31	7,69	1,37	1,54	0,42	0,78	2,57	1,18	365	
		9,81	15,30	97,93	5,89	4,41	0,00	1,48	0,00		3,56	83,33	16,67	2,08	1,37	0,44	0,30	3,85	2,07	281	
		8,3	15,60	99,16	2,16	2,16	0,00	0,00	0,00		3,45	99,63	0,37	0,61	0,21	1,53	0,48	2,02	0,84	962	
		7	15,90	97,94	4,71	2,72	0,00	1,99	0,18		2,90	100,00	0,00	0,18	0,70	0,68	0,57	2,90	2,06	644	
		9,66	16,20	97,25	1,53	0,78	0,00	0,75	0,00		9,12	35,49	64,51	0,50	1,77	0,03	0,50	5,38	2,75	342	
		10,5	16,50	98,11	4,06	1,85	0,09	2,11	0,00		5,05	81,19	18,81	1,75	0,36	0,18	0,24	6,08	1,89	644	
		7,53	16,80	98,59	8,05	3,90	0,28	3,87	0,00		1,74	41,46	58,54	0,06	0,25	0,74	0,45	4,33	1,41	951	
		8,74	17,10	99,95	3,73	1,30	0,04	2,38	0,01		1,01	0,00	100,00	1,31	0,15	0,54	0,02	1,57	0,05	2335	
		10,91	17,30	99,98	0,94	0,57	0,01	0,37	0,03		0,02	0,00	100,00	0,02	0,57	0,25	1,80	1,35	0,02	3473	
		10,92	17,50	98,78	8,16	5,95	0,11	2,10	3,54		0,61	0,00	100,00	0,01	2,57	1,12	0,31	1,51	1,22	3952	
V3		9,15	17,65	98,58	1,04	0,42	0,00	0,62	0,00		0,83	73,85	26,15	0,41	0,53	0,20	1,24	1,02	1,42	1746	
		12,55	17,73	90,57	2,39	1,52	0,04	0,82	0,39		0,39	0,00	100,00	0,35	0,04	0,09	1,04	1,74	9,43	203	
		8,87	17,85	98,12	0,27	0,27	0,00	0,00	0,00		0,27	100,00	0,00	0,00	0,29	0,66	0,00	1,62			

11. REFERÊNCIAS

- Allaby, A. & Allaby, M. 1990. The Concise Oxford dictionary of Earth Sciences. *Oxford University Press*, New York, 410 p.
- Anjos, G.S. & Carreño, A.L. 2004. Bioestratigrafia (Foraminiferida) da sondagem 1-SCS-3B, plataforma de Florianópolis, bacia de Pelotas, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7**(2):127-138.
- Antunes, R.L. & Melo, J.H.G. 2001. Micropaleontologia e Estratigrafia de Seqüências. *In: H.J.P.S. Severiano Ribeiro (ed.), Estratigrafia de Seqüências – Fundamentos e aplicações*. São Leopoldo/RS, Ed. Unisinos, p. 137-218.
- Arai, M. 1988. Geochemical Reconnaissance of the Mid-Cretaceous anoxic event in the Santos basin, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* **18**(3):273-282.
- Araújo, T.M.F. & Machado, A.J. 2008. Eventos bioestratigráficos, paleoclimáticos e paleobatimétricos do talude continental superior da Bahia, evidenciado através do estudo da fauna de foraminíferos. *Gravel*, **6**(1):27-45.
- Barbosa, V.P. 2002. *Sistemática, bioestratigrafia e paleoceanografia de foraminíferos do Quaternário do talude continental das bacias de Santos e Campos*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 525 p.
- Bé, A.W.H. 1959. Ecology of recent planktonic foraminifera, parte 1: Areal distribution in the western North Atlantic. *Micropaleontology*, **5**(1):77-100.
- Bé, A.W.H. 1982. Biology of Planktonic foraminifera. *In: T.W. Broadhead (ed.), Foraminifera: Notes for a short course*, Knoxville/Tennessee, Department of Geological Science, **6**:51-92.
- Bé, A.W.H. & Tolderlund, D.S. 1971. Distribution and ecology of living planktonic foraminifera subspecies living in the northern Indian Ocean. *In: B.M. Funnel & W.R. Riedel (eds), The micropaleontology of oceans*. Londres, Cambridge University Press, p. 105-149.
- Bé, A.W.H.; Damuth, J.E.; Lott, L. & Free, R. 1976. Late Quaternary Climatic Record in Western Equatorial Atlantic Sediment. *In: Geological Society of America. Investigations of Late Quaternary Paleoclimatology and Paleoclimatology. Geological Society of America Memoir*, **145**:162-200.
- Berggren, W.A.; Hilgen, F.J.; Langereis, C.G.; Kent, D.V.; Obradovich, J.D.; Raffi, I.; Raymo, M.E. & Shackleton, N.J. 1995. Late Neogene chronology: new

- perspectives in high-resolution stratigraphy. *Geological Society of America Bulletin*, 107:1272-1287.
- Blow, W.H. 1969. Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In: P. Bronnimann & H.H. Renz (eds) *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, Geneva, 1967, p. 199-422.
- Bolli, H.M. & Premoli Silva, I. 1973. Oligocene to Recent Planktonic Foraminifera and Stratigraphy of Leg 15 sites in the Caribbean Sea. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **15**:475:497.
- Bolli, H.M. & Saunders, J.B. 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. In: H.M. Bolli; J.B. Saunders & K. Perch-Nielsen (eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, p. 156-262.
- Boltovskoy, E. 1962. Planktonic foraminifera as indicators os different water masses in the South Atlantic. *Micropaleontology*, **8**(3):403-408.
- Boltovskoy, E. 1965. *Los Foraminíferos Recientes*. Eudeba, Buenos Aires, 507 p.
- Boltovskoy, E. 1968. Living planktonic foraminifera at the 90° E meridian from the the equador to the Antarctic. *Micropaleontology*, **15**(2):237-255.
- Boltovskoy, E. 1969. Living planktonic foraminifera of the eastern part of the tropical Atlantic. *Revue Micropaléontologie*, **11**(2):85-98
- Boltovskoy, E. 1973. Estudio de Testigos Submarinos del Atlántico Sudoccidental. *Revista del Museo de Ciências Naturales “Bernardino Rivadavia”*, **4**(4):215-340.
- Boltovskoy, E. & Wriqth, R. 1976. Recent foraminifera. *The Hague Dr. W. Junk plublishers*, 515 p.
- Boltovskoy, E.; Boltovskoy, D.; Correa, N. & Brandini, F. 1996. Planktonic foraminifera from the southwestern Atlantic (30°-60°S): especies-especific patterns in the upper 50m. *Marine Micropaleontology*, **28**:53-72.
- Boltovskoy, E.; Boltovskoy, D. & Brandini, F. 2000. Planktonic Foraminifera from south-western Atlantic epipelagic Waters: abundance, distribution and year-to-year variation. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **79**:203-213.
- Bowen, D.Q. & Gibbard, P.L. 2007. The Quaternary is here to stay. *Journal of Quaternary Science*, 22:3-8.
- Campos, E.J.D.; Lentini, C.A.D.; Miller, J.L. & Piola, A.R. 1999. Interannual variability of the sea surface temperature in the South Brazil Bight. *Geophysical Research Letters*, **26**(14):2061-2064.

- Campos, E.J.D.; Velhote, D. & da Silveira, I.C.A. 2000. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. *Geophysical Research Letters*, **27**(6):751-754.
- Castro-Filho, B.M.; L.B. Miranda & S.Y. Miyao. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto de Pesca*, **35**(2):135-151.
- Chiessi, C.M.; Ulrich, S.; Mulitza, S.; Patzold, J. & Wefer, G. 2007. Signature of the Brazil-Malvinas Confluence (Argentine Basin) in the isotopic composition of planktonic foraminifera from surface sediments. *Marine Micropaleontology*, **64**:52-66.
- Cifelli, R. & Scott, G. 1986. Stratigraphic record of the Neogene Globorotalid radiation (Planktonic Foraminiferida). *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, **58**:1-101.
- Damuth, J.E. 1975. Quaternary climate change as revealed by calcium-carbonate fluctuations in western equatorial Atlantic sediments. *Deep-Sea Research*, **22**:725-743.
- De Madron, D. & Weatherly, G.. 1994. Circulation, transport and bottom boundary layers of deep currents in the Brazil Basin. *Journal of Marine Research*, **52**:583-638.
- Dias-Brito, D. 1989. A micropaleontologia na indústria do petróleo. *Revista Brasileira de Geologia*, **19**(2):256-259.
- Duarte, C.S.L. & Viana, A.R. 2007. Santos Drift System: stratigraphic organization and implications for late Cenozoic paleocirculation in the Santos Basin, SW Atlantic Ocean. *In: Geological Society Special Publications*, London, **276**:171-198.
- Duleba, W.; Petri, S. & Coimbra, J.C.S. 2003. Foraminíferos, Tecamebas e Ostracodes sub-recentes e fósseis do Quaternário do Brasil. *Revista do Instituto de Geociências – Publicação Especial*, 24 p.
- Elderfield, H. & Ganssen, G. 2000. Past temperature and $d^{18}O$ of surface ocean waters inferred from foraminiferal Mg/Ca ratios. *Nature*, **405**:442-445.
- Emiliani, C. 1955. Pleistocene temperatures. *Journal of Geology*, **63**:538-578.
- Emiliani, C. 1972. Quaternary paleotemperatures and the duration of high-temperature intervals. *Science*, **178**:398-401.
- Ericson, D.B. & Wollin, G. 1956a. Correlations of six cores from the Equatorial Atlantic and Caribbean. *Deep-sea Research*, **3**:104-125.

- Ericson, D.B. & Wollin, G. 1956b. Micropaleontological and isotopic determinations of Pleistocene climates. *Micropaleontology*, **2**:257-270.
- Ericson, D.B. & Wollin, G. 1968. Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments. *Science*, **162**:1227-1243.
- Ericson, D.B.; Ewing, M.; Wollin, G. & Heezen, B.C. 1961. Atlantic deep-sea sediments cores. *Geological Society of America Bulletin*, **72**:193-268.
- Ferreira, F.; Leipnitz, I.I.; Aguiar, E.S. & Sanjinés, A.E.S. 2010. Bioestratigrafia do Neógeno da Bacia de Santos – Resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 4, Anais, CD-ROM.
- Gaeta, S.A.; Brino, O.L. & Ribeiro, S.M. 1994. *Distributions of No-3, chlorophyll a and primary productivity in the South-Western region of the South Atlantic during summer. South-western Atlantic physical oceanography Workshop Report*. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 57-60.
- Gibbard, P.L. & Van Kolfschoten, T.H. 2005. The Pleistocene and Holocene Series. In: Gradstein F.; Ogg, J. & Smith, A.G. (eds) *A Geologic Timescale 2004*. Cambridge University Press: Cambridge, UK; 441–452.
- Gibbard, P.L.; Smith, A.G.; Zalasiewicz, J.A.; Barry, T.L.; Cantrill, D.; Coe, A.L.; Cope, J.C.W.; Gale, A.S.; Gregory, F.J.; Powell, J.H.; Rawson, P.F.; Stone, P. & Waters, C.N. 2005. What status for the Quaternary? *Boreas*, **34**:1- 6.
- Gibbard, P.L. & Head, M.J. 2009a. The definition of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch. *Quaternaire*, **20**(2):125–133.
- Gibbard, P.L. & Head, M.J. 2009b. IUGS ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Quaternaire*, **20**(4):411-412.
- Gibbard, P.L.; Head, M.J.; Walker, M.J.C. & The Subcomission on Quaternary Stratigraphy. 2010. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, **25**:96-102.
- González-Silveira, A.; Angel, E.S.D. & Millán-Núñez, N. 2006. Spatial and temporal variability of the Brazil-Malvinas Confluence and the La Plata Plume as seen by Sea WIFS and AVHRR imagery. *Journal of Geophysical Research*, **111**:C06010
- Gradstein, F.M.; Ogg, J.G.; Smith, A.G.; Bleeker, W. & Lourens, L.J. 2004. A new geologic time scale with special reference to the Precambrian and Neogene. *Episodes*, **27**:83-100.

