

EVIDÊNCIAS DE VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR DURANTE O ÚLTIMO CICLO GLACIAL, NA PORÇÃO NORTE DO CANAL DE SÃO SEBASTIÃO, LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Daniel Andreas Klein; Michel Michaelovitch de Mahiques
Instituto Oceanográfico, USP, Praça do Oceanográfico, 191, CEP 05508-900
São Paulo-SP, Brasil; Fone: +55 11 3091-6573 - e-mail: dklein@usp.br.

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo de mudanças do nível do mar durante o Último Ciclo Glacial em um setor do litoral norte paulista baseado em análises de propriedades sedimentares de três testemunhos coletados em áreas submersas do Canal de São Sebastião. Os resultados preliminares indicam registros de eventos eustáticos, destacando-se uma fase de transgressiva relacionada ao Estágio Isotópico 3, com idades e amplitudes que diferem das propostas pela literatura.

ABSTRACT

This work presents a study sea level changes during Last Glacial Cycle in a sector of the coast north of São Paulo based on the sedimentological analysis on three cores collected in submerged areas of the São Sebastião channel. The preliminary results indicate records of eustatics events, with special attention to a transgressive phase related to Isotope Stage 3 showing ages and amplitude different then those proposed by the literature

Palavras-Chave: quaternário marinho, nível relativo do mar, canal de São Sebastião

1. INTRODUÇÃO

Trabalhos sobre a evolução do Quaternário submerso da costa paulista ainda são escassos, sendo merecedores de estudos maior detalhe, principalmente no que diz respeito aos processos sedimentares ocorridos.

Este trabalho apresenta os resultados preliminares do estudo da evolução sedimentar durante o Último Ciclo Glacial (UCG), da porção norte do Canal de São Sebastião. Foram analisadas amostras de três testemunhos, quanto a propriedades sedimentares físicas (granulometria), composicionais (“coarse fraction analysis”), geoquímicas (teores de carbonato de cálcio, carbono orgânico, nitrogênio e enxofre totais) e isotópicas ($\delta^{13}C$).

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a região norte do Canal de São Sebastião, que separa o continente da Ilha de São Sebastião. Na área submersa, no flanco continental do canal, destaca-se um pontal arenoso de direção NE definido pela isóbata de 5 m com profundidades de até 2 m, e uma depressão a sua retaguarda (Figura 1).

3. CONHECIMENTO ATUAL SOBRE VARIAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR PARA A ÁREA

Os trabalhos que tratam sobre a evolução quaternária desta região, têm como base estudos das feições morfológicas, coletas de superfície de fundo e poucos registros de perfilagem sísmica, carecendo ainda de informações de sub-superfície e datações radiométricas, que permitam conclusões mais precisas.

Na plataforma continental adjacente a área de estudo, foram identificadas escarpas a SE da Ilha de São Sebastião, associadas a duas possíveis fases de estabilização do Nível Relativo do Mar (NRM). A primeira entre as isóbatas 110-130 m a 18 ka (Último Máximo Glacial-UMG) e a segunda na isóbata 60 m a 11 ka, conforme correlação com datações ^{14}C obtidas por

Kosmann & Costa (1979) (Costa et. al 1988; Furtado et. al 1992; Furtado et. al 1996).

No projeto “Oceanografia da Plataforma Interna de São Sebastião - OPISS” (Furtado et al. 1998), foram coletadas amostras definidas como arenito praial (*beach rocks*), no flanco externo do pontal arenoso. Datações ^{14}C indicam idades de 7.870 ± 60 e 8.050 ± 80 anos A.P. Considerando a posição *in situ* das amostras, este registro indica uma possível fase de estabilização do NRM a 13 m a cerca de 8 ka.

Os registros mais antigos de variações do NRM estão localizados na planície costeira de Caraguatatuba, próximo da área estudada. São terraços marinhos com cotas entre 7-8 m originados durante o final da Transgressão Cananéia (Suguio & Martin 1978), com idade correlacionada com 120 ka.

