

## ESTIMATIVAS DE TEMPERATURA E SALINIDADE DA SUPERFÍCIE DO MAR PARA OS ÚLTIMOS 35.000 ANOS NA MARGEM CONTINENTAL NORDESTE DO BRASIL

Taniguchi, N.K.<sup>1</sup>; Sousa, S.H.M.<sup>1</sup>; Nagai, R.H.<sup>1</sup>; Andrade, P.C.<sup>1</sup>; Chiessi, C.M.<sup>2</sup>; Mahiques, M.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo; <sup>2</sup>Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo

Praça do Oceanográfico, 191, 05508-120, São Paulo, SP. e-mail: nk.taniguchi@gmail.com

<sup>2</sup>Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo

**Palavras-chave:** *foraminíferos planctônicos, paleotemperatura, Último Máximo Glacial, margem leste Brasileira, Atlântico Sudoeste.*

### 1. INTRODUÇÃO

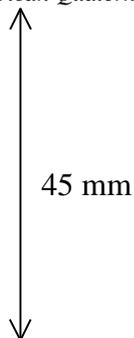
Nos últimos anos temos assistido um crescente aumento de reivindicações de projeções climáticas precisas por parte da sociedade. Isto faz com que os diversos ramos da ciência ligados estudos climáticos tenham reafirmado seu papel de grande relevância. Em estudos climáticos, é de grande importância um aprofundado entendimento das mudanças climáticas do passado que contribui para produzir projeções climáticas mais precisas. Nesse contexto, torna-se fundamental a obtenção de dados quantitativos para reconstituição dos parâmetros oceanográficos pretéritos (Therón et al., 2004).

Os dados necessários para uma boa compreensão dos climas pretéritos, em geral, provém de séries-temporais de atributos específicos dos oceanos, tais como a temperatura da superfície do mar (TSM) no passado.

Para Hale & Pflaumann (1999), a temperatura da água do mar é um parâmetro crítico para modelos paleoceanográficos primeiramente porque as massas de água são identificadas freqüentemente por suas temperaturas médias ou intervalos de temperatura. Além disso, a estimativa da paleotemperatura pode ser útil na reconstituição da paleosalinidade, que também é importante na modelagem dos oceanos, além de servir como base para modelos climáticos e de circulação oceânica.

Estimativas de paleotemperatura podem ser feitas a partir da análise da composição de espécies de foraminíferos, com auxílio de técnicas estatísticas além de um banco de dados regional, com os quais são aplicadas funções de transferência ou a técnicas de análogos modernos (TAM). Traçadores químicos como a razão Mg/Ca analisada em testas de foraminíferos (Wefer et al., 1999) ou  $U^{k}_{37}$  analisado na matéria orgânica marinha (Therón et al., 2004) são também empregados no cálculo de paleoTSM.

Este trabalho tem como propósito apresentar estimativas de TSM e paleosalinidade para os últimos 35.000 anos, para a margem continental nordeste do Brasil, com base em dados de



abundância de foraminíferos planctônicos provenientes de um registro sedimentar coletado no talude médio na região de Abrolhos (BA), aplicando a TAM.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O testemunho sedimentar (GeoB3229-2) utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho foi coletado a 780 metros de profundidade de lâmina d'água, na latitude de 19°38.5'S e longitude de 38°43.0'W, no talude continental da região de Abrolhos, margem continental nordeste do Brasil.

A área de estudo é caracterizada pelos sistemas Corrente do Brasil (CB) e Contra Corrente Intermediária (CCI). A CB transporta para sul Água Tropical (AT, T= 25,0°C e S= 37,1) em superfície, e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS, T= 14,0°C e S= 35,5), na camada inferior a 200m (Silveira et al., 2000). Abaixo da CB, em níveis picnoclínicos, flui em sentido oposto a CCI, que transporta a Água Intermediária Antártica (AIA, T=3°C a 6°C; S= 34,6 a 35) (Silveira et al., 1994).