- Hall, I.R.; McCave, I.N.; Shackleton, N.J.; Weedon, G.P. & Harris, S.E. 2001. Intensified deep Pacific inflow and ventilation in Pleistocene glacial times. *Nature*, **412**:809–812.
- Head, M.J.; Gibbard, P.L. & Salvador, A. 2008. The Quaternary: its character and definition. *Episodes*, **31**:234-238.
- Hemleben, C.; Spindler, M. & Anderson, O.R. 1989. *Modern planktonic foraminifera*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 363 p.
- Hilbrecht, H. 1997. Morphologic gradation and ecology in *Neogloboquadrina pachyderma* and *N. dutertrei* (planktonic foraminifera) from core top sediments. *Marine Micropaleontology*, **31**:31-43.
- Kennett, J.P. & Huddlestun, P. 1972a. Late Pleistocene paleoclimatology, foraminiferal biostratigraphy and tephrochronology, Western Gulf of Mexico. *Quaternary Research*, **2**:38-69.
- Kennett, J.P. & Huddlestun P. 1972b. Abrupt climatic change at 90,000 Yr BP: faunal evidence from Gulf of Mexico cores. *Quaternary Research*, **2**:384-395.
- Kohl, B.; Fillon, R.H. & Roberts, H.H. 2004. Foraminiferal biostratigraphy and paleoenvironments of the Pleistocene Lagniappe Delta and related section, Northeastern Gulf of Mexico. In: B. Anderson & R.H. Fillon (eds) *Late Quaternary Stratigraphic Evolution of the Northern Gulf of Mexico Margin*. Society for Sedimentary Geology, p. 190-216 (Special Publication No. 79).
- Kowsmann, R.O. & Costa, M. 1979. *Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes*, Rio de Janeiro, CENPES/DNTP, 55 p.
- Kowsmann, R.O.; Silva, D.B.; Vicalvi, M. A.; Amaral, C.S. & Gonçalves, A.J. 2008. Description and Dating of Jumbo piston cores from Santos Basin. PDEX/PETROBRAS. *Relatório Interno* RT 014/08/2008, 12 p.
- Leipnitz, I.I.; Silva, J.L.L.; Leipnitz, B.; Aguiar, E.S.; Leão, C.J.; Giovanoni, L. & Ferreira, F. 2005. Métodos para o trabalho com microfósseis e formas atuais. In: L.L. Timm & C.V. Cademartoti (eds.), *Cadernos La Salle XI - Métodos de Estudo em Biologia*, ISSN: 1678-2003, **2**(1): 49-58.
- Lidz, L. 1966. Deep-sea Pleistocene biostratigraphy. *Science*, **154**:1448-1452.
- Loeblich Jr., A.R. & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1182 p.
- Mahiques M.; Mishima Y.; & Rodrigues M. 1999. Characteristics of the sedimentary organic matter on the inner and middle continental shelf between Guanabara Bay

- and São Francisco do Sul, southeastern Brazilian margin. *Continental Shelf Research*, **19**:775-798.
- Mahiques, M.M.; Silveira, I.C.A.; Souza, S.H.M. & Rodrigues, M. 2002. Post-LGM sedimentation on the outer shelf-upper slope of the northernmost part of the São Paulo Bight, southeastern Brazil. *Marine Geology*, **181**:387-400.
- Mahiques, M.M.; Tessler, M.G.; Ciotti, A.M.; da Silveira, I.C.A.; Souza, S.H.M.; Figueira, R.C.L.; Tassinari, C.C.G.; Furtado, V.V. & Passos, R.F. 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, **24**:1685-1697.
- Mahiques, M. M.; Bicego, M. C. & A.Silveira, I. C. 2005. Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazilian shelf. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **77**(3):535-548.
- Martin, R.E. & Fletcher, R.R. 1995. *Graphic Correlation of Plio-Pleistocene sequence boundaries, Gulf of Mexico: Oxygen Isotopes, Ice Volume, and Sea Level*. Society for Sedimentary Geology, p. 235-248 (Special Publication No. 53).
- Martin, R.E.; Johnson, G.W.; Neff, E.D. & Krantz, D.E. 1990. Quaternary planktonic foraminiferal assemblages zones of the northeast Gulf of México, Colombia basin (Caribbean Sea), and tropical Atlantic Ocean: Graphic correlation of microfossil and oxygen isotope datums. *Paleoceanography*, **5**(4):531-555.
- Martin, R.E.; Neff, E.D.; Johnson, G.W. & Krantz, D.E. 1993. Biostratigraphic Expression of Pleistocene Sequence Boundaries, Gulf of Mexico. *Palaios*, **8**:155-171.
- Martinez, J.I; Mora, G. & Barrows, T.T. 2007. Paleoclimatographic conditions in the Western Caribbean Sea for the last 560 kyr as inferred from planktonic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, **64**:177-188.
- Modica, C.J. & Brush, E.R. 2004. Postdrift sequence stratigraphy, paleogeography, and fill history of the deep-water Santos Basin, offshore southeast Brazil. *AAPG Bulletin*, **88**(7):923-945.
- Moreira, J.L.P.; Madeira, C.V.; Gil, J.A. & Machado, A.P. 2007. Bacia de Santos. *Boletim de geociências da Petrobras*, **15**(2):531-549.
- Mulitza, S.; Wolff, T.; Patzold, J.; Hale, W. & Wefer, G. 1998. Temperature sensitivity of planktonic foraminifera and its influence on oxygen isotope record. *Marine Micropaleontology*, **33**:223-240.

- Mulitza, S.; Arz, H.; Kemle-Von Mucke, S.; Moos, C.; Niebler, H.S.; Patzold, J.; Segl, M. 1999. The south Atlantic carbon isotope record of planktonic foraminífera. In: G. Ficher & G. Wefer (eds), *User of proxies in paleoceanography: Exemples from the South Atlantic Ocean*. Bremen, Alemanha, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. p. 165-189.
- Neff, E.D. 1985. *Pré-Late Pleistocene paleoclimatology and planktonic foraminiferal biostratigraphy of the northeastern Gulf of Mexico*. Columbia University South Caroline, Dissertação de Mestrado, 123 p.
- Nunes, M.C.V.; Viviers, M.C. & Lana, C.C. 2004. Bacias sedimentares brasileiras – Bacia de Santos. *Phoenix*, **6**(66).
- Ogg, J.G. & Pillans, B. 2008. Establishing Quaternary as a formal international Period/System. *Episodes*, 31:230-233.
- Oliveira, D.H.; Mello, R.M.; Barreto, A.M.F. & Strohschoen Jr., O. 2007. O limite Pleistoceno/Holoceno no Campo de Marlin Leste da bacia de Campos - RJ, com base na bioestratigrafia de foraminíferos planctônicos. *Estudos Geológicos*, **17**(2):41-50.
- Oppo, D.W. & Horowitz, M. 2000. Glacial deep water geometry: South Atlantic benthic foraminiferal Cd/Ca and $\delta^{13}\text{C}$ evidence. *Paleoceanography*, **15**:147-160.
- Parker, F.L. 1967. Late Tertiary biostratigraphy (planktonic foraminifera) of tropical Indo-Pacific deep-sea cores. *Bulletin of the American Paleontology*, 52:111-208.
- Pereira, M.J. & Feijó, F., 1994. Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **8**(1):219-234.
- Patterson, R.T. & Fishbein, E. 1989. Re-examination of the statistical methods used to determine the number of point counts needed for micropaleontological quantitative research. *Journal of Paleontology*, **63**(2):245-248.
- Peterson, R.G. & Stramma, L. 1991. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Progress In Oceanography*, **26**:1-73.
- Phleger, F.B.; Parker, F.L. & Peirson, J.F. 1953. North Atlantic Foraminifera. *Reports of the Swedish Deep Sea Expedition (1947-1948)*, **7**:1-122.
- Piola, A.R.; Campos, E.J.D.; Möller Jr, O.O.; Charo, M. & Martinez, C. 2000. Subtropical shelf front off eastern South America. *Journal of Geophysical Research*, **193**(C3):6565-6578.
- Pivel, M.A.G. 2009. *Reconstrução da hidrografia superficial do Atlântico Sul Ocidental desde o Último Máximo Glacial a partir de estudo de foraminíferos planctônicos*.

- Programa de Pós-graduação em Oceanografia Química e Geológica, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 162 p.
- Portilho-Ramos, R.C. 2003. *Interpretações paleoceanográficas e bioestratigráficas do testemunho JPC-17 (porção sul da bacia de Santos), com base em foraminíferos planctônicos*. Escola de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de Graduação, 55p.
- Portilho-Ramos, R.C. 2006. *Caracterização Paleoceanográfica do testemunho JPC-95, margem continental sul brasileira, com base em foraminíferos planctônicos e isótopos estáveis de oxigênio*. Programa de Pós-graduação em Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 84 p.
- Portilho-Ramos, R.C. 2010. *Paleoceanografia do Sudoeste do Atlântico Sul: registro de eventos abruptos nos últimos 50.000 anos*. Prog. de Pós-graduação em Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Tese de Doutorado, 132 p.
- Portilho-Ramos, R.C.; Rios-Netto, A.M. & Barbosa, C.F. 2004. Late neogene climatic changes on southeastern brazilian continental margin trough the analysis of foraminifera and stable Oxygen isotope. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GEOCHEMISTRY IN TROPICAL COUNTRIES*, Búzios, Rio de Janeiro, p. 302.
- Portilho-Ramos, R.C.; Rios-Netto, A.M. & Barbosa, C.F. 2006. Caracterização bioestratigráfica do Neógeno Superior da Bacia de Santos com base em foraminíferos planctônicos. *Revista Brasileira de Paleontologia* **9**(3):349-354.
- Prell, W.L. & Damuth, J.E. 1978. The climate-related diachronous disappearance of *Pulleniatina obliquiloculata* in Late Quaternary sediments of the Atlantic and Caribbean. *Marine Micropaleontology*, **3**:267-277.
- Reid, J.L. 1989. On the total geostrophic circulation of the South Atlantic Ocean flow patterns, tracers and transports. *Progress in Oceanography*, **23**:149-244.
- Renaud, S. & Schmidt, D.N. 2003. Habitat tracking as a response of the planktonic foraminifer *Globorotalia truncatulinoides* to environmental fluctuations during the last 140 kyr. *Marine Micropaleontology*, **49**:97-122.
- Rocha, J.; Milliman, J.D.; Santana, C.I. & Vicalvi, M.A. 1975. *In: Milliman, J.D. & Summerhayes, C. (eds.) Upper continental margin sedimentation off Brazil. Contributions to Sedimentology*, p.111-150
- Rodrigues, M.A.C. & Carvalho, M.G.P. 1980. Curvas paleoclimáticas com base em foraminíferos de testemunhos da plataforma sul-brasileira. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **52**(3):617-625.

- Rodrigues, R.R. & Lorenzetti, J.A. 2001. A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the Southeast Brazilian coastal upwelling. *Continental Shelf Research*, **21**: 371-394
- Rögl, F. & Bolli, H. M. 1973. Holocene to Pleistocene Plancktonic Foraminífera of Leg 15, Site 147 (Cariaco Basin (Trench), Caribbean Sea) and their climatic interpretation. In: N.T. Edgar (ed.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **15**:553-616.
- Ruddiman, W.F. 1971. Pleistocene sedimentation in the equatorial Atlantic. Stratigraphy and faunal paleoclimatology. *Geological Society of America Bulletin*, **82**:283-302.
- Russel, A.D.; Honisch, B.; Spero, H.J.; Lea, D.W. 2004. Effects of seawater carbonate ion concentration and temperature on shell U, Mg and Sr in cultured planktonic foraminifera. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **68**(21):4347-4361.
- Sanjinés, A. E. S. 2004. *Análise bioestratigráfica de dois testemunhos a pistão do talude da Bacia de Campos, RJ*. Escola de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de Graduação, 57 p.
- Salvador, A. 2006. The Tertiary and the Quaternary are here to stay. *Association of American Petroleum Geologists Bulletin*, 90:21-30.
- Sanjinés, A. E. 2006. *Biocronoestratigrafia de foraminíferos em três testemunhos da Pleistoceno-Holoceno do Talude continental da Bacia de Campos, RJ – Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 119 p.
- Schott, W. 1935. Die Foraminiferen in dem equatorialen Teil des Atlantischen Ozeans. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutsche Atlantischen Expedition "Meteor" 1925-1927*, **3**:43-134.
- Sen Gupta, B.K. 1999. Systematics of Modern Foraminífera. In: B.K. Sen Gupta (ed.). *Modern Foraminifera*. *Kluwer Academic Publishers*. London, p. 3-36.
- Seabrooke, J.M.; Hufford, G.L. & Elder, R.G. 1971. For-mation of Antarctic Bottom Water in the Weddell Sea. *Journal of Geophysical Research*, **76**:2164-2178.
- Schmidt, D.N.; Renaud, S.; Bollmann, J.; Schiebel, R. & Thierstein, H.R. 2004. Size distribution of Holocene planktic foraminefera assembles: biogeography, ecology and adaptation. *Marine Micropaleontology*, **50**:319-338.