Curvas de variações do NRM a partir do Holoceno inferior são relativamente bem estabelecidas, baseadas numa variedade de registros localizados acima nível médio atual, e centenas de datações absolutas. Para a região de estudo, Suguio & Martin (*op. cit*) propõem curva incompleta, carecendo ainda de datações que permitam estabelecer o nível máximo alcançado na Transgressão Santos, e inferem uma oscilação negativa entre 4-2 ka com base em curvas de áreas adjacentes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A bordo do B.Pq./Oc. Veliger II (IO-USP), foram coletados com testemunhador a vibração, três testemunhos denominados “TSSB-1”, “TSSB-2” e “TSSB-3”, com recuperação de 270, 150 e 400 cm, sob uma lâmina d’água de aproximadamente 3, 5 e 3 m, respectivamente. Após a abertura longitudinal, foi realizada a descrição macroscópica de litologias, estruturas sedimentares, componentes biogênicos e cores. Para as análises posteriores, foram coletadas amostras com espessura de 3 cm, a cada 5 cm, ou de forma contínua na ocorrência de variações relevantes.

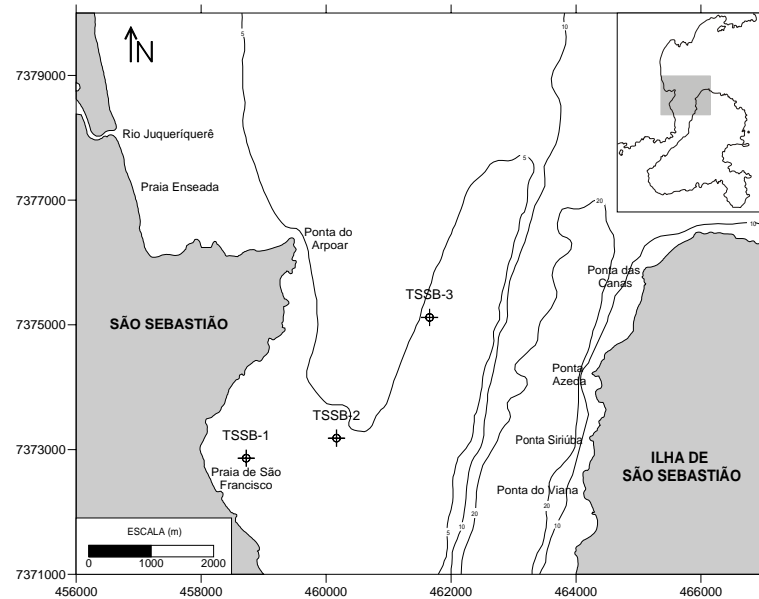


Figura 1 – Localização da área de estudo e coleta dos testemunhos

Para a análise granulométrica das amostras foi utilizado método de peneiramento e pipetagem conforme descrito em Suguio (1973)

A Análise dos constituintes da fração grossa (“*coarse fraction analysis*”) com a determinação do Índice de Constituintes Biogênicos Marinhos (BM) (Mahiques & Tessler 1992; Mahiques et. al 1998) foi realizada com microscópio estereoscópico. BM indica a maior possibilidade de influência marinha no aporte sedimentar, com valores variando de -1 (continental) a +1 (marinho).

O conteúdo de carbonato de cálcio foi determinado pela diferença de peso antes e depois a acidificação de amostra com solução de HCl 1N. Os resultados são apresentados em %CaCO₃.

O conteúdo de carbono orgânico, nitrogênio e enxofre totais foram determinados com analisador LECO CNS2000, após a remoção da fração carbonática com acidificação de amostras com HCl. Os resultados são apresentados como Corg (mg/g), Ntot (mg/g) e Stot (mg/g). Os valores de C, N e S foram utilizados para a determinação de razões C/N e C/S.

O $\delta^{13}\text{C}$ do conteúdo orgânico foi obtido por espectrometria de massa pelo Coastal Science Laboratories (Texas, USA), calibrado com padrão NBS 22 (-29.6 ‰ relativo ao PDB – *Belemnitella Americana* da Formação Pee Dee, Carolina do Sul, EUA). Os valores são apresentados como $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰).

Datações ¹⁴C de sedimento orgânico e carapaças de foraminíferos, foram obtidas pelo BETA Analytic (Florida, USA) através de método AMS (*Accelerated Mass Spectrometry*). As idades são convencionais, apresentadas em anos antes do presente (A.P.), considerando como presente o ano 1950.

4.RESULTADOS

Os resultados das análises realizadas podem ser verificados na Figura 2.

