

Variação regional da precipitação na Bahia desde o último máximo glacial a partir da análise isotópica de espeleotemas

Cassio Tomiatti Cruz (1), Francisco William da Cruz Junior (1) & Nathalia Stadler (1)

(1) Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo

Resumo

O território brasileiro representa uma boa oportunidade para o avanço de estudos de paleoclimatologia, devido a uma boa distribuição de terrenos cársticos. A análise de isótopos de oxigênio presentes em espeleotemas serve como base para entender o comportamento do clima no passado, e ajuda a revelar o impacto do movimento de diferentes fenômenos climáticos, como o Sistema de Monções da América do Sul (SMAS), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Esses fenômenos são influenciados por eventos milenares, caracterizados por mudanças bruscas do clima. Sabendo disso, foram retiradas amostras da caverna Abelhão, no sudeste da Bahia, as quais foram datadas pelo método $^{230}\text{U}/^{234}\text{Th}$ e analisadas por espectrometria de massa, revelando idades do Holoceno (há aproximadamente 11,7 mil anos) e variações isotópicas de $\delta^{18}\text{O}$ (isótopo de oxigênio) e de $\delta^{13}\text{C}$ (isótopo de carbono) que se relacionam com a atividade dos eventos milenares, indicando oscilações de umidade. Esses resultados foram então comparados com dados de outras cavernas da região, além de outra na Chapada Diamantina, o que possibilita a obtenção de um melhor panorama da variação paleoclimática na Bahia, desde o último máximo glacial até os dias de hoje.

Abstract

The Brazilian territory represents a great opportunity for advancing paleoclimatology studies due to the widespread distribution of karst terrains. The analysis of oxygen isotopes in speleothems serves as a basis for understanding past climate behavior and helps reveal the impact of the movement of different climatic phenomena, such as the South American Monsoon System (SAMS), the South Atlantic Convergence Zone (SACZ), and the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). These phenomena are influenced by millennial-scale events, characterized by abrupt climate changes. With this in mind, samples were collected from the Abelhão cave in southeastern Bahia, which were dated using the $^{230}\text{U}/^{234}\text{Th}$ method and analyzed by mass spectrometry. The results revealed Holocene ages (approximately 11,700 years ago) and isotopic variations in $\delta^{18}\text{O}$ (oxygen isotope) and $\delta^{13}\text{C}$ (carbon isotope) related to millennial-scale events, indicating fluctuations in humidity. These results were then compared with data from other caves in the region, as well as one in the Chapada Diamantina, providing a better overview of paleoclimatic variations in Bahia, from the last glacial maximum to the present day.

1. Introdução

Os espeleotemas fornecem informações valiosas sobre o clima do passado da Terra por meio da análise isotópica. Sua formação abrange diversos processos de escalas diferentes, desde a fotossíntese realizada por vegetação (no caso das análises de $\delta^{13}\text{C}$), até os movimentos de massas de ar que controlam as condições climáticas em nível local (no caso das análises de $\delta^{18}\text{O}$). Sabendo disso, foram amostras estalagmites da caverna Abelhão, localizada no sudeste da Bahia. Essas amostras geraram resultados que então foram tratados, e analisados em conjunto com dados antigos de outros projetos, relacionando todas essas diferentes escalas de fenômenos naturais para melhor retratar o passado climático da região.

Neste trabalho, investigamos os processos formadores dos ambientes cársticos, o funcionamento do Sistema de Monção da América do Sul (SMAS) e sua relação com a atividade das convecções da Zona de

Convergência Intertropical (ZCIT) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) na região sudeste da Bahia. Para tal, por meio análises de um espectrômetro de massa do tipo Magnetic Sector Multicolector - Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (MC-ICPMS) foram obtidas as datações das amostras, e com um espectrômetro de massa de razão isotópica Thermo-Finnigan Delta Plus Advantage foram realizadas as análises de razões isotópicas de carbono e oxigênio. Trabalhos anteriores discutiram e analisaram a interação dos processos do SMAS com o retrato isotópico da região centro/norte do Brasil (Barreto, 2016; Strikis, 2015; Novello et al., 2017; Cruz et al., 2005) e, além de comparados e agregados com os dados novos, também foram relacionados com os eventos milenares conhecidos como Younger Dryas (YD), Bolling-Allerød (B-A) e Heinrich Stadial (HS) (Strikis, 2015).