O modelo de idades do testemunho GeoB3229-2 foi obtido por correlação estratigráfica com o testemunho GeoB3202-1 (21°37,00S 39°58,70W), localizado também no talude superior da margem nordeste do Brasil (Arz et al., 1999). No testemunho GeoB3202-1, foram obtidas quatro datações por radiocarbono e a correlação estratigráfica com o testemunho GeoB3229-2 foi baseada nas seguintes características sedimentológicas: cor do sedimento, conteúdo de carbonato e teores de Ca e Fe (Arz et al., 1999).

Com o objetivo de agrupar amostras que apresentaram associações de espécies semelhantes, aplicou-se análise de agrupamento, modo R, utilizando o programa MVSP versão 3.13p. Nessa análise, foram empregados o método de agrupamento UPGMA e o índice de distância e/ou similaridade modificado de Morisita (MODMORRIS). A análise TAM baseia-se no grau de dissimilaridade entre as associações fósseis e recentes, que ocorrem numa faixa de TSM conhecida.

As paleotemperaturas foram obtidas utilizando-se o software Paleoanalog versão 2.0 (Théron et al., 2004). O banco de dados (i.e., assembleias de foraminíferos e dados de TSM) utilizado na calibração dos dados foi baseado em Kucera et al. (2005).

Com base em Kucera et al. (2005), adotou-se o algoritmo Squared Chored como método para calcular as distâncias de dissimilaridade faunística para os 10 melhores análogos, considerando-se melhores análogos, aqueles que apresentam valores de dissimilaridade mais próximos de zero, tendo-se por opção o cálculo de dissimilaridade ponderada.

Valores de paleosalinidade foram ainda estimados via valores da composição isotópica da água para oxigênio ( $\delta^{18}\text{O}_w$ ). Estes valores foram obtidos a partir dos dados de  $\delta^{18}\text{O}$  de *Globigerinoides sacculifer* e *Globigerinoides ruber* (pink) disponíveis para o testemunho GeoB3229-2 (Arz et al., 1999), através das equações 1 e 2, específicas para *G. sacculifer* e *G. ruber* (pink) de Mulitza et al. (2003):

$$T = - 4.35 (\delta^{18}\text{O}_c - \delta^{18}\text{O}_w) + 14.91 \quad (\text{eq.1})$$

↑  
45 mm  
↓

$$T = - 4.44 (\delta^{18}\text{O}_c - \delta^{18}\text{O}_w) + 14.20 \quad (\text{eq.2})$$

Onde:  $\delta^{18}\text{O}_w$  = composição isotópica da água do mar  
 $\delta^{18}\text{O}_c$  = composição isotópica da calcita do foraminífero  
T = temperatura estimada via TAM.

Os valores foram transformados de VPDB para SMOW de acordo com Hut (1997) e corrigidos levando-se em consideração o volume de gelo global subtraindo-se um valor  $\Delta\delta^{18}\text{O}_w$  do valor de  $\delta^{18}\text{O}_w$  conforme sugerido por Schrag et al. (2002). Desta forma se obteve a composição dos isótopos de oxigênio local, i.e., corrigida para variações no volume global de gelo ( $\delta^{18}\text{O}_{w-ivc}$ ). As variações observadas para  $\delta^{18}\text{O}_{w-ivc}$  podem ser consideradas como variações de salinidade, em função da relação linear positiva entre salinidade e composição isotópica da água do mar para oxigênio, sendo ambas afetadas por fluxos de água doce, evaporação e precipitação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos últimos 35.000 anos, os valores de TSM e de  $\delta^{18}\text{O}_{w-ivc}$  variaram em média de 21,9°C a 25,8°C e de 1,48 a 2,53, respectivamente, sendo que os menores valores foram constatados entre 29 e 26 cal kanos A.P. (Figuras 1 e 2).

