

## RECONSTRUÇÃO PALEOCLIMÁTICA DO HOLOCENO ATRAVÉS DE RAZÕES ISOTÓPICAS DE OXIGÊNIO EM ESPELETETEMAS DA BAHIA

Valdir Felipe Novello<sup>1</sup>; Ivo Karmann<sup>1</sup>; Francisco William da Cruz Junior<sup>1</sup>; Hai Cheng<sup>2,3</sup>; Larry Edwards<sup>3</sup>; Steve Burns<sup>4</sup>; Nicolás Strikis<sup>1</sup>; Marcos S. de Paula<sup>1</sup>.

vfnovello@gmail.com

<sup>1</sup> - Instituto de geociências da Universidade de São Paulo, Brasil

<sup>2</sup>Institute of Global Environmental Change, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China.

<sup>3</sup>Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota, USA.

<sup>4</sup>-Geoscience, University of Massachusetts, USA.

Rua das Piracanjubas n<sup>o</sup>:374, bairro: Jupiá, Piracicaba-SP, CEP:13403-326.

*Palavras-chave: Paleoclima, Espeleotema, Isotopos Estáveis, Holoceno, Bahia*

### RESUMO

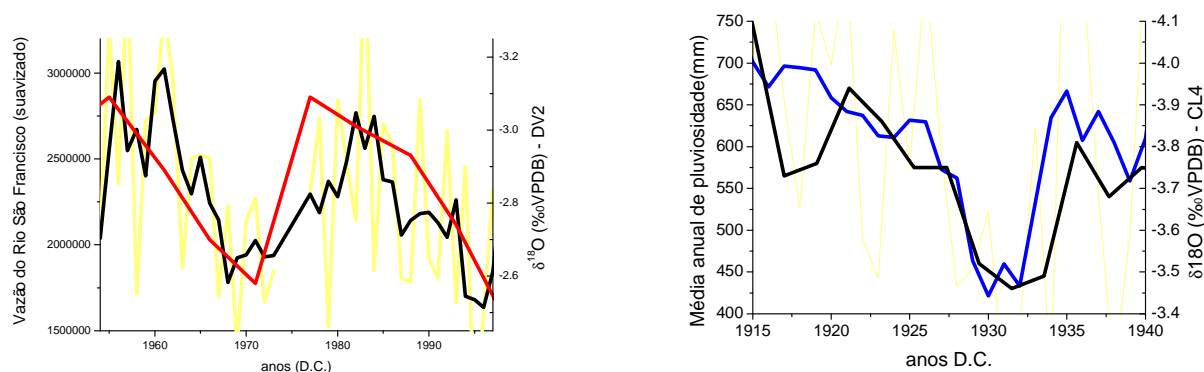
A partir do registro de alta resolução de  $\delta^{18}\text{O}$  de espeleotemas da parte central do Nordeste brasileiro foi reconstruída a paleoprecipitação dos últimos 3 mil anos. E com isso, estudado o comportamento do Sistema Monção Sul Americana (SMSA) na região que está diretamente relacionada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e eventos de El Niño e La Niña. A série isotópica mostrou uma condição árida durante a Pequena Era do Gelo devido as condições de El Niño, uma condição de transição de árido para úmido durante o Aquecimento Medieval, e um evento extremamente úmido em torno de 2700 anos antes do presente, período relacionado a uma menor atividade solar e queda de temperatura no Hemisfério Norte.

### 1. INTRODUÇÃO

O presente projeto tem como objetivo discutir a paleoclimatologia dos últimos milênios do Holoceno e seus eventos climáticos mais relevantes como a Pequena Era do Gelo (*LIA - Little Ice Age*), Aquecimento medieval (*MCA – Medieval Climate Anomaly*) e o evento que ocorreu em 2700 anos A.P. e fenômenos climáticos como: El Niño-Oscilação Sul (*ENSO- El Niño Southern Oscillation*), Oscilação do Atlântico Norte (*NAO – North Atlantic Oscillation*) e Oscilação Decadal do Pacífico (*PDO – Pacific Decadal Oscillation*), através de registros de  $\delta^{18}\text{O}$  de espeleotemas do estado da Bahia. Assim, contribuir para o melhor entendimento das variações paleoclimáticas associadas com mudanças no posicionamento da zona de convergência intertropical (ZCIT) e da zona de alta pressão subtropical (ZAPS), visto que esses sistemas meteorológicos influenciam diretamente a climatologia moderna da parte central do nordeste brasileiro.

## 2. CALIBRAÇÃO

Modelos experimentais mostram que o  $\delta^{18}\text{O}$  da precipitação é controlado por “amount affect” em áreas onde a precipitação é determinada pela atividade da Monção Sul Americana, como o sul da Bahia (Vuille et al., 2003), de forma que valores mais negativos(positivos) de  $\delta^{18}\text{O}$  estão associados a maior(menor) precipitação. Os dados de  $\delta^{18}\text{O}$  obtidos nas estalagmites representam o sinal preservado da pluviosidade no momento da formação do cristal, já que o gotejamento da caverna apresenta assinatura isotópica equivalente a da chuva (Fairchild et al., 2006). Isso pode ser observado nos gráficos de calibração abaixo realizados para as amostras DV2 (a esquerda) e CL4 (direita).