- Silveira, I.C.A.; Schmidt, A.C.K.; Campos, E.J.D.; Godoi, S.S. & Ikeda, Y. 2000. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, **48**(2):171-183.
- Siedler, G.; Muller, T.J.; Onken, R.; Arhan, M.; Mercier, H.; King, B.A. & Saunders, P.M. 1996. The Zonal Woce Sections In The South Atlantic. In: Wefer, G.; Berger, W.H.; Siedler, G. & Webb, D.J. *The South Atlantic: Present And Past Circulation*. Bremen. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, p. 13-44.
- Souza R.B. 2000. *Satellite and Lagrangian observations of mesoscale surface processes in the Southwestern Atlantic Ocean*. University of Southampton, Tese de Doutorado, 239 p.
- Subcomission on Quaternary Stratigraphy. 2010. History of the stratigraphical nomenclature of the glacial period. Disponível em <http://www.quaternary.stratigraphy.org.uk/about/history.html>, acessado em 27/9/2010.
- Suguio, K.; Sallun, A.E.M. & Soares, E.A.A. 2005. Período Quaternário: “*QUO VADIS*”? *Revista Brasileira de Geociências*, **35**(3):427-432.
- Stainforth, R.M.; Lamb, J.L.; Luterbaqcher, H.; Beard, J.H. & Jeffords, R.M. 1975. Cenozoic planktonic foraminiferal zonation and characteristics of index forms. *Paleontological Contributions*, 62. Lawrence: University of Kansas Press. 425 p.
- Stramma, L. 1989. The Brazil Current transport south of 23°S. *Deep-Sea Research*, **36**:639-646.
- Thunell, R.C. 1984. Pleistocene planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoclimatology of the Gulf of México. In: N. Healy-Williams (ed.) *Principles of Pleistocene Stratigraphy Applied to the Gulf of Mexico*. Boston, International Human Resources Development Corporation, p. 25-64.
- TN PETRÓLEO. 2009. Petrobrás inicia produção de gás em Lagosta , na Bacia de Santos. Disponível em <http://www.tnpetroleo.com.br/noticia/19767/petrobras-inicia-producao-de-gas-em-lagosta-na-bacia-de-santos>, acesso em 30/06/2009.
- Toledo, F.A.L. 2000. Variação paleoceanográficas nos últimos 30.000 anos no oeste do Atlântico Sul: Isótopos de oxigênio, assembléia de foraminíferos planctônicos e nanofósseis calcários. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 245 p.

- Toledo, F.A.L.; Costa, K.B. & Pivel, M.A.G. 2007. Salinity changes in the western tropical South Atlantic during the last 30 kyr. *Global and Planetary Change*, **57**:383-395.
- Tsuchiya, M.; Talley, L.D. & McCartney, M.S. 1994. Water-Mass Distributions In The Western South Atlantic: a section from South Georgia Island (54°S) northward across the Equator. *Journal of Marine Research*, **52**:55-81.
- Vella, P. 1964. Biostratigraphic units. *New Zeland Journal of Geology and Geophysics*, **7**:615-625.
- Vicalvi, M.A. 1977. Sedimentos Quaternários da plataforma continental e talude do sul do Brasil: estratigrafia e curvas paleoclimáticas. In: PROJETO REMAC. PETROBRÁS, CENPS, DINTEP, 27-76.
- Vicalvi, M.A. 1997. Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático dos sedimentos do Quaternário superior do talude da Bacia de Campos, RJ, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **11**(1):132-165.
- Vicalvi, M.A. 1999. *Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático do Quaternário Superior do talude da Bacia de Campos e Platô de São Paulo adjacente, com base em foraminíferos planctônicos*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 183 p.
- Vicalvi, M.A. & Palma, J.J.C. 1980. Bioestratigrafia e Taxas de Acumulação dos Sedimentos Quaternários do Talude do Sopé Continental entre a Foz do Rio Gurupi (MA) e Fortaleza (CE). *Boletim Técnico da Petrobrás*, **23**(1):3-11.
- Vicalvi, M.A.; Kotzian, S.C.B. & Forti-Esteves, I.R. 1977. A ocorrência de microfauna estuarina no Quaternário da Plataforma Continental de São Paulo. In: *Evolução sedimentar da plataforma continental e talude do sul do Brasil*. Rio de Janeiro: CENPES/DINTEP. Petrobrás. Série Projeto REMAC 2, 77-97.
- Vicalvi, M.A.; Kowsmann, R.O. & Costa, M.P.A. 1978. Depressão Abrolhos, uma paleolaguna holocênica na Plataforma Continental Leste Brasileira. *Boletim Técnico da Petrobrás*, **21**(4):179-286.
- Walker, M.; Johnsen, S.; Rasmussen, S.O.; Popp, T.; Steffensen, J.P.; Gibbard, P.L.; Hoek, W.; Lowe, J.; Andrews, J.; Bjorck, S.; Cwynar, L.C.; Hughen, K.; Kershaw, P.; Kromer, B.; Litt, T.; Lowe, D.J.; Nakagawa, T.; Newnham, R. & Schwander, J. 2009. Formal definition and dating of GSSP (Global Strototype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science*, **24**:3-17.

12. ANEXO 2: Artigo Científico

**ZONEAMENTO PALEOCLIMÁTICO DO QUATERNÁRIO DA
BACIA DE SANTOS COM BASE EM FORAMINÍFEROS
PLANCTÔNICOS.**

FABRICIO FERREIRA

ITAMAR IVO LEIPNITZ

MARCO AURÉLIO VICALVI

ANTONIO ENRIQUE SAIÃO SANJINÉS

Artigo científico submetido à
Revista Brasileira de Paleontologia

ZONEAMENTO PALEOCLIMÁTICO DO QUATERNÁRIO DA BACIA DE SANTOS COM BASE EM FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS

FABRICIO FERREIRA, ITAMAR IVO LEIPNITZ

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Laboratório de Micropaleontologia da Universidade do Vale
do Rio dos Sinos – UNISINOS, Av. Unisinos, 950, 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil

fabferreira@unisinos.br, itamar@unisinos.br

MARCO AURÉLIO VICALVI, ANTONIO ENRIQUE SAYÃO SANJINÉS

CENPES/PDGEO/BPA – PETROBRAS, Av. Horácio Macedo, 950, 21941-915, Ilha do Fundão, Rio de
Janeiro, RJ, Brasil

vicalvi.gorceix@petrobras.com.br, antonio.sanjines@petrobras.com.br

ABSTRACT: QUATERNARY PALEOCLIMATIC ZONATION OF SANTOS BASIN BASED IN PLANKTONIC FORAMINIFERA. The climatic zones based on planktonic foraminifera, from two piston cores collected on the slope of the Santos Basin, has shown the record of climate oscillations over the last ~ 620 ka. Seven zones and 14 subzones were recognized, represented by glacial (zones U, W and Y; subzones U2, U1, W2, W1, Y2, Y1B, Y1A) and interglacial intervals (zones T, V and X; subzones V3, V2B, V2A, V1, X1 to X3) of Pleistocene and the Holocene (zone Z). The *Pulleniatina* plexus allowed the division of subzone V2 in two (V2B and V2A) and provided eight regional correlation horizons along the subzones V3 and V2. The coiling direction of *Globorotalia truncatulinoides* helped the

recognition of boundaries between subzones U2/U1, V2B/V2A, X3/X2 and X2/X1, showing as a useful tool for the refinement of the zones and subzones of the Quaternary. The permanent presence of *Globorotalia inflata* suggests a constant influence of cold and productive waters over the past ~ 620 ka, especially in the southern part of the study area.

Key words: Biostratigraphy; Planktonic foraminifera; Quaternary; Correlation Biohorizon.

RESUMO: O zoneamento climático estabelecido a partir de foraminíferos planctônicos para dois testemunhos coletados no talude da bacia de Santos demonstrou o registro das oscilações climáticas dos últimos ~620 ka. Foram reconhecidas sete zonas e 14 subzonas, representadas por intervalos glaciais (zonas U, W e Y; subzonas U2, U1, W2, W1, Y2, Y1B e Y1A) e interglaciais (zonas T, V e X; subzonas V3, V2B, V2A, V1, X3 a X1) do Pleistoceno e o Holoceno (Zona Z). O plexo *Pulleniatina* permitiu a divisão da subzona V2 em duas (V2B e V2A) e forneceu ao longo das subzonas V3 e V2 oito horizontes para a correlação regional. O controle do sentido de enrolamento de *Globorotalia truncatulinoides* auxiliou o reconhecimento dos limites entre as subzonas U2/U1, V2B/V2A, X3/X2 e X2/X1, demonstrando ser uma ferramenta útil para o refinamento das zona/subzonas do Quaternário. A permanente presença de *Globorotalia inflata* sugere uma constante influência de águas frias e produtivas ao longo dos últimos ~620 ka, em especial na região sul da área de estudo.

Plavras-chaves: foraminíferos planctônicos; Quaternário; zoneamento paleoclimático; biohorizontes de correlação.

INTRODUÇÃO

Os registros das oscilações climáticas que caracterizam o Quaternário (2,58 Ma; Gibbard *et al.*, 2010) podem ser observados nos sedimentos marinhos a partir do controle da fauna de foraminíferos planctônicos. Ao longo deste período, a fauna de foraminíferos planctônicos sofreu flutuações significativas, devido a eventos migratórios com características não evolutivas ocorridos em resposta às variações do clima (Kennett & Huddleston, 1972; Bé *et al.*, 1976; Thunell, 1984). Desta forma, o controle da abundância relativa de assembleias e/ou espécies de foraminíferos planctônicos mais ou menos sensíveis às oscilações climáticas fornece uma ótima resolução estratigráfica para o Quaternário (Ericson & Wollin, 1968; Thunell, 1984; Neff, 1985; Kohl *et al.*, 2004).

As flutuações observadas ao longo do registro, como desaparecimento e reaparecimento de *Globorotalia menardii* em consequência das variações climáticas foram originalmente reconhecidas no Atlântico Equatorial (Schott, 1935). Desde então, muitos trabalhos têm utilizado e validado este enfoque (Phleger *et al.*, 1953; Ericson & Wollin, 1956; Ericson *et al.*, 1961; Lidz, 1966), culminando na biozonação do Quaternário a partir da presença/ausência de *G. menardii* (Ericson & Wollin, 1968), onde a presença indica intervalos climaticamente quentes (interglaciais) e a ausência intervalos climaticamente frios (glaciais). Enquanto o controle de algumas espécies e/ou associações reflete extremos climáticos, como o plexo *G. menardii*, outras são utilizadas por fornecer valiosas informações aos estudos bioestratigráficos do Quaternário, contribuindo assim com o aumento da resolução do zoneamento e, em consequência, melhorando a correlação entre seções.