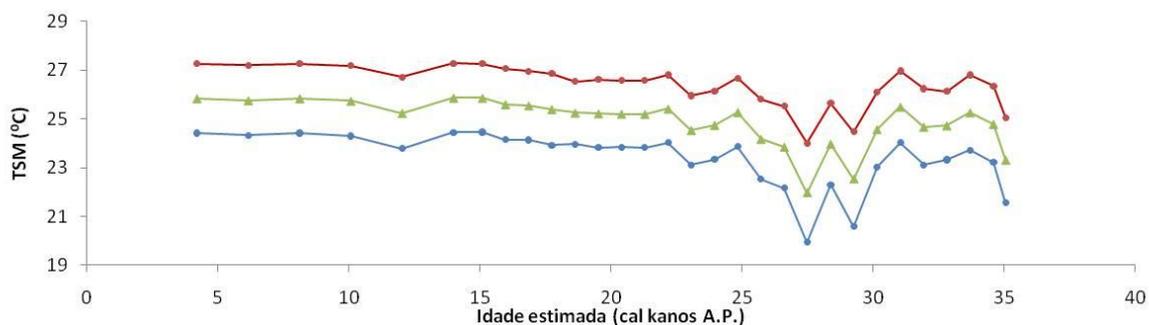


Figura 1 – Variação nos valores de temperatura da superfície do mar (TSM) (°C) obtidos pela aplicação da Técnica dos Análogos Modernos ao longo do testemunho GeoB3229-2. Em vermelho estimativas de TSM para o verão, em verde média anual, e em azul para o inverno.

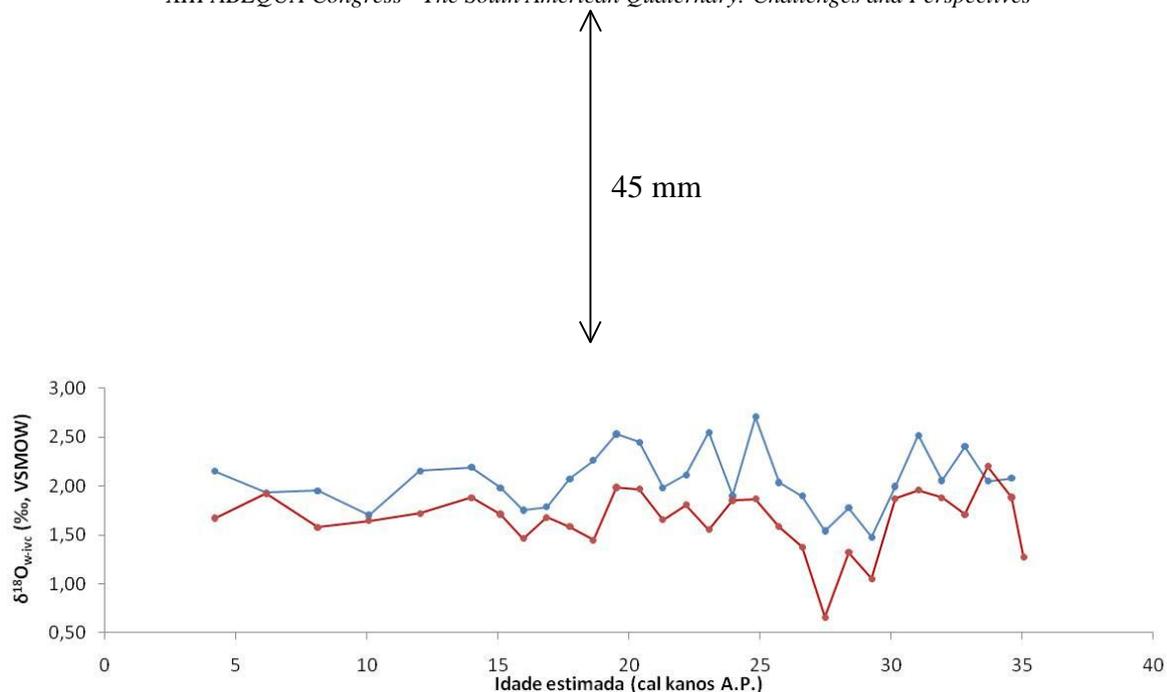


Figura 2 - Variação nos valores de paleosalinidade expresso por  $\delta^{18}\text{O}_{w-ivc}$  (‰, SMOW) ao longo do testemunho GeoB3229-2. Em vermelho estimativas de  $\delta^{18}\text{O}_{w-ivc}$  (‰, SMOW) obtidas com base nos dados isotópicos de *Globigerinoides ruber* (pink) e em azul, com base nos dados isotópicos de *Globigerinoides sacculifer* (Arz et al., 1999).