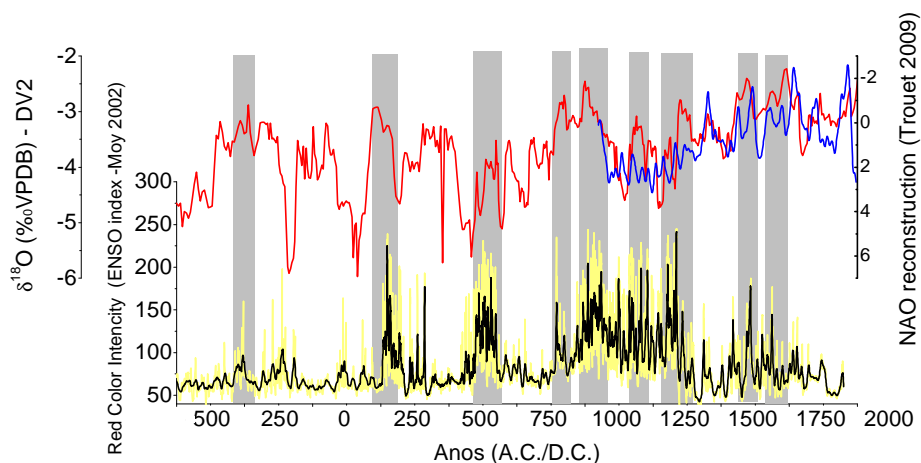
**Figura 1:** Gráficos de calibração, a esquerda, está a comparação entre o registro de  $\delta^{18}\text{O}$  da amostra DV2 com dados de vazão do Rio São Francisco e a direita está a comparação do registro da amostra CL4 com os dados de pluviosidade da estação meteorológica de Iaçú (os dados de pluviosidade de vazão foram obtidos no site da agência nacional de águas - [www.ana.gov](http://www.ana.gov)).

## 3. DISCUSSÃO

A Monção Sul Americana (MSA) é influenciada diretamente pela posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Garcia et al., 2009) e tem sua atuação alterada no nordeste brasileiro em períodos de El Niño e La Niña (Kayano et al., 2007). A atuação desse sistema climático é determinado pelas Oscilações Multidecais do Atlântico (AMO - *Atlantic Multidecadal Oscillation*) (Knight et al., 2006), Oscilações Decadais do Pacífico (PDO - *Pacific Decadal Oscillation*) (Kayano et al. 2007) e influencias atmosféricas como as Oscilações do Atlântico Norte (NAO - *North Atlantic Oscillation*) (Kayano et al. 2004).

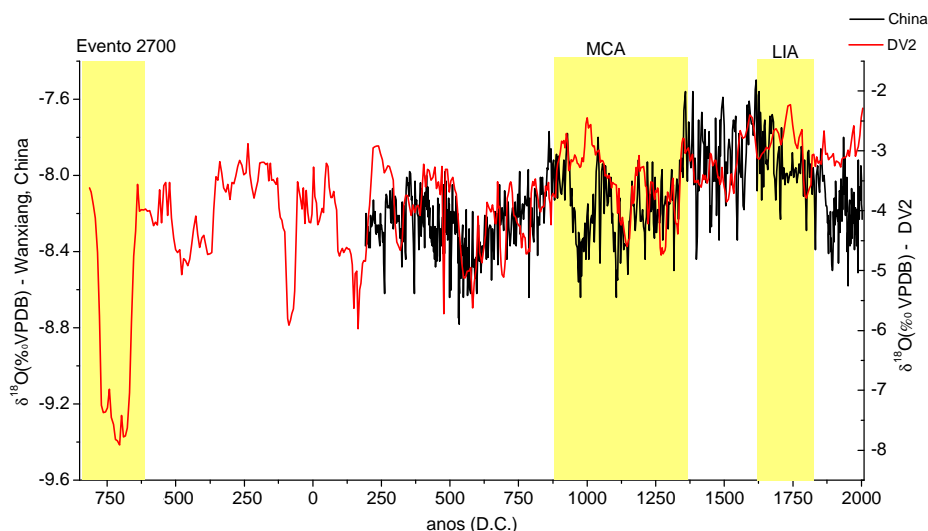
As altas pressões em Azores em fases positivas de NAO refletem um aumento de intensidade nos ventos de nordeste do Hemisfério Norte (HN), fato que corrobora para o posicionamento mais à sul da ZCIT (Timmermann et al., 2007), o que aumenta a pluviosidade na região Nordeste devido ao aumento das monções. Essa relação é bem estabelecida na comparação da DV2 com a curva de reconstrução de NAO (Trouet et al., 2009)(Fig. 2). Esse

acoplamento entre os dois registros é quebrado por influencia das variações do oceano Pacífico que em anos de El Niño desloca uma alta pressão para a região Nordeste bloqueando a entrada de umidade (Grimm et al., 2009), como pode ser visto no **Figura 2**, onde períodos de condições tipo El Niño registrados pelo aumento da intensidade de coloração do sedimento da Laguna Pallcacocha no Equador (Moy et al., 2002) provocam picos periódicos de seca, mesmo com a ZCIT mais ao sul.