TSSB-1

Da base até 140 cm o sedimento é lamoso, bem consolidado, cor grada de cinza oliva escuro (5GY4/1) para cinza esverdeado escuro (7.5GY4/1) com possíveis bioturbações na parte superior. Entre 139-127 cm o sedimento é lamo arenoso, e ocorre um contato erosivo.

O sedimento superior é areno lamoso com fragmentos de carbonato biodetrítico dispersos, com níveis de concentração entre 73-90 cm, e coloração variando de preto oliva (7.5Y3/2) a oliva cinzento (7.5Y4/2). A 65 cm ocorre um contato brusco, porem sem mudanças litológicas relevantes.

O Índice de Biogênicos Marinhos (BM) na fração 0.250 mm da base (39.2 ka) até 240 cm (cerca de 25 ka), indica aporte sedimentar de origem marinha com predomínio de foraminíferos do gênero *Elphidium* e ostracodes do gênero *Cyprideis*. Em direção ao topo, BM nas duas frações indica aporte de origem predominantemente continental.

O teor de carbonato de cálcio tem valor decrescente da base até 135 cm, passando a aumentar até o topo, com um intervalo de diminuição entre 50-35 cm.

Os teores dos constituintes de matéria orgânica são baixos. O carbono orgânico e nitrogênio total têm comportamento semelhante, com aumento dos valores a partir de 135 cm para o topo e intervalos de diminuição entre 65 e 30 cm e entre 10 cm e o topo. A razão C/N apresenta valores decrescentes até 135 cm e passa a constante até o topo. A razão C/S apresenta valores a partir de 135 cm, devido a valores muito baixos de enxofre total. Destacam-se picos a 135 cm, 65 e 35 ao topo.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ são oscilantes variando 1.8 ‰. Destacam-se picos de empobrecimento de ¹³C a 185, 150 e 20 cm, e pico de enriquecimento a 125 cm e no intervalo entre 65-30 cm.