Nas bacias brasileiras, o zoneamento baseado na presença/ausência/abundância relativa de espécies e/ou associações chaves (como os plexos *G. menardii* e *Pulleniatina*) vem permitindo a correlação regional entre poços e auxiliado no estudo da

evolução e dos eventos associados às bacias sedimentares. No entanto, até o momento, os estudos realizados com base em foraminíferos planctônicos abrangem apenas o intervalo mais recente do período, representado pelas zonas W, X, Y e Z (Vicalvi & Palma, 1980; Rodrigues & Carvalho, 1980; Vicalvi, 1997, 1999; Toledo, 2000; Portilho-Ramos *et al.*, 2006; Sanjinés, 2006; Oliveira *et al.*, 2007; Araújo & Machado, 2008). Nos últimos anos, a bacia de Santos tem recebido considerável atenção da indústria do petróleo (Modica & Brush, 2004; Duarte & Viana, 2007), requerendo uma caracterização mais acurada de seus depósitos. Nesta perspectiva, este estudo tem como objetivo estabelecer o zoneamento paleoclimático dos depósitos quaternários da bacia de Santos com base na fauna de foraminíferos planctônicos. Paralelamente, pretende também caracterizar as zonas e subzonas bioestratigráficas identificadas.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia de Santos é definida geologicamente como uma depressão localizada entre os paralelos 23°-28° Sul, ao longo da costa dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, ocupando uma área aproximada de $3,5 \cdot 10^5$ km² (Figura 1). Ao norte, limita-se com a bacia de Campos no Alto de Cabo Frio, ao sul com a bacia de Pelotas na Plataforma de Florianópolis, a leste na cota batimétrica de 3.000 m e a oeste pela Serra do Mar, feição fisionômica que confina a bacia ao domínio marinho (Pereira & Feijó, 1994; Moreira *et al.*, 2007).

Os depósitos quaternários marinhos de águas profundas aqui abordados estão inseridos no contexto litoestratigráfico da Formação Marambaia, sequência N50-N60 (Moreira *et al.*, 2007), onde predominam os sedimentos lamosos (folhelho cinzento e marga cinza-clara), cortados por cânions preenchidos por sedimentos lamosos e arenosos finos de origem turbidítica. Os sedimentos entre a plataforma interna e a

externa apresentam características que variam de siliciclásticos a carbonáticos respectivamente, enquanto o talude é caracterizado pela deposição de sedimentos hemipelágicos e turbiditos (Mahiques *et al.*, 2002).

Segundo Viana *et al.* (1998), as massas de água superficiais atuantes na região são direcionadas em sentido sul por influência da Corrente do Brasil (CB) e compostas pela mistura de três massas de águas distintas, sendo elas a Água Costeira (AC; rasa, quente e com baixa salinidade), a Água Tropical (AT), quente e salina ($T > 18^{\circ}\text{C}$; $S > 36\text{‰}$), e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), mais fria e menos salina ($T < 18^{\circ}\text{C}$; $S < 36\text{‰}$). Ao sul da área de estudo, fluindo em sentido norte, encontra-se a Corrente das Malvinas (CM), caracterizada por águas frias e ricas em nutrientes (Wainer & Venegas, 2002). O encontro das duas correntes ocorre entre 35° - 40°S e é denominado de Confluência Brasil-Malvinas (*Brazil-Malvinas Confluence – BMC*), caracterizando uma região de intensa produtividade (Boltovskoy *et al.*, 1996). A intensidade das correntes superficiais (CB e CM) e o consequente deslocamento sazonal da BMC (norte-sul) são decorrentes, em geral, da variação do regime eólico e da migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Johns *et al.*, 1998; Wainer & Venegas, 2002). Desta forma, junto às descargas fluviais do Rio da Prata (35°S) e da Lagoa dos Patos (32°S), são importantes fontes de nutrientes atuantes no Atlântico Sul. Em condições adequadas, a pluma do Rio da Prata pode alcançar latitudes próximas a 23°S , trazendo para a bacia de Santos uma elevada descarga de nutrientes (Campos *et al.*, 1999).

A circulação profunda ocorre abaixo da ACAS, entre as cotas batimétricas de 600 e 3.500 m, onde a Água Intermediária Antártica (AIA) que flui em sentido norte é caracterizada por temperaturas entre 2° e 6°C , salinidade mínima de $34,2\text{‰}$ e alta concentração de oxigênio dissolvido. A Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) flui

em sentido sul, abaixo da AIA e apresenta temperatura entre 3° e 4°C e salinidade entre 34,6 e 35‰ (Silveira *et al.*, 2000; Mahiques *et al.*, 2004; Duarte & Viana, 2007).

MATERIAL E MÉTODOS

Para esse estudo, foram utilizados os testemunhos de sondagem BS-C e BS-D (Figura 1) e suas descrições sedimentológicas, cedidos pela PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.). Ambos provêm do talude da bacia de Santos e foram coletados no ano de 2007, sob lâmina de água maior que 2.100 m, apresentando recuperação contínua superior a 20 m (Tabela 1).

Para as análises micropaleontológicas foram retiradas 188 amostras (BS-C: 108; BS-D: 80) com auxílio de um “*plug*” de PVC com volume interno de 10 cm³, em intervalos regulares de 30 cm e/ou quando houvesse alteração litológica. Em laboratório, as amostras foram tratadas a partir da metodologia padrão para a preparação de microfósseis calcários (Leipnitz *et al.*, 2005). Para a construção do arcabouço bioestratigráfico, optou-se pela utilização da fração >125 µm, por concentrar os foraminíferos planctônicos de maior interesse para a subdivisão do Quaternário (Kennett & Huddlestun, 1972; Bé *et al.*, 1976; Martin *et al.*, 1990). Esta fração foi quarteada quando necessário, para a obtenção de um número significativo de foraminíferos planctônicos e bentônicos (entre 300 e 600, segundo Patterson & Fishbein, 1989).

É importante ressaltar que, neste trabalho, as zonas/subzonas identificadas refletem as mudanças ocorridas na composição das associações e/ou espécies de foraminíferos planctônicos diagnósticas para a bioestratigrafia do Quaternário. As espécies foram selecionadas de acordo com sua tolerância às variações ambientais, principalmente em relação à temperatura, salinidade, produtividade e alterações na

estrutura vertical da coluna d'água (e.g. alterações na profundidade da termoclina e/ou nutriclina). O plexo *Globorotalia menardii*, composto pelas espécies *G. menardii menardii*, *G. menardii flexuosa*, *G. tumida* e *G. fimbriata* o principal representante dos intervalos interglaciais (águas quentes; tropicais e subtropicais), tendo sua distribuição controlada principalmente pela temperatura (Kennett & Huddleston, 1972; Rögl & Bolli, 1973; Bé *et al.*, 1976; Prell & Damuth, 1978; Martin *et al.*, 1990, 1993; Boltovskoy *et al.*, 1996; Martinez *et al.*, 2007). O plexo *Pulleniatina*, composto pelas espécies *P. obliquiloculata*, *P. primalis* e *P. finalis*, geralmente habita regiões tropicais e subtropicais. Mais tolerante ao frio que o plexo *G. menardii*, a distribuição do plexo *Pulleniatina* parece ser controlada principalmente pela temperatura e salinidade, no entanto, alguns autores sugerem que a produtividade possa ser um importante fator a ser considerado (Bé & Tolderlund, 1971; Cifelli & Bernier, 1976; Prell & Damuth, 1978; Boltovskoy *et al.*, 1996; Portilho-Ramos, 2010).

A espécie *Globorotalia inflata* demonstra preferência por águas transicionais a frias, habitando regiões de transição entre massas d'águas subtropicais e subpolares e zonas de ressurgência (Boltovskoy *et al.*, 1996; Chiessi *et al.*, 2007). A espécie *Globorotalia truncatulinoides* habita regiões temperadas a subpolares e a direção de seu enrolamento utilizada com sucesso em interpretações bioestratigráficas e paleoceanográficas. As variações na abundância de *G. truncatulinoides* (dex) vem sendo utilizadas para avaliar alterações na profundidade da camada de mistura (Martin *et al.*, 1990; Lohmann & Schweitzer, 1990; Toledo, 2000; Schmidt *et al.*, 2004; Toledo *et al.*, 2007). Estas espécies (*G. inflata* e *G. truncatulinoides*) são consideradas indicadoras de águas frias para o Atlântico Sul (Boltovskoy, 1968, 1973; Bé & Tolderlund, 1971; Bé *et al.*, 1976). As demais espécies (*Globorotalia crassaformis*, *Neoglobobadrina dutertrei*, *Globigerinoides conglobatus* e *Orbulina universa*) foram selecionadas por

apresentarem registro contínuo ao longo dos testemunhos e predomínio em determinados intervalos, auxiliando o zoneamento e a correlação entre seções (Kennett & Huddlestun, 1972; Vicalvi, 1999). Representantes de cada espécie utilizada para o zoneamento bioestratigráfico foram depositados no Museu da História da Vida e da Terra (MHGeo - Unisinos) sob a numeração ULVG-8601 a ULVG-8612 (Figura 2).

Horizontes de correlação e arcabouço biocronoestratigráfico

Foram adotadas as idades locais propostas por Vicalvi (1997, 1999) e as idades sugeridas por Damuth (1975), Martin *et al.* (1993), Martin & Fletcher (1995) e Kohl *et al.* (2004) para os limites entre zonas/subzonas (Tabela 2). O zoneamento climático estabelecido para a área inclui as zonas de Blow (1969), Bolli & Premoli Silva (1973) e o zoneamento climático de Ericson & Wollin (1968), primeira e última ocorrência de espécies, horizontes de correlação (Tabela 3) e a média da abundância relativa das espécies selecionadas. Para a correlação entre os testemunhos utilizou-se a curva do plexo *G. menardii* e as interpretações bioestratigráficas de cada testemunho. Estes dados foram confrontados com uma escala cronoestratigráfica com as idades absolutas descritas na literatura e calculados a partir da estimativa da taxa de acumulação para os limites entre subzonas (Tabela 2) e horizontes de correlação locais reconhecidos (Tabela 3).

RESULTADOS

A análise bioestratigráfica realizada nos testemunhos BS-C e BS-D (Figuras 3,4) permitiu o reconhecimento de sete zonas de Ericson & Wollin (1968), estas representando intervalos glaciais (zonas U, W e Y) e interglaciais (zonas T, V e X) do Pleistoceno e o Holoceno (Zona Z), cobrindo os últimos ~620 ka (Tabela 4). O refinamento destas zonas permitiu o reconhecimento de 14 subzonas (Tabela 4), a

divisão da subzona V2 em V2B e V2A e a identificação de oito horizontes de correlação baseados no plexo *Pulleniatina*. As zonas/subzonas foram reconhecidas em ambos os testemunhos, com exceção da zona T presente apenas no testemunho BS-D (Figuras 3, 4), permitindo assim a correlação entre as seções (Figura 5).

Zonas e Subzonas

Zona T – Pleistoceno (Tabelas 2, 4; Figura 6): reconhecida apenas no testemunho BS-C, onde compreende o intervalo entre a base (20,43 m) e a profundidade 19,84 m. A Zona T é caracterizada pela presença do plexo *G. menardii*, onde se destaca *G. menardii* seguida de *G. tumida*, enquanto *G. menardii flexuosa* é ausente. O plexo *Pulleniatina* está presente, enquanto *N. dutertrei* e *G. truncatulinoides* estão representadas com algum significado na base do testemunho. As demais espécies, *G. inflata*, *G. crassaformis*, *G. conglobatus* e *O. universa*, são raras ou ausentes. O limite T/U é marcado pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, seguido pelo aumento do plexo *Pulleniatina* e de *G. inflata*.

Zona U – Pleistoceno (Tabelas 2, 4; Figura 6): presente no BS-C, enquanto no testemunho BS-D compreende o intervalo entre a base (21,21 m) e a profundidade de 19,35 m (Figura 4). A zona U é caracterizada pela ausência do plexo *G. menardii* e constante presença do plexo *Pulleniatina*, este último registrado ao longo de todo o intervalo. *G. inflata* e *N. dutertrei* apresentam picos de abundância próximo aos limites inferior (T/U) e superior (U/V). *G. truncatulinoides* está representada ao longo de todo o intervalo, com as maiores abundâncias ocorrendo no centro da zona. *G. crassaformis* é constante e ocorre com maior representatividade próximo ao limite U2/U1, enquanto *G. conglobatus* apresenta seu pico de abundância após o limite T/U. O limite U2/U1 foi estimado entre 501,64 e 499,78 ka (BS-C e BS-D) e está marcado pela diminuição do

plexo *Pulleniatina* e da espécie *G. inflata*, ambas mais frequentes na Subzona U2. Na Subzona U1 o plexo *Pulleniatina* passa a ser raro, seguido pela diminuição de *G. inflata*, *G. conglobatus* e *G. truncatulinoides*. A alteração no sentido de enrolamento da espécie *G. truncatulinoides* foi utilizada para a definição do limite entre as subzonas (U2/U1), onde a Subzona U2 é marcada pelo predomínio de espécimes sinistrais, enquanto na U1 predominam espécimes dextrais.