2. Materiais e Métodos

As análises geocronológicas dos espeleotemas iniciam com a amostragem de carbonato utilizando uma microretífica. Em seguida, as

amostras são preparadas e analisadas seguindo os padrões definidos por Shen et al. (2002). As análises geocronológicas são conduzidas

pelo método $^{230}\text{U}/^{234}\text{Th}$ utilizando um espectrômetro de massa do tipo Magnetic Sector Multicolector - Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (MC-ICPMS). Essas análises são realizadas nos laboratórios de geocronologia da Universidade de Minnesota, nos Estados Unidos, e da Universidade Xi'an Jiaotong, na China, com a colaboração dos professores Larry Edwards e Hai Cheng.

Para a análise de isótopos, são amostrados aproximadamente 100 μg de calcita ao longo do eixo de crescimento das estalagmites. Essa amostragem é realizada usando um microamostrador modelo 5400 da Sherline ou um microamostrador de alta precisão, modelo MicroMill NW-100056 da New Wave Research. A escolha do equipamento parte da resolução temporal desejada para cada amostragem: o modelo 5400 permite uma resolução de até 0,4 mm, enquanto o modelo MicroMill alcança uma resolução de até 0,125 mm entre as amostras. 10 Com o carbonato extraído, ele é então preparado usando um sistema automatizado Thermo-Finnigan Gas Bench II, conectado a um espectrômetro de massa de razão isotópica Thermo-Finnigan Delta Plus Advantage no

Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Pesquisas Geocronológicas (LES-CPGEO) do IGc-USP. O espectrômetro de massa realiza a análise do CO_2 , gerado pela reação de hidrólise ácida do CaCO_3 com H_3PO_4 , possibilitando a medição das razões isotópicas.

Após a obtenção dos dados isotópicos, com o auxílio do Software R junto com o algoritmo de modelagem de idade de espeleotemas StalAge (Scholz & Hoffmann, 2011), serão obtidos os modelos geocronológicos para cada uma das estalagmites. Em sequência, também serão realizadas análises de séries temporais, como REDFIT e análise de ondaletas. Na análise de REDFIT (Schulz & Mudelsee, 2002) é possível verificar a frequência de determinados eventos ao longo do registro isotópico, e, com a análise de ondaletas, verificamos quando e com qual intensidade eles ocorrem no registro paleoclimático. Vale mencionar que, além dos obtidos para esse trabalho, dados de outros trabalhos (Barreto, 2016) e dados não publicados fornecidos pelo orientador, foram utilizados e passaram ou passarão pelo mesmo tratamento, com o intuito de serem comparados e agregados com os novos resultados.

3. Resultados

Utilizando o programa de confecção de gráficos Origin, foram gerados dois gráficos utilizando os resultados de isótopos de oxigênio e carbono obtidos da caverna Abelhão (ABE), além de resultados não publicados de espeleotemas de outras quatro cavernas e grutas do sudeste da Bahia,

sendo elas a gruta do Deusdete (DEUS), a gruta São Gotardo (SG) e a caverna Nascente da Gruna (NGR), além de uma na região da Chapada Diamantina, chamada de caverna da Paixão (PX).