Os menores valores de TSM e paleosalinidade observados entre 29 e 26 cal kanos A.P. poderiam representar possivelmente os reflexos do evento Heirinch Stadial 2 (e.g., Sarnthein et al., 2001) no Atlântico Sudoeste. Os dados de paleotemperatura obtidos corroboram a tendência de aquecimento no Atlântico Oeste tropical, entre 17 e 15 cal kanos A.P., observado por Arz et al (1999) com base em dados de  $\delta^{18}\text{O}$ .

## REFERÊNCIAS

- Arz, H. W.; Pätzold, J.; Wefer, G. 1999. The deglacial history of the western tropical Atlantic as inferred from high resolution stable isotope records off northeastern Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 167, pp. 105–117.
- Hale, W.; Pflaumann, U. 1999. Sea-surface Temperature Estimations using a Modern Analog Technique with Foraminiferal Assemblages from Western Atlantic Quaternary Sediments. In: Fischer, G & Wefer, G (eds.), *Use of Proxies in Paleoceanography - Examples from the South Atlantic*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 69–90.
- Hut, G., 1987. Consultants group meeting on stable isotope reference samples for geochemical and hydrological investigations. Report to the Director General. *International Atomic Energy Agency*, Vienna. pp.42 .



45 mm

- Kucera, M.; Rosell-Melé, A.; Schneider, R.; Waelbroeck, C.; Weinelt, M. 2005a. Multiproxy approach for the reconstruction of the glacial ocean surface (MARGO). *Quaternary Science Reviews*, vol. 24, pp. 813–819.
- Kucera, M.; Weinelt, M.; Kiefer, T.; Pflaumann, U.; Hayes, A.; Weinelt, M.; Chen, M.-T.; Mix, A.C.; Barrows, T.T.; Cortijo, E.; Duprat, J.; Juggins, S.; Waelbroeck, C. 2005b. Reconstruction of sea-surface temperatures from assemblages of planktonic foraminifera: multi-technique approach based on geographically constrained calibration data sets and its application to glacial Atlantic and Pacific Oceans. *Quaternary Science Reviews*, vol. 24, pp. 951–998.
- Mulitza, S., Boltovskoy, D., Donner, B., Meggers, H., Paul, A., Wefer, G., 2003. Temperature:  $\delta^{18}\text{O}$  relationships of planktonic foraminifera collected from surface waters. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 202, pp. 143–152.
- Sarnthein, M., and 18 Others, 2001. Fundamental modes and abrupt changes in North Atlantic circulation and climate over the last 60 ky – Concepts, reconstruction and numerical modeling. In: Schäfer, P., Ritzrau, W., Schlüter, M., Thiede, J., (Eds.) *The northern North Atlantic: A changing environment*, Springer, Berlin, pp. 365–410
- Schrag, D.P., Adkins, J.F., McIntyre, K., Alexander, J.L., Hodell, D.A., Charles, C.D., and McManus, J.F. 2002. The oxygen isotopic composition of seawater during the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*, vol. 21, pp. 331–342.
- Silveira, I.C.A.; Schimidt, 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*, vol. 48, n. 2, pp. 171–183.
- Therón, R.; Paillard, D.; Cortijo, E.; Flores, J.-A.; Vaquero, M.; Sierro, F. J.; Waelbroeck, C.. 2004. Rapid reconstruction of paleoenvironmental features using a new multiplatform program. *Micropaleontology*, vol 50, n. 4, pp. 391–395.