Zona V – Pleistoceno (Tabelas 2, 4; Figura 6): zona mais espessa identificada (média 11,62 m). A Zona V é caracterizada por grandes oscilações dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina*, este último marcando a região basal da zona com frequentes desaparecimentos e reaparecimentos. As espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata* foram utilizadas de forma complementar às observações dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina*, para a divisão da Zona V nas subzonas V3, V2 e V1 e para a subdivisão da Subzona V2 em V2B e V2A (Figuras 3, 4 e 6).

A Subzona V3 é marcada pelo reaparecimento do plexo *G. menardii* (limite V3/U) onde *G. menardii* é a principal espécie seguida de *G. tumida*, enquanto *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente. *G. truncatulinoides* e *G. inflata* apresentam seus maiores picos de abundância próximos ao limite inferior (U1/V3) e superior (V3/V2). Os frequentes desaparecimentos e reaparecimentos do plexo *Pulleniatina* são a principal característica da Subzona V3. As oscilações do plexo permitiram a definição de um conjunto de horizontes utilizados para a correlação entre os testemunhos (Tabela 3). Os biohorizontes identificados foram denominados de horizontes de correlação *VP.*, onde os ímpares (*VP.1*, *VP.3*, *VP.5* e *VP.7*) representam eventos de desaparecimento local e os pares (*VP.2*, *VP.4*, *VP.6* e *VP.8*) de reaparecimento local do plexo *Pulleniatina*.

O primeiro desaparecimento observado ocorre logo após a chegada do plexo *G. menardii* (limite U1/V3) na base da Subzona V3. Utilizado como *Datum* de

Desaparecimento Local (DDL) e denominado de biohorizonte *VP.1*, teve sua posição ajustada ao topo da fácies MG (marga; BS-C: 16,20 m; BS-D: 19,15 m) e idade estimada entre 481,79 e 480,18 ka (testemunhos BS-C e BS-D respectivamente; Tabela 3) com base na taxa de acumulação da Subzona (Tabela 4). O primeiro reaparecimento e segundo desaparecimento do plexo foram observados apenas no testemunho BS-D. Associado ao contato entre as fácies LL (lama levemente carbonática) e LR (lama rica em carbonatos; 18,80 m) e com idade estimada em 471,93 ka (Tabela 3), o reaparecimento do plexo foi definido como biohorizonte *VP.2* (*Datum* de Reaparecimento Local - DRL). O desaparecimento ocorre no centro da fácies LR (18,40 m), definido como biohorizonte *VP.3* (DDL) e teve sua idade estimada em 462,50 ka (Tabela 3). Neste intervalo pode se observar no testemunho BS-C sinais de pelo menos dois eventos de remobilização sedimentar, estes marcados por intercalação de pacotes arenosos e lamas ricas em carbonatos (Figura 5) com elevadas abundância de formas bentônicas, sugerindo que a ausência dos horizontes de correlação *VP.2* e *VP.3* possa estar relacionada a estes eventos.

Associado ao contato entre a fácies LR e um pacote arenoso (AS - areia siliciclástica), ocorre um novo reaparecimento do plexo *Pulleniatina* na Subzona V3 (biohorizonte *VP.4*; BS-C: 14,85 m; BS-D: 17,91 m) com idade estimada entre 446,17 e 450,94 ka (BS-C e BS-D) o qual foi utilizado como horizonte de correlação (DRL). Após o seu reaparecimento, os plexos (*G. menardii* e *Pulleniatina*) podem apresentar um ou mais picos de abundância, onde os maiores valores do plexo *Pulleniatina* são observados (BS-C: 0,90% - 14,07 m; BS-D: 3,54% - 17,50 m). A espécie *G. truncatulinoides* apresenta domínio de espécimes dextrais e os menores valores nessa Subzona. *G. inflata* apresenta um comportamento similar, apresentando neste intervalo os menores valores observados para a Subzona V3. O terceiro desaparecimento do

plexo está associado à fácies LL (BS-C: 13,81 m; BS-D: 16,95 m), denominado biohorizonte *VP.5* (DDL) com idade estimada entre 416,74 e 428,30 ka (BS-C e BS-D).

O terceiro reaparecimento do plexo (*VP.6*; Tabela 3) ocorre próximo ao topo da Subzona, com idade estimada entre 410,55 e 407,07 ka (BS-C e BS-D). Este evento está associado à fácies LL no testemunho BS-C (13,50 m) e à fácies LR no testemunho BS-D (16,05 m). O intervalo entre os biohorizontes *VP.5* e *VP.6* é marcado pelo aumento gradual na abundância de *G. truncatulinoides* e *G. inflata*, enquanto o plexo *G. menardii* diminui gradativamente sua expressão. O último desaparecimento do plexo (*VP.7*; Tabela 3) ocorre junto ao limite V3/V2, com idade estimada entre 399,83 e 400,03 ka (BS-C e BS-D) e está associado ao contato entre as fácies LL e MG no testemunho BS-C (13,10 m) e ao centro da fácies LR no testemunho BS-D (15,75 m). Associado ao *VP.7* ocorrem as menores abundâncias do plexo *G. menardii* junto a picos de abundância de *G. truncatulinoides*, sendo este critério utilizado para a definição do limite V3/V2.

A Subzona V2 é marcada pela constante presença do plexo *G. menardii*, onde *G. menardii* é a principal componente, seguida de *G. tumida*, enquanto *G. menardii flexuosa* é rara ou ausente. A base da Subzona é marcada pela ausência de *G. menardii flexuosa* e do plexo *Pulleniatina*, que reaparecem próximo ao meio da sequência. O reaparecimento do plexo *Pulleniatina* (biohorizonte *VP.8*) teve sua idade estimada entre 357,27 e 379,11 ka (BS-C e BS-D). A ausência do plexo *Pulleniatina* e da espécie *G. menardii flexuosa* na base da Subzona V2 foram utilizadas como critério para a divisão da Subzona V2 em V2B e V2A. Assim, a Subzona V2B é caracterizada principalmente pela ausência do plexo *Pulleniatina* e da espécie *G. menardii flexuosa*. De forma complementar, foi observado o domínio de espécimes com enrolamento sinistral de *G. truncatulinoides* e a diminuição em sua abundância após o limite V3/V2, seguida por

um ligeiro aumento próximo ao limite V2B/V2A (VP.8). O plexo *G. menardii* aumenta sua abundância no sentido base-topo desta Subzona, sofrendo uma queda brusca no topo da mesma. Esta queda ocorre junto ao retorno do plexo *Pulleniatina*, marcando o limite biohorizonte VP.8 (limite V2B/V2A). Após o retorno (VP.8; V2B/V2A), o plexo pode apresentar picos de abundância até o limite superior da Zona V (V/W). *G. menardii flexuosa* apresenta comportamento similar, ao longo da Subzona V2A, no entanto torna a desaparecer próximo ao limite entre as subzonas V2A/V1. O plexo *G. menardii* volta a apresentar aumento em sua abundância, atingindo valores mais elevados no centro da Subzona e reduzindo sua expressão até o limite V2A/V1, onde é pouco representativo. *G. inflata* pode apresentar um ou mais picos de abundância na metade da Subzona V2A, diminuindo sua expressão próximo ao limite V2A/V1. A idade para o limite V2A/V1 (Tabela 2) foi estimada entre 270,84 e 295,44 ka (BS-C e BS-D) e seu posicionamento definido com base nos menores valores do plexo *G. menardii*, seguido de uma redução nos valores de *G. truncatulinoides* e uma ligeira diminuição de *G. inflata*.

A Subzona V1 é caracterizada pela constante presença dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina*. *G. truncatulinoides* está presente ao longo de todo intervalo, apresentando valores menores quando comparada com as demais (V3, V2B e V2A). Próximo ao topo da Zona V (Subzona V1), a espécie apresenta um pico de abundância que auxilia o reconhecimento do limite V1/W2. *G. inflata* também aparece de forma constante, podendo apresentar um ou mais picos de abundância ao longo do intervalo. O limite V/W (V1/W2) é marcado pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, enquanto *G. truncatulinoides* e *G. inflata* aumentam sua abundância na base da Zona W.

Zona W – Pleistoceno (Tabelas 2, 4; Figura 6): Caracterizada pela ausência ou baixa representatividade do plexo *G. menardii*, enquanto o plexo *Pulleniatina* é raro ou ausente na região basal. *G. truncatulinoides* pode apresentar um pico de abundância

próximo ao centro do intervalo, diminuindo em direção ao topo onde ocorrem as menores abundâncias. Este pico ocorre próximo ao retorno do plexo *Pulleniatina*, no testemunho BS-D e foi utilizado de forma complementar para identificar o limite entre as subzonas W2/W1. *G. inflata*, *G. conglobatus* e *O. universa* estão presentes ao longo de toda a zona, podendo apresentar um ou mais picos de abundância ao longo do intervalo. *G. crassaformis* e *N. dutertrei* são raras, mas podem apresentar picos de abundância. O limite W2/W1 é marcado por um abrupto aumento de *G. inflata* seguido de decréscimo de *N. dutertrei*. A identificação deste comportamento, complementado pelas oscilações apresentadas por *G. truncatulinoides* e pelo plexo *Pulleniatina* (ausente no testemunho BS-D e raro no testemunho BS-C) auxiliaram o posicionamento do mesmo. A idade estimada para o limite oscilou entre 162,35 e 148,52 ka (Tabela 2).

A Subzona W2 é marcada pela ausência (BS-D) ou baixa representatividade (BS-C) dos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina* (presente apenas no testemunho BS-C), enquanto *G. truncatulinoides* apresenta seu pico de abundância próximo ao topo da Subzona, diminuindo após o limite W2/W1. A Subzona W1 é marcada pelo aumento do plexo *Pulleniatina*, concomitante com uma pequena diminuição de *G. truncatulinoides*. *G. crassaformis* e *G. conglobatus* apresentam as maiores abundâncias neste intervalo, enquanto *N. dutertrei* e *O. universa* são raras ou ausentes. O limite entre as zonas W/X (W1/X3) é marcado pelo retorno do plexo *G. menardii*, seguido do aumento do plexo *Pulleniatina* e decréscimo de *G. inflata* e *G. truncatulinoides*.

Zona X – Pleistoceno (Tabelas 2, 4; Figura 6): caracterizada pela constante presença do plexo *G. menardii*, em especial a espécie *G. menardii flexuosa* (Tabela 2). O plexo *Pulleniatina* e *O. universa* apresentam maior significado na base da zona, enquanto *G. conglobatus* pode apresentar seu pico de abundância na base (BS-C e BS-D) e/ou no topo (BS-D) do intervalo. As alterações no sentido do enrolamento de *G.*

truncatulinoides, que está representada ao longo de toda a Zona, foram utilizadas de forma complementar para a definição dos limites entre as subzonas (X3, X2 e X1). *G. crassaformis* e *G. inflata* apresentam comportamento similar, onde as menores abundâncias são observadas na base da zona, seguido por um pequeno aumento. Utilizando a variação observada nos plexos *G. menardii* (espécie *G. menardii flexuosa*) e *Pulleniatina* e nas espécies *G. inflata*, *G. crassaformis* e *G. truncatulinoides*, complementada pela observação no sentido de enrolamento desta última, a Zona X pode ser dividida em três subzonas (X3, X2 e X1). A Subzona X3 é marcada pela baixa representatividade de *G. menardii flexuosa*, enquanto o plexo *Pulleniatina* e as espécies *G. conglobatus* e *O. universa* apresentam pico de abundância. *G. truncatulinoides* esta presente ao longo de todo intervalo com domínio de espécimes dextrais. Exceção a esta observação ocorre no testemunho BS-C, onde os espécimes apresentam aparente equilíbrio entre os sentidos de enrolamento. *N. dutertrei* e *G. crassaformis* podem apresentar um pico de abundância próximo à base da Subzona, enquanto *G. inflata* aumenta sua abundância logo após o limite inferior. O limite X3/X2 é marcado pelo aumento na abundância de *G. menardii flexuosa*, seguido pela diminuição na abundância do plexo *Pulleniatina*, de *G. conglobatus* e *O. universa*. De forma complementar observou-se a alteração no sentido de enrolamento de *G. truncatulinoides* passando de dextral para sinistral. Este limite teve sua idade estimada entre 118,08 e 115,79 ka (BS-C e BS-D).