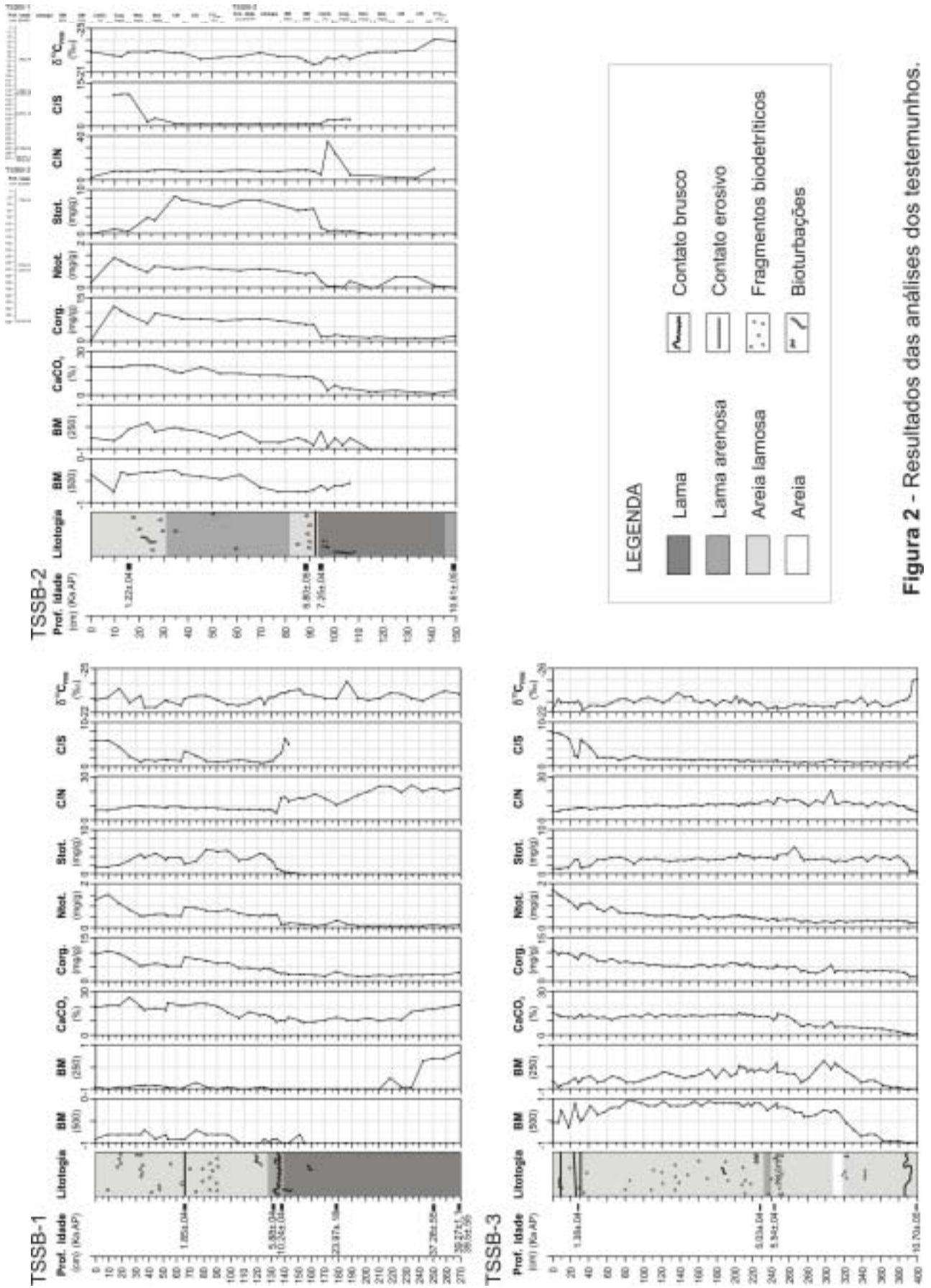


Figura 2 - Resultados das análises dos testemunhos.

TSSB-2

Da base até um contato brusco próximo de 94 cm, ocorre sedimento lamoso, bem consolidado, cor cinza esverdeado (5G6/1) e possíveis bioturbações. Acima deste contato ocorre um intervalo até 79 cm, com sedimento areno lamoso cor cinza esverdeado escuro (7.5GY3/1) com fragmentos carbonáticos biodetríticos dispersos e nível de concentração próximo do contato. Acima ocorre um intervalo lamo arenoso até 33 cm com diminuição dos fragmentos carbonáticos biodetríticos, e um intervalo areno lamoso até o topo cor oliva cinzento (7.5Y4/1), com fragmentos carbonáticos dispersos e possíveis bioturbações.

O índice de biogênicos marinhos (BM) para a fração 0,500 mm indica fases de predomínio de aporte de origem marinha entre 61 e 12 cm e entre 5 cm e o topo. BM na fração 0,250 mm, ocorre uma fase em 23 cm. O teor de carbonato de cálcio tem em geral comportamento crescente da base para o topo, com valores muito baixos entre a base e 97 cm.

Os teores dos constituintes de matéria orgânica são baixos. O carbono orgânico e nitrogênio total têm comportamentos semelhantes, com aumento dos valores a partir de 95 cm até o topo, e intervalos de diminuição em 23 e entre 10 cm e o topo. A razão C/N apresenta picos de aumento na base e a 97 cm, e picos de diminuição a 133 cm e próximo do topo. A razão C/S tem maiores valores na base e a partir de 35 cm até o topo.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variam 2.3 ‰. Empobrecem de ^{13}C da base até 93 cm com pequenas oscilações, e passam a enriquecer neste isótopo até o topo.

TSSB-3

Testemunho com sedimento predominantemente areno lamoso cor cinza esverdeado escuro (7.5GY3/1). Ocorre nível arenoso entre 312-309 cm e nível lamo arenoso entre 237-234 cm. Contato irregular a cerca de 387 cm, separando porção basal com cor cinza oliva (5GY6/1). Entre 31-26 cm ocorre nível com sedimento inconsolidado com coloração cinza oliva escuro (2.5GY3/1). A partir de 340 cm para o topo, ocorrem fragmentos carbonáticos biodetríticos dispersos, com alguns níveis concentração entre 316-319, 247-250 e 221-227 cm.

O índice de biogênicos marinhos (BM) para a fração 0,500 mm indica uma fase de predomínio de aporte de origem marinha a partir de 320 cm até 30 cm passando a ocorrer intervalos com aporte continental. BM na fração 0,250 mm indica três fases de predomínio de contribuição mais marinha a 316-296, 248-242 e 204-207 cm.

O teor de carbonato de cálcio tem comportamento crescente da base para o topo, com alguns picos de aumento a 305 e entre 32-27 cm.