**Figura 2:** Comparação entre o registro de  $\delta^{18}\text{O}$  da amostra DV2 (vermelho) com o índice de Oscilações do Atlântico Norte (azul) e índice de ENSO (preto).

Eventos positivos de NAO podem levar anomalias da temperatura troposférica para Eurásia, provocando um aumento das chuvas devido às monções asiáticas na região, já positivos valores de AMO podem levar anomalias positivas de temperatura troposféricas que associadas a esfriamento do pacífico contribui para condições tipo La Niña, aumentando as monções regionais asiáticas devido à circulação Hadley (Goswami et al., 2006). Tais argumentos são concordantes com a comparação entre o registro de espeleotema de Wanxiang Cave na China e a DV2 (**Fig. 3**). Nesse gráfico também pode-se observar que o evento mais proeminente na DV2 ocorre por volta de 750 anos A.C., período que é marcado por um mínimo solar possivelmente associado a um ciclo solar de 2300-2400 anos (Raspopov et al., 2000).



**Figura 3:** Comparação entre o registro de  $\delta^{18}\text{O}$  da amostra DV2 (vermelho) com o  $\delta^{18}\text{O}$  da estalagmite da caverna de Wanxiang na China (preto).

## REFERÊNCIAS

- Fairchild, I. J.; Smith, C. L.; Baker, A.; Fuller, L.; Sotl, C.; Matthey, D.; McDermott, F.; E.I.M.F., 2006, Modification and preservation of environmental signals in speleothems, *Earth-Science Reviews*, v. 75, 105-153, doi:10.1016/j.earscirev.2005.08.003.
- Garcia, S. R.; Kayano M. T., 2009, Some evidence on the relationship between the South American monsoon and the Atlantic ITCZ: *Theor. Appl. Climatol*, 99:29–38, doi 10.1007/s00704-009-0107-z.
- Grimm, A. M.; Tedeschi, R. G., 2009, ENSO and Extreme Rainfall Events in South America: *Journal of Climate*, v. 22, p. 1589-1609, doi: 10.1175/2008JCLI2429.1.
- Grossmann, I.; Klotzbach, P. J., 2009, A review of North Atlantic modes of natural variability and their driving mechanisms: *Journal of Geophysical Research*, v. 114, D24107, doi:10.1029/2009JD012728.
- Kayano, M. T.; Andreoli, R. V., 2004, Decadal variability of northeast Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies: *Journal of Geophysical Research*, v. 109, doi:10.1029/2004JC002429.
- Kayano, M. T.; Andreoli, R. V., 2007, Relation of South American Summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation: *International Journal of Climatology*, 27:531-540.

- Knight, J. R.; Folland, C. K.; Scaife A. A., 2006, Climate impacts of the Atlantic Multidecadal Oscillation: Geophysical Research Letters, v. 33, L17706, doi:10.1029/2006GL026242.
- McGregor, S.; Timmermann, A.; Timm, O., 2010, A unified proxy for ENSO and PDO variability since 1650? *Climate of the Past*, v.2, p. 1-17.
- Moy, C. M., Seltzer, G. O., Robdell, D. T., Anderson, D. M., 2002, Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch: *Nature*, v.420, p.162-165, doi: 10.1038/nature01194.
- Raspopov, O. M.; Shumilov, O. I.; Dergachev, V. A.; Geel, B. van; Möner N. –A.; Plincht J. van der; Ressen H., 2000, Abrupt Climate Change Aroud 2100-2800 Years BP as an Example of Existence of 2400 Years Periodicity in Solar Activity and Solar Variability: Proc. 1<sup>st</sup> Solar & Space Weather Euroconference, “The Solar Cycle and Terrestrial Climate”, 25-29 (ESA SP-403).
- Timmermann, A.; Okumura, Y.; An, S.-I.; Clement, A.; Dong, B.; Guilyardi E.; Hu, A.; Jungclaus, J. H.; Renold, M.; Stocker, T. F.; Stouffer R. J.; Sutton R.; Xie, S. –P.; Yin J., 2007, The Influence of a Weakening of the Atlantic Meridional Overturning Circulation on ENSO. *America Meteorological Society*, DOI: 10.1175/JCLI4283.1.
- Trouet, V., Esper, J., Graham, N. E., Baker, A., Scourse, J. D., Frank D. C., 2009, Persistent Positive North Atlantic Oscillation Mode Dominated the Medieval Climate Anomaly: *Science*, v. 324, p.78-80, doi: 10.1126/science.1166349.
- Vuille, M., Bradley, R. S., Werner, M., Healy, R., Keimig, F., 2003, Modeling  $\delta^{18}\text{O}$  in precipitation over the tropical Americas: 1. Interannual variability and climatic controls: *Journal Geophysical Research*, v. 108, D6, 4174, doi:10.1029/2001JD002038.