Ao longo da Subzona X2, *G. menardii flexuosa* aparece de forma mais expressiva, enquanto *G. truncatulinoides* diminui sua abundância e apresenta domínio de indivíduos sinistrais. O plexo *Pulleniatina* e as espécies *O. universa* e *G. conglobatus* aparecem com as menores abundâncias. *G. crassaformis* é constante, enquanto *N. dutertrei* apresenta um pequeno pico de abundância no topo da Subzona,

concomitante a uma pequena queda na abundância de *G. inflata*. O limite X2/X1 teve idade estimada entre 93,81 e 99,74 (BS-C e BS-D) e está marcado pela diminuição da abundância de *G. menardii flexuosa*, seguida por alteração no sentido de enrolamento de *G. truncatulinoides* e aumento na abundância de *G. conglobatus*. A Subzona X1 é marcada pela menor expressão do plexo *G. menardii* quando comparada à X2. O desaparecimento do plexo, em especial da *G. menardii flexuosa* no topo da Subzona marca o limite X/Y (X1/Y). O plexo *Pulleniatina* volta a apresentar abundâncias mais elevadas quando comparada à Subzona X2 no testemunho BS-C, enquanto no testemunho BS-D é raro. *G. truncatulinoides* apresenta comportamento estável ao longo da zona, voltando a apresentar domínio de espécimes com enrolamento dextral na base da Subzona no testemunho BS-D, enquanto no BS-C ocorre o domínio de indivíduos com enrolamento sinistral. *G. inflata* apresenta ligeiro aumento em sua abundância, enquanto *G. conglobatus* pode apresentar um pico de abundância (BS-D; Figura 4) próximo ao limite superior (X/Y). *O. universa*, *N. dutertrei* e *G. crassaformis* são raras ou ausentes. Exceção ocorre no testemunho BS-C onde a última espécie apresenta um pico de abundância próximo ao limite superior.

O limite X1/Y é marcado pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, principalmente a espécie *G. menardii flexuosa* (Tabela 2). O plexo *Pulleniatina* e *G. conglobatus* diminuem sua abundância após o limite, enquanto *G. truncatulinoides*, *G. crassaformis* e *G. inflata* aumentam.

Zona Y- Pleistoceno (Tabelas 2, 4; Figura 6): Zona marcada pela ausência ou baixa representatividade do plexo *G. menardii* e pelas oscilações do plexo *Pulleniatina*. As espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata* estão presentes em toda a zona com valores significativos, enquanto *G. crassaformis* e *G. conglobatus* apresentam elevadas abundâncias na região basal. *N. dutertrei* é melhor representada próximo à base da zona

(biohorizonte *YP.3*). A partir das oscilações do plexo *Pulleniatina* pode-se reconhecer três horizontes de correlação (Tabela 3), sendo eles *YP.2*, *YP.3* (limite Y2/Y1B) e *YP.4* (limite Y1B/Y1A). O reconhecimento dos biohorizontes fornecidos pelo plexo *Pulleniatina* permitiu a divisão da Zona Y em três subzonas (Y2, Y1B e Y1A).

A Subzona Y2 teve seu limite inferior (X/Y2) definido com base no desaparecimento do plexo *G. menardii* (UOL *G. menardii flexuosa*; Tabela 3) e seu limite superior (Y2/Y1B) posicionado com base no biohorizonte *YP.3* (Figuras 3, 4). Esta Subzona (Y2) é caracterizada pela presença constante do plexo *Pulleniatina*, que pode apresentar um ou mais picos de abundância ao longo deste intervalo. O biohorizonte *YP.2* foi identificado no contato entre as fácies LL e LR no testemunho BS-C (2,02 m) e na fácies LL no testemunho BS-D (3,20 m). *G. inflata* e *G. truncatulinoides* mostram comportamento similar ao longo da Subzona Y2, podendo apresentar um ou mais picos de abundância, que ocorrem na base deste intervalo no testemunho BS-D, enquanto no topo (Y1B/Y1A) ocorre em ambos testemunhos (BS-C e BS-D). *G. crassaformis* apresenta maior significado na parte basal do intervalo, enquanto *G. conglobatus* aparece de forma mais significativa na parte basal do testemunho BS-D, e no meio da sequência, no testemunho BS-C. *N. dutertrei* e *O. universa* apresentam algum significado próximo ao topo da Subzona. O limite Y2/Y1B é marcado pelo desaparecimento do plexo *Pulleniatina* (biohorizonte *YP.3*; Tabela 3).

A Subzona Y1B é caracterizada pela ausência do plexo *Pulleniatina*. Seu limite inferior (Y2/Y1B) é marcado pelo biohorizonte *YP.3*, enquanto o superior (Y1B/Y1A) é marcado pelo biohorizonte *YP.4* (Tabela 3). *G. inflata* e *G. truncatulinoides* apresentam queda constante na sua abundância ao longo do intervalo, com menores valores quando comparados à Subzona Y2. No testemunho BS-C, o comportamento de *G. truncatulinoides* é oposto ao observado no testemunho BS-D, aumentando sua

abundância ao longo deste intervalo. As espécies *G. crassaformis*, *N. dutertrei* e *O. universa* são raras ou ausentes, enquanto *G. conglobatus* diminui sua abundância em relação à Subzona Y2. A Subzona Y1A é caracterizada pelo regresso do plexo *Pulleniatina*. Seu limite inferior é marcado pelo biohorizonte *YP.4* e o limite superior (Y1A/Z) é marcado pelo regresso do plexo *G. menardii* que marca a passagem Pleistoceno/Holoceno (Tabelas 3, 4). Nesta Subzona, *G. inflata* e *G. truncatulinoides* demonstram um comportamento inverso, onde *G. inflata* diminui e *G. truncatulinoides* aumenta sua abundância. As demais espécies, *G. crassaformis* e *G. conglobatus* são raras ou ausentes, enquanto *O. universa* e *N. dutertrei* podem apresentar algum significado.

Zona Z – Holoceno (Tabelas 2, 4; Figura 6): marca o regresso do plexo *G. menardii*, onde se destaca *G. menardii* seguida de *G. tumida*. A presença de *G. fimbriata* no testemunho BS-D confirma a idade holocênica atribuída aos sedimentos (Tabela 3). Concomitante ao regresso do plexo *G. menardii* há uma diminuição na abundância de *G. inflata* e *G. truncatulinoides*. As demais espécies analisadas apresentam baixos percentuais, sendo as mais abundantes *O. universa* seguida de *G. conglobatus*, enquanto *G. crassaformis* e *N. dutertrei* são raras ou ausentes.

DISCUSSÃO

O zoneamento climático estabelecido demonstrou que as seções estudadas registram as oscilações climáticas dos últimos ~620 ka (BS-C: ~620 ka; BS-D: ~530 ka). A partir da variação na abundância relativa do conjunto de espécies selecionadas, em especial dos plexos *Globorotalia menardii* e *Pulleniatina*, foi possível reconhecer zonas e subzonas (Figura 6) pouco conhecidas e/ou ainda não descritas para a margem continental brasileira (zonas T, U e V; subzonas V3, V2, V1, U2 e U1) e refinar a

Subzona V2, com sua divisão nas subzonas V2B e V2A. Estas zonas/subzonas, excetuando a Zona T, presente apenas no testemunho BS-C (Figuras 3, 4), foram reconhecidas em ambos os testemunhos, permitindo uma correlação mais precisa entre as seções (Figura 5) e sugerindo a continuidade das mesmas. O comportamento marcado por constantes desaparecimentos e reaparecimentos do plexo *Pulleniatina* ao longo das subzonas V3 e V2 permitiu a definição de oito biohorizontes, refinando o zoneamento de cada testemunho e sua correlação.

O intervalo mais antigo recuperado está representado pela Zona T de Ericson & Wollin (1968). Com duração aproximada de 380 ka (Thunell, 1984), somente uma pequena parte deste interglacial foi recuperada na base do testemunho BS-C (~0,60 m; Figura 3). Representa um intervalo climático quente, evidenciado pela presença do plexo *G. menardii* e a baixa representatividade de *G. inflata* (Figura 6). O desaparecimento do plexo *G. menardii* seguido pelo aumento de *G. inflata* marcam a passagem da Zona T (interglacial) para a Zona U (glacial). Hall *et al.* (2001) atribuem a este período uma diminuição na produção da APAN e o aumento na produção de massas d'água no Sul, sugerindo que limite T/U marca a chegada de águas frias vindas desta região, o que pode provocar alterações na estrutura da lâmina d'água. A Zona U tem duração aproximada de 125 ka e está marcada pela constante presença do plexo *Pulleniatina*, em especial ao longo da Subzona U2 onde são observadas as maiores abundâncias. A presença do plexo *Pulleniatina* junto a *G. inflata* e *G. truncatulinoides* (sinistral) sugere que a região foi controlada por águas transicionais ao longo deste intervalo. O domínio de espécimes dextrais de *G. truncatulinoides* e a maior abundância de *N. dutertrei* sugerem que ao longo da Subzona U1 houve um aumento na produtividade local, em especial do fitoplâncton, uma vez que as diatomáceas são a principal fonte de alimento de *N. dutertrei* (Hemleben *et al.*, 1989; Hilbrecht, 1997;

Toledo *et al.*, 2007). Esta maior produção de fitoplâncton pode ter sido a responsável pela queda na abundância do plexo *Pulleniatina* observada no limite U2/U1. A alteração no sentido de enrolamento de *G. truncatulinoides* observada no limite U2/U1 também foi utilizada como critério bioestratigráfico em seções do Golfo do México (Neff, 1985; Martin *et al.*, 1990, 1993).

O retorno do plexo *G. menardii* marca a chegada do interglacial representado pela Zona V. Com duração aproximada de 299 ka, a Zona V é marcada por grandes oscilações climáticas e engloba os estágios isotópicos marinhos (*Marine Isotopic Stage* – MIS) de 7 a 12 (Thunell, 1984; Neff, 1985; Martin *et al.*, 1990, 1993; Kohl *et al.*, 2004). Estas oscilações são melhor evidenciadas pelo comportamento do plexo *G. menardii* (Figuras 3, 4), onde as maiores abundâncias são observadas no centro das subzonas (V3, V2 e V1) e associadas aos MIS 11, 9 e 7 respectivamente, enquanto as menores abundâncias foram utilizadas para a definição dos limites entre as subzonas (Neff, 1985; Martin *et al.*, 1990, 1993; Martin & Fletcher, 1995), sugerindo que estes limites estejam associados aos MIS 8 e 10 (V2/V1 e V3/V2 respectivamente), enquanto o MIS 12 pode estar associado ao limite U/V (Kohl *et al.*, 2004). As oscilações observadas nas espécies *G. inflata* e *G. truncatulinoides* sugerem a influência de pulsos de águas frias e/ou produtivas, auxiliando a definição dos limites entre as subzonas.

Os constantes eventos de desaparecimento e reaparecimento do plexo *Pulleniatina* foram utilizados para aumentar a resolução do zoneamento de cada testemunho. A constante oscilação apresentada pelo plexo, em especial ao longo da Subzona V3, não pode ser explicado neste estudo, no entanto demonstra que sua distribuição não é influenciada apenas pela temperatura (Boltovskoy *et al.*, 1996; Schmidt *et al.*, 2004), uma vez que este tipo de comportamento (desaparecimentos e reaparecimentos) também é observado ao longo da Zona Y (glacial) (*e.g.* Kennett &

Huddleston, 1972; Bé *et al.*, 1976; Prell & Damuth, 1978; Vicalvi, 1999; Sanjinés, 2006; Portilho-Ramos *et al.*, 2006). Próximo ao topo da Zona V ocorre um pequeno aumento de *G. truncatulinoides*, seguido pelo desaparecimento do plexo *G. menardii*, indicando a entrada de águas frias que marcam o pequeno glacial representado pela Zona W (~56 ka). O padrão apresentado pelas espécies *G. truncatulinoides* e pelos plexos *G. menardii* e *Pulleniatina* ao longo Zona W (Figuras 3, 4), sugere uma rápida mudança na temperatura (limite V/W), evidenciada pelo abrupto desaparecimento do plexo *G. menardii*. A baixa representatividade do plexo *Pulleniatina* associada aos elevados valores apresentados por *G. truncatulinoides* marcam a Subzona W2 e sugerem temperaturas mais baixas que as observadas na Subzona seguinte (W1). Na Subzona W1 ocorre um ligeiro aumento na temperatura, evidenciado pela diminuição na expressão de *G. truncatulinoides* seguido pelo aumento do plexo *Pulleniatina*.