Os teores dos constituintes de matéria orgânica são baixos. O carbono orgânico e nitrogênio total têm comportamentos semelhantes, com aumento dos valores da base para o topo. A razão C/N tem valores baixos, decrescentes da base para o topo, com pico de aumento a 305 cm. A razão C/S tem valores baixos até 49 cm,

passando a aumentar até o topo, com intervalo de diminuição entre 30 e 25 cm.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ são oscilantes variando de 2.8 ‰. Destacam-se picos de empobrecimento de ^{13}C a 249, 235, 33 cm e no topo, e de enriquecimento na base e em 137 cm.

5. DISCUSSÃO

O testemunho TSSB-1 está mais próximo da costa, com a base aproximadamente a 5.7 m abaixo do nível atual. As idades mais antigas ocorrem na porção média inferior do testemunho, com registros do Pleistoceno superior (Estágio Isotópico 3 do oxigênio).

No intervalo da base até 240 cm, ocorre sedimentação pelítica, com presença de micro-fauna marinha costeira, e razão C/N indicativa de matéria orgânica de origem continental, indícios de um provável ambiente costeiro de baixa energia, como um estuário ou laguna. Datações em sedimento orgânico e em carapaças de foraminíferos, indicam que este ambiente pode ter ocorrido próximo de 39.5 ka A.P.

Embora existam evidências de fases de estabilizações do NRM na plataforma de São Paulo, não existem datações absolutas que permitam a elaboração de curvas eustáticas precisas. Na literatura são descritas fases transgressivas no intervalo entre a Transgressão Cananéia (120 ka) e o ÚMG (18 ka), cujo nível máximo não alcançou a base do testemunho TSSB-1 (cerca de 6 m abaixo do atual).

Para a plataforma do Rio Grande do Sul, Kosmann & Costa (1974), propõem curva de variação do NRM ajustada à curva de Curray (1965), apresentando níveis próximos de 175 e 140 m abaixo do nível atual em 40 ka, e uma “Transgressão do Wisconsiniano médio” atingindo 10 m abaixo do nível atual, por volta de 29 ka. Para a mesma área, Corrêa (1990) apresenta fases de estabilização nas profundidades de 60 m com idade >32 ka (limite do método ^{14}C do laboratório), e 25 m por volta de 28 ka.

A partir de 240 cm até o contato erosivo a cerca de 135 cm, a sedimentação mantém-se pelítica, com sensível diminuição de contribuição marinha, teor de carbonato de cálcio e oscilações de razão C/N e $\delta^{13}\text{C}$. Estas mudanças podem indicar uma mudança para um ambiente com influência continental durante fase de NRM mais baixo que o atual.

Nos três testemunhos ocorrem mudanças sedimentares relevantes associadas ao evento transgressivo Santos a partir do Holoceno inferior. Na porção intermediária de TSSB-1, ocorre um contato erosivo com hiato entre cerca de 10.2 e 5.9 ka A.P., e passa a apresentar sedimentação característica de ambiente marinho.

TSSB-2 está na retaguarda de um pantal arenoso, tem sua base aproximadamente a 6.5 m do nível atual. Os indícios de sedimentação marinha ocorrem a partir de um contato brusco a cerca de 90 cm com idade entre 7.3 e 6.8 ka A.P. Ocorrem fragmentos carbonáticos biodetríticos, aumento dos teores de carbonato de cálcio e dos valores de $\delta^{13}\text{C}$.

TSSB-3 está mais distal, no flanco interno de um pantal arenoso submerso, tem sua base aproximadamente 7 m

abaixo do nível atual. Os indícios de sedimentação marinha ocorrem a partir de 320 cm - fragmentos carbonáticos biodetríticos, BM indicando predomínio de aporte marinho, aumento dos teores de carbonato de cálcio e dos valores de $\delta^{13}\text{C}$.

No máximo da Transgressão Santos, o mar ultrapassa o nível atual em 4-5 m, por volta de 5.1 ka (Suguio & Martin 1978), e teria coberto as áreas mais rebaixadas, como a planície de Caraguatatuba e as pequenas enseadas adjacentes, formando possivelmente uma extensa baía. Nota-se nos três testemunhos uma sedimentação lamoso arenosa próxima desta idade.

De maneira geral, os registros nos três testemunhos a partir de 5-6 ka, indicam aumento dos teores de carbonato de cálcio, e dos constituintes de matéria orgânica. A razão C/S tem aumento significativo a partir de 2 ka, indicativa de ambiente mais oxidante.