O retorno de expressões significativas do plexo *G. menardii* (média 3,53%; Figura 6) marca a base da Zona X que, por sua vez, registra a entrada de águas quentes nas quais espécies como *G. truncatulinoides* e *G. inflata* diminuem sua expressão. Durante o ligeiro aquecimento representado pela Zona X (~46 ka), são observadas mudanças no sentido de enrolamento de *G. truncatulinoides*, o que pode significar mudanças na produtividade da área e/ou alterações na estrutura da coluna d'água. As subzonas X1 e X3 são dominadas por espécimes dextrais, sugerindo que ao longo destas subzonas ocorreu uma maior produtividade no local, enquanto a Subzona X2 é dominada por espécimes sinistrais, normalmente associadas a áreas oligotróficas (Hilbrecht, 1997; Renaud & Schmidt, 2003). O desaparecimento do plexo *G. menardii* em especial o *datum* fornecido pela última ocorrência da espécie *G. menardii flexuosa* (84 ka; Tabela 3) marca o final deste interglacial.

O aumento expressivo observado nas espécies *G. truncatulinoides* e *G. inflata* denota a chegada de águas frias e produtivas do glacial representado pela Zona Y. Portilho-Ramos *et al.* (2006) reconheceu cinco subzonas (Y5 a Y1) no testemunho JPC-95 (Bacia de Santos), com base nos horizontes fornecidos pelo plexo *Pulleniatina* (*YP.1*, *YP.2* e *YP.3* de Vicalvi, 1999), no entanto o biohorizonte *YP.4* (limite Y1B/Y1A) não foi reconhecido pelos autores. A espécie *G. inflata* apresenta as maiores abundâncias no início do intervalo (Subzona Y2), diminuindo sua expressão média ao longo das subzonas Y1B e Y1A, enquanto *G. truncatulinoides* permanece constante ao longo das subzonas Y2 e Y1B, aumentando sua expressão na Subzona Y1A (Figura 6). Junto à Subzona Y2 são observados picos de abundâncias do plexo *Pulleniatina* e de *G. crassaformis*, enquanto a Subzona Y1B é caracterizada pela ausência do plexo *Pulleniatina*. O retorno das elevadas abundâncias do plexo *G. menardii* seguido pela brusca diminuição de *G. truncatulinoides* e *G. inflata* demonstra a chegada das águas quentes à região, marcando o início do Holoceno. As maiores abundâncias da espécie *G. truncatulinoides* observadas em testemunhos localizados mais ao sul da área de estudo (JPC-17 e JPC-95; Portilho-Ramos, 2010) sugerem ao longo do Holoceno uma maior influência de águas frias no sul da bacia, onde os valores registrados para a espécie podem ser duas vezes maiores que os observados no testemunho BS-C e BS-D.

Globorotalia inflata

O delineamento bioestratigráfico demonstrou que a espécie *G. inflata* apresenta uma população permanente ao longo dos últimos ~620 ka (BS-C: ~620 ka; BS-D: ~530 ka). Presente em intervalos glaciais e interglaciais, com abundâncias comparáveis ao plexo *G. menardii* em alguns intervalos (V3, V2A, V1 e X1; Figura 6), o comportamento da espécie diverge ao observado em zoneamentos realizados no Golfo

do México, Mar do Caribe e Atlântico Equatorial, onde a espécie é a principal indicadora de águas frias e utilizada para o refinamento bioestratigráfico dos episódios glaciais do Pleistoceno (Bé & Tolderlund, 1971; Kennett & Huddlestun, 1972; Thunel, 1984; Martins, 1990, 1993; Kohl *et al.*, 2004). Nas bacias brasileiras, a espécie foi utilizada para a identificação de curtos períodos frios ocorridos ao longo da Zona X (Vicalvi, 1999; Sanjinés, 2006; Araújo & Machado, 2008), onde a presença da espécie em intervalos interglaciais está associada à queda de abundância do plexo *G. menardii*. Este padrão não ficou claro no testemunho BS-D (Figura 4), no entanto não prejudicou a definição do zoneamento climático.

A maior representatividade da espécie ao longo dos eventos interglaciais é melhor evidenciada quando comparados os diferentes intervalos climáticos reconhecidos nas seções (glacial e interglacial; BS-C e BS-D). Os resultados (Figura 7) sugerem que o testemunho BS-D sofreu uma maior influência de águas frias e/ou produtivas ao longo de sua história deposicional. Este fato ocorre em especial ao longo da Zona V (entre ~610 e 186 ka), onde a espécie *G. inflata* (média 3,48%) apresenta valores próximos aos observados para o plexo *G. menardii* (média 3,78%) em intervalos interglaciais e comparáveis aos valores médios observados para a espécie ao longo dos intervalos glaciais do testemunho BS-C (3,50%; Figura 7). O desenvolvimento de células de ressurgência e/ou a influência de outros fatores ambientais registrados atualmente na região, como o deslocamento da pluma do Rio da Prata e Lagoa dos Patos, que favorecida pela ação de ventos de NE propicia a chegada de águas frias, pouco salinas e produtivas a latitudes entre 28-23°S (Campos *et al.*, 1999; Piola *et al.*, 2000; Gonzalez-Silveira *et al.*, 2006). Estes aspectos somados ao deslocamento sazonal da confluência Brasil/Malvinas podem explicar os picos de abundância da espécie *G.*

inflata observados junto aos intervalos representados pelas subzonas V3, V2A, V1 e X1 (Boltovskoy *et al.*, 2000; Portilho-Ramos *et al.*, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os intervalos bioestratigráficos definidos para o Quaternário do talude da bacia de Santos permitiram o reconhecimento das oscilações climáticas dos últimos ~620 ka, e a definição de zonas e subzonas pouco conhecidas e/ou ainda não descritas para a margem continental brasileira (zonas T, U e V; subzonas V3, V2, V1, U2 e U1). A caracterização destas zonas/subzonas demonstrou que o controle do plexo *Pulleniatina* é uma importante ferramenta para a correlação local e possivelmente regional entre testemunhos, sendo útil não apenas para o refinamento de intervalos glaciais (Zona Y), mas também em intervalos interglaciais (Zona V). Apesar de não reconhecidas às causas de sua oscilação, o controle do plexo permitiu a proposição de novos horizontes de correlação para a bacia. Estes horizontes baseados em desaparecimentos/reaparecimentos do plexo (*VP.8* a *VP.1*) refinaram principalmente a Subzona V3 e junto a espécie *Globorotalia menardii flexuosa*, permitiram a subdivisão da Subzona V2 (duração média estimada ~116 ka) em V2B (duração média 85,05 ka) e V2A (duração média 31,81 ka).

O controle do sentido de enrolamento de *Globorotalia truncatulinoides*, demonstrou sua aplicação bioestratigráfica, auxiliando a definição/identificação dos limites entre zonas/subzonas. Na bacia de Santos foi útil principalmente para a definição dos limites entre as subzonas U2/U1, V2B/V2A, X3/X2 e X2/X1. A distribuição vertical apresentada pela espécie *Globorotalia inflata* nos últimos ~620 ka, demonstrou que a região sul da área de estudo apresenta uma população permanente desta espécie, sugerindo uma constante influência de águas mais frias e produtivas, no entanto, as

explicações para estes fenômenos não ficaram claras neste estudo e requerem uma quantidade maior de informações.

AGRADECIMENTOS

A PETROBRAS e a UNISINOS pelo suporte ao estudo. A Tânia L. Dutra (UNISINOS) e Renata G. Netto (UNISINOS) pelos valiosos comentários, que qualificaram o manuscrito. Aos colegas Thiers Wilberger pelo auxílio na preparação de amostras e Guilherme Krahl pelo auxílio no quarteamento das amostras.

REFERÊNCIAS

- Araújo, T.M.F. & Machado, A.J. 2008. Eventos Bioestratigráficos, Paleoclimáticos e Paleobatimétricos do Talude Continental Superior da Bahia, evidenciados através do estudo da fauna de foraminíferos. *Gravel*, **6**(1):27-45.
- Bé, A.W.H. & Tolderlund, D.S. 1971. Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. *In*: B.M. Funnel & W.R. Ridel (eds.) *The micropaleontology of oceans*, Cambridge University Press, p. 105-149.
- Bé, A.W.H.; Damuth, J.E.; Lott, L. & Free, R. 1976. *Late Quaternary Climatic Record in Western Equatorial Atlantic Sediment*. *In*: R.M. Cline & D.H. Hays (eds) Geological Society of America. Investigations of Late Quaternary Paleooceanography and Paleoclimatology, p. 162-200 (Geological Society of America Memoir 145).
- Blow, W.H. 1969. Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *In*: P. Bronnimann & H.H. Renz (eds) *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, Geneva, 1967, p. 199-422.

- Bolli, H.M. & Premoli Silva, I. 1973. Oligocene to Recent Planktonic Foraminifera and Stratigraphy of Leg 15 sites in the Caribbean Sea. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **15**:475-497.
- Boltovskoy, E. 1968. Living planktonic foraminifera of the eastern part of the tropical Atlantic. *Revue de Micropaléontologie*, **11**:58-98.
- Boltovskoy, E. 1973. Estudio de Testigos Submarinos del Atlántico Sudoccidental. *Revista del Museo de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”*, **4**(4):215-340.
- Boltovskoy, E.; Boltovskoy, D.; Correa, N. & Brandini, F. 1996. Planktonic foraminifera from the southwestern Atlantic (30°-60°S): species-specific patterns in the upper 50m. *Marine Micropaleontology*, **28**:53-72.
- Boltovskoy, E.; Boltovskoy, D. & Brandini, F. 2000. Planktonic Foraminifera from south-western Atlantic epipelagic Waters: abundance, distribution and year-to-year variation. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **79**:203-213. doi:10.1017/S0025315499001794
- Broecker, W.S.; Ewing, M. & Heezen, B.C. 1960. Evidence for abrupt change in climate close to 11,000 years ago. *American Journal of Science*, **258**:429-448. doi:10.2475/ajs.258.6.429
- Campos, E.J.D.; Lentini, C.A.D.; Miller, J.L. & Piola, A.R. 1999. Interannual variability of the sea surface temperature in the South Brazil Bight. *Geophysical Research Letters*, **26**(14):2061-2064. doi:10.1029/1999GL900297
- Chiessi, C.M.; Ulrich, S.; Mulitza, S.; Patzold, J. & Wefer, G. 2007. Signature of the Brazil-Malvinas Confluence (Argentine Basin) in the isotopic composition of planktonic foraminifera from surface sediments. *Marine Micropaleontology*, **64**:52-66. doi:10.1016/j.marmicro.2007.02.002

- Cifelli, R. & Beniér, C.S. 1976. Planktonic foraminifera from near the west African coast and a consideration of faunal parceling in the North Atlantic. *Journal of Foraminiferal Research*, **6**:258-273. doi:10.2113/gsjfr.6.4.258
- Damuth, J.E. 1975. Quaternary climate change as revealed by calcium-carbonate fluctuations in western equatorial Atlantic sediments. *Deep-Sea Research*, **22**:725-743. doi: 10.1016/0011-7471(75)90078-9
- Duarte, C.S.L. & Viana, A.R. 2007. Santos Drift System: stratigraphic organization and implications for late Cenozoic paleocirculation in the Santos Basin, SW Atlantic Ocean. In: A.R. Viana & M. Rebesco (eds) *Economic and Paleoceanographic Significance of Contourite Deposits*. Society for Sedimentary Geology, p. 171-198 (Special Publication No. 276). doi:10.1144/GSL.SP.2007.276.01.09
- Ericson, D.B. & Wollin, G. 1956. Correlations of six cores from the Equatorial Atlantic and Caribbean. *Deep-sea Research*, **3**:104-125. doi:10.1016/0146-6313(56)90089-2
- Ericson, D.B. & Wollin, G. 1968. Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments. *Science*, **162**:1227-1243. doi:10.1126/science.162.3859.1227
- Ericson, D.B., Ewing, M., Wollin, G. & Heezen, B.C. 1961. Atlantic deep-sea sediments cores. *Geological Society of America Bulletin*, **72**(2):193-286. doi:10.1130/0016-7606(1961)72[193:ADSC]2.0.CO;2
- Gibbard, P.L.; Head, M.J.; Walker, M.J.C. 2010. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, **25**:96-102. doi:10.1002/jqs.1338
- González-Silveira, A.; Angel, E.S.D. & Millán-Núñez, N. 2006. Spatial and temporal variability of the Brazil-Malvinas Confluence and the La Plata Plume as seen by Sea WIFS and AVHRR imagery. *Journal of Geophysical Research*, **111**:C06010.

- Hall, I.R.; McCave, I.N.; Shackleton, N.J.; Weedon, G.P. & Harris, S.E. 2001. Intensified deep Pacific inflow and ventilation in Pleistocene glacial times. *Nature*, **412**:809–812. doi:10.1038/35090552
- Hemleben, C.; Spindler, M. & Anderson, O.R. 1989. *Modern planktonic foraminifera*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 363 p.
- Hilbrecht, H. 1997. Morphologic gradation and ecology in *Neoglobobulimina pachyderma* and *N. dutertrei* (planktonic foraminifera) from core top sediments. *Marine Micropaleontology*, **31**:31-43. doi:10.1016/S0377-8398(96)00054-0
- Johns, W.E.; Lee, T.N.; Beardsley, R.C.; Candela, J.; Limeburner, R. & Castro, B. 1998. Annual Cycle and Variability of the North Brazil Current. *Journal of Physical Oceanography*, **28**:103-128. doi:10.1175/1520-0485(1998)028<0103:ACAVOT>2.0.CO;2
- Kennett, J.P. & Huddleston, P. 1972. Late Pleistocene paleoclimatology, foraminiferal biostratigraphy and tephrochronology, Western Gulf of Mexico. *Quaternary Research*, **2**:38-69. doi:10.1016/0033-5894(72)90004-X
- Kohl, B.; Fillon, R.H. & Roberts, H.H. 2004. Foraminiferal biostratigraphy and paleoenvironments of the Pleistocene Lagniappe Delta and related section, Northeastern Gulf of Mexico. In: B. Anderson & R.H. Fillon (eds) *Late Quaternary Stratigraphic Evolution of the Northern Gulf of Mexico Margin*. Society for Sedimentary Geology, p. 190-216 (Special Publication No. 79). doi:10.2110/pec.04.79.0189
- Leipnitz, I.I.; Silva, J.L.L.; Leipnitz, B.; Aguiar, E.S.; Leão, C.J.; Giovanoni, L. & Ferreira, F. 2005. Métodos para o trabalho com microfósseis e formas atuais. In: L.L. Timm & C.V. Cademartoti (eds.), *Cadernos La Salle XI - Métodos de Estudo em Biologia*, ISSN: 1678-2003, **2**(1): 49-58.

- Lidz, L. 1966. Deep-sea Pleistocene biostratigraphy. *Science*, **154**:1448-1452.
doi:10.1126/science.154.3755.1448
- Lohmann, G.P. & Schweitzer, P.N. 1990. *Globorotalia truncatulinoides*' Growth and chemistry as probes of the past thermocline, 1, Shell size. *Paleoceanography*, **5**:55-75. *doi:10.1029/PA005i001p00055*
- Mahiques, M.; Silveira, I.; Sousa, S.H. & Rodrigues, M. 2002. Post-LGM sedimentation on the outer shelf of the northeastern part of the São Paulo Bight, southeastern Brazil. *Marine Micropaleontology*, **181**:387-400.
- Mahiques, M.M.; Tessler, M.G. & Ciotti, A.M. 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope of Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, **24**:1685-1697. *doi:10.1016/j.csr.2004.05.013*
- Martin, R.E. & Fletcher, R.R. 1995. *Graphic Correlation of Plio-Pleistocene sequence boundaries, Gulf of Mexico: Oxygen Isotopes, Ice Volume, and Sea Level*. Society for Sedimentary Geology, p. 235-248 (Special Publication No. 53).
- Martin, R.E.; Johnson, G.W.; Neff, E.D. & Krantz, D.E. 1990. Quaternary planktonic foraminiferal assemblages zones of the northeast Gulf of Mexico, Colombia Basin (Caribbean Sea), and tropical Atlantic Ocean: Graphic correlation of microfossil and oxygen isotope datums. *Paleoceanography*, **5**(4): 531-555.
doi:10.1029/PA005i004p00531
- Martin, R.E.; Neff, E.D.; Johnson, G.W. & Krantz, D.E. 1993. Biostratigraphic expression of Pleistocene sequence boundaries, Gulf of Mexico. *Palaios*, **8**:155-171.
doi:10.2307/3515169
- Martinez, J.I; Mora, G. & Barrows, T.T. 2007. Paleoceanographic conditions in the Western Caribbean Sea for the last 560 kyr as inferred from planktonic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, **64**:177-188. *doi:10.1016/j.marmicro.2007.04.004*

- Modica, C.J. & Brush, E.R. 2004. Postrift sequence stratigraphy, paleogeography, and fill history of the deep-water Santos Basin, offshore southeast Brazil. *AAPG Bulletin*, **88**(7):923-945. doi:10.1306/01220403043
- Moreira, J.L.P.; Madeira, C.V.; Gil, J.A. & Machado, A.P. 2007. Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **15**(2):531-549.
- Neff, E.D. 1985. *Pre-Late Pleistocene paleoclimatology and planktonic foraminiferal biostratigraphy of the northeastern Gulf of Mexico*. Columbia University South Carolina, Dissertação de Mestrado, 123 p.
- Nunes, M.C.V.; Viviers, M.C. & Lana, C.C. 2004. Bacias sedimentares brasileiras – Bacia de Santos. *Phoenix*, **6**(66):1-6. ISSN1517-7351.
- Oliveira, D.H.; Mello, R.M.; Barreto, A.M.F. & Strohschoen Jr., O. 2007. O limite Pleistoceno/Holoceno no Campo de Marlim Leste da Bacia de Campos - RJ, com base na bioestratigrafia de foraminíferos planctônicos. *Estudos Geológicos*, **17**(2):41-50.
- Patterson, R.T. & Fishbein, E. 1989. Re-examination of the statistical methods used to determine the number of point counts needed for micropaleontological quantitative research. *Journal of Paleontology*, **63**(2):245-248.
- Pereira, M.J. & Feijó, F. 1994. Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **8**(1):219-234.
- Phleger, F.B.; Parker, F.L. & Peirson, J.F. 1953. North Atlantic Foraminifera. *Reports of the Swedish Deep Sea Expedition (1947-1948)*, **7**:1-122.
- Piola, A.R.; Campos, E.J.D.; Möller Jr, O.O.; Charo, M. & Martinez, C. 2000. Subtropical shelf front off eastern South America. *Journal of Geophysical Research*, **193**(C3):6565-6578. doi:10.1029/1999JC000300

- Portilho-Ramos, R.C. 2010. *Paleoceanografia do sudoeste do Atlântico Sul: registro de eventos abruptos nos últimos 50.000 anos*. Programa de Pós-graduação em Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Tese de Doutorado, 133 p.
- Portilho-Ramos, R.C., Rios-Netto, A.M. & Barbosa, C.F. 2006. Caracterização bioestratigráfica do Neógeno Superior da Bacia de Santos com base em foraminíferos planctônicos. *Revista Brasileira de Paleontologia* **9**(3):349-354. doi:10.4072/rbp.2006.3.10
- Prell, W.L. & Damuth, J.E. 1978. The climate-related diachronous disappearance of *Pulleniatina obliquiloculata* in Late Quaternary sediments of the Atlantic and Caribbean. *Marine Micropaleontology*, **3**:267-277. doi:10.1016/0377-8398(78)90031-2
- Renaud, S. & Schmidt, D.N. 2003. Habitat tracking as a response of the planktonic foraminifer *Globorotalia truncatulinoides* to environmental fluctuations during the last 140 kyr. *Marine Micropaleontology*, **49**:97-122. doi:10.1016/S0377-8398(03)00031-8
- Rodrigues, M.A.C. & Carvalho, M.G.P. 1980. Curvas paleoclimáticas com base em foraminíferos de testemunhos da plataforma sul-brasileira. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **52**(3):617-625.
- Rögl, F. & Bolli, H.M. 1973. Holocene to Pleistocene Plancktonic Foraminifera of Leg 15, Site 147 (Cariaco Basin (Trench), Caribbean Sea) and their climatic interpretation. In: Edgar, N.T., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **15**:553-616. doi:10.2973/dsdp.proc.15.113.1973
- Sanjinés, A.E.S. 2006. *Biocronoestratigrafia de foraminíferos em três testemunhos do Pleistoceno-Holoceno do Talude continental da Bacia de Campos, RJ – Brasil*.

Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Dissertação de Mestrado, 119 p.

Schmidt, D.N.; Renaud, S.; Bollmann, J.; Schiebel, R. & Thierstein, H.R. 2004. Size distribution of Holocene planktic foraminifera assemblages: biogeography, ecology and adaptation. *Marine Micropaleontology*, **50**:319-338. doi:10.1016/S0377-8398(03)00098-7

Schott, W. 1935. Die Foraminiferen in dem equatorialen Teil des Atlantischen Ozeans. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutsche Atlantischen Expedition "Meteor" 1925-1927*, **3**:43-134.

Silveira I.C.A.; Schmidt, A.C.K.; Campos, E.J.D.; Godoi, S.S. & Ikeda, Y. 2000. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, **48**(2):171-183. doi:10.1590/S1679-87592000000200008

Thunell, R.C. 1984. Pleistocene planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoclimatology of the Gulf of México. In: N. Healy-Williams (ed.) *Principles of Pleistocene Stratigraphy Applied to the Gulf of Mexico*. Boston, International Human Resources Development Corporation, p. 25-64.

Toledo, F.A.L. 2000. *Variações paleoceanográficas nos últimos 30.000 anos no oeste do Atlântico Sul: Isótopos de oxigênio, assembléias de foraminíferos planctônicos e nanofósseis calcários*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 245 p.

Toledo, F.A.L.; Costa, K.B. and Pivel, M.A. 2007. Salinity changes in the western tropical South Atlantic during the last 30 kyr. *Global and Planetary Change*, **57**:383-395. doi:10.1016/j.gloplacha.2007.01.001

Viana, A.R.; Faugères, J.C; Kowamann, J.A.M.; Lima, J.A.M.; Caddah, L.F.G. & Rizzo, J.G. 1998. Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos

- continental margin, offshore Brazil. *Sedimentary Geology*, **115**:133-157.
doi:10.1016/S0037-0738(97)00090-0
- Vicalvi, M.A. 1997. Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático dos sedimentos do Quaternário superior do talude da Bacia de Campos, RJ, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **11**(1):132-165.
- Vicalvi, M.A. 1999. *Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático do Quaternário Superior do talude da Bacia de Campos e Platô de São Paulo adjacente, com base em foraminíferos planctônicos*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 183 p.
- Vicalvi, M.A. & Palma, J.J.C. 1980. Bioestratigrafia e Taxas de Acumulação dos Sedimentos Quaternários do Talude do Sopé Continental entre a Foz do Rio Gurupi (MA) e Fortaleza (CE). *Boletim Técnico da Petrobrás*, **23**(1):3-11.
- Wainer, I. & Venegas, S.A. 2002. South Atlantic Multidecadal Variability in the Climate System Model. *Journal of Climate*, **15**:1408-1420. *doi:10.1175/1520-0442(2002)015<1408:SAMVIT>2.0.CO;2*