O comportamento de $\delta^{13}\text{C}$, é oscilante, com picos de aumento correlacionáveis com as fases de maior influência marinha. No entanto, deve-se levar em conta que em áreas costeiras a identificação da fonte isotópica é dificultada, devido a contribuição tanto de matéria orgânica de origem algal, quanto de plantas C_3 e C_4 .

6. CONCLUSÕES

As datações obtidas abrangem as mudanças ambientais ocorridas a partir do Pleistoceno superior (Estágio Isotópico 3 do oxigênio), incluindo informações anteriores ao UMG.

Na base de TSSB-1 ocorre sedimentação pelítica com predomínio de macro-fauna marinha (foraminíferos e ostracodes) na fração 0,250 mm, que permite sugerir um ambiente costeiro de baixa energia formado durante uma fase transgressiva. Este evento tem idade e amplitude que diferem das informações contidas na literatura.

De maneira geral os testemunhos apresentam registros das principais variações eustáticas do UCG. Em TSSB-1 ocorre um contato erosivo entre 10.2-5.9 ka e em TSSB-2 um contato brusco entre 7.3-6.8, sincrônicos ao evento transgressivo Santos. Em TSSB-3, o testemunho mais distal, ocorre evidências de sedimentação marinha a partir de 320 cm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, I.C.S. (1990) Analyse Morphostructurale et Evolution Paleogeographique de la Plate-forme Continentale Atlantique Sud Bresilienne (Rio Grande do Sul-Brasil). Thèse de Doctorat. Université de Bordeaux I. Talence-France. 314p.

COSTA, M.P.A., ALVES, E.C., PACHECO, P.G. & MAIA, A.S. (1988). Prováveis estabilizações do nível do mar holocênico em trechos da plataforma continental entre o norte de São Pulo e o sul do Rio de Janeiro, constatadas através de morfologia de detalhe. In: Congr. Bras. de Geol., 35. Anais... Belém, S. B. G. Vol. 2 p. 436-450.

CURRAY, J.R. (1965). Late Quaternary History, Continental Shelves of the United States, In: The Quaternary of United States. Wright & Frey eds.,

Princeton, New Jersey, Princeton Univ. Press, pp. 723-735

FURTADO, V. V.; MAHIQUES, M. M. & TESSLER, M. G. (1992). Utilização de feições topográficas submersas na correlação de paleoníveis marinhos: uma avaliação. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 3 Belo Horizonte-MG. Anais...Belo Horizonte-MG, p. 150-173.

FURTADO, V. V.; BONETTI FILHO, J. & CONTI, L. A. (1996). Paleo River Valley Morphology and Sea Level Changes at Southeastern Brazilian Continental Shelf. An Acad bras Ci 1996 68 supl 1

FURTADO, V.V., BONETTI FILHO, J., RODRIGUES, M. & BARCELLOS, R.L. (1998). Aspectos da sedimentação no Canal de São Sebastião In: Relatório do Projeto de Oceanografia da Plataforma Interna de São Sebastião (OPISS). Relat. téc. Inst. Oceanogr., São Paulo, 43:15-31.

KOWSMANN, R.O. & COSTA M.P.A. (1974). Paleolinas de costa na plataforma continental das regiões norte e sul brasileiras. Rev. Bras. Geociências, 4(4):215-222.

KOWSMANN, R.O. & COSTA, M.P.A., (1979). Evidence of late Quaternary sea level stillstands on the upper Brazilian continental margin: a synthesis. In: 1978 Internation Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary (Proceedings), São Paulo, p.170-195.

MAHIQUES, M.M. & TESSLER, M.G. (1992). Caracterização de subambientes na região costeira de Ubatuba-SP com base na análise dos constituintes da fração grossa. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 3 Belo Horizonte-MG. Anais...Belo Horizonte-MG, p. 225-240.

MAHIQUES, M.M., TESSLER M.G., FURTADO, V.V. (1998). Characterization of energy gradient in enclosed bays of Ubatuba region, South-eastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47:431-446.

SUGUIO, K. (1973). Introdução à sedimentologia. São Paulo, Edgard Blücher/EDUSP. 317p.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. (1978). Quaternary marine formations of the State of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary Spec. Publ. 1