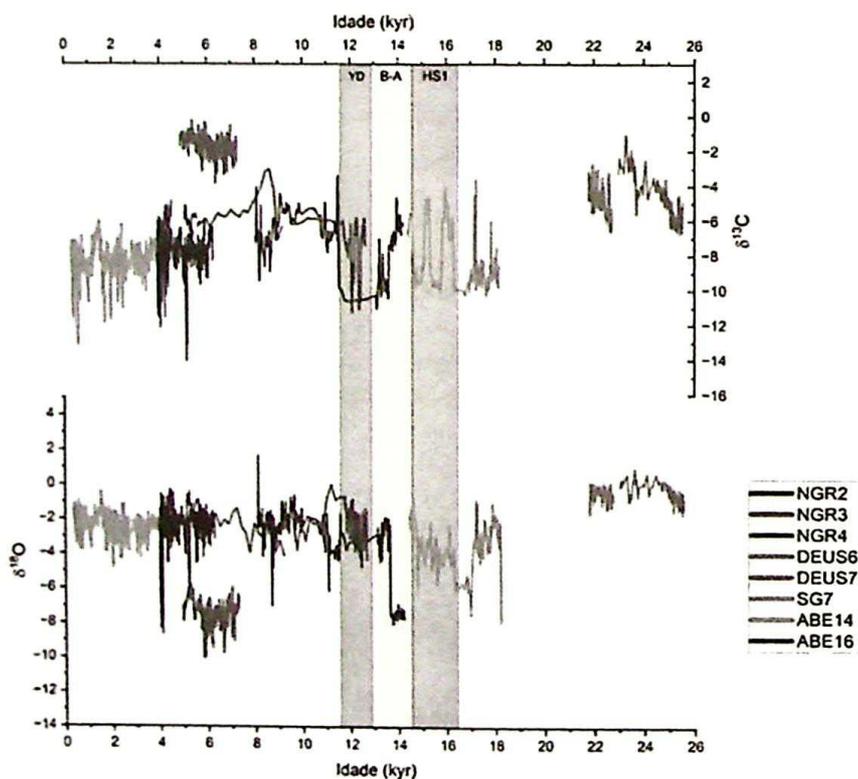


Figura 1: Gráfico de razão isotópica de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) por idade (mil anos) de amostragens de espeleotemas do sudeste da Bahia. Estão incluídos também os eventos milenarios Younger Dryas (YD), Bølling-Allerød (B-A) e Heinrich Stadial (HS).

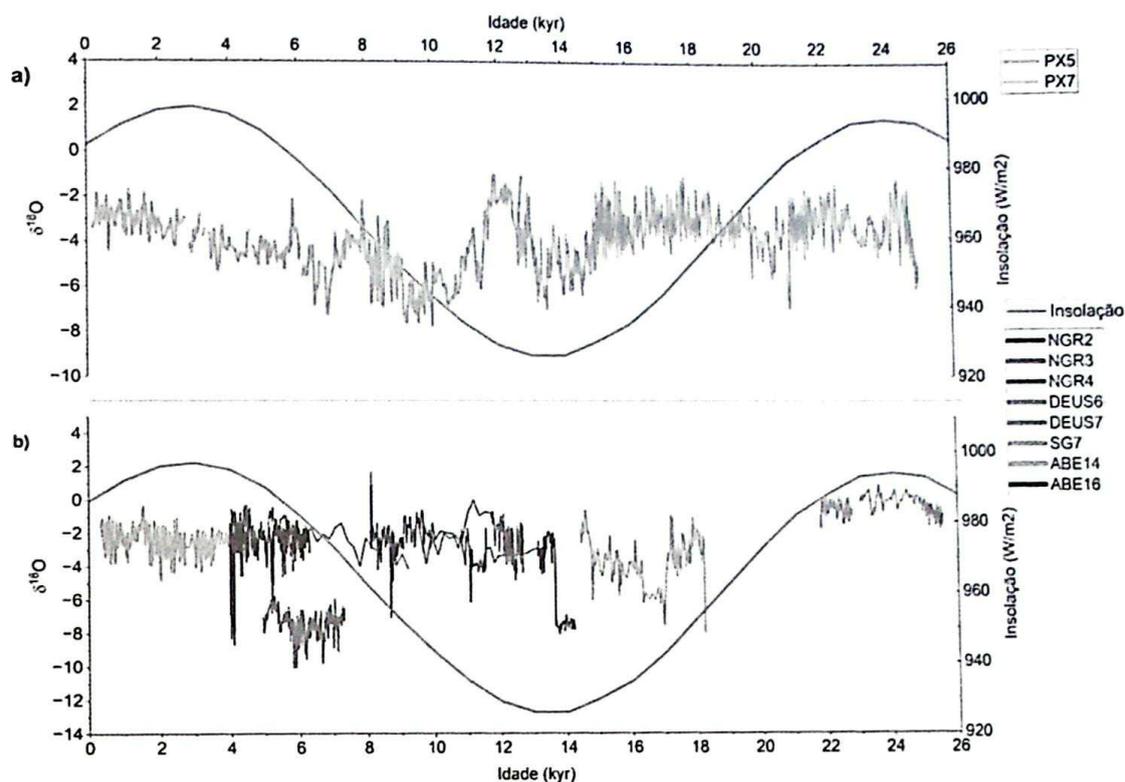


Figura 2: a) Gráfico de razão isotópica de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) por idade (kyr) x insolação (W/m^2) por idade (kyr) de amostragens de espeleotemas da Chapada Diamantina (Barreto, 2016); b) Gráfico de razão isotópica de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) por idade (kyr) x insolação (W/m^2) por idade (kyr) de amostragens de espeleotemas do sudeste da Bahia.

4. Discussão

O primeiro gráfico (Fig. 1) revela que os resultados de isótopos de oxigênio e carbono seguem, no geral, um padrão desde o último máximo glacial (~25 mil anos), com exceção de um espeleotema da caverna Nascente da Gruna, o qual apresentou valores de $\delta^{13}\text{C}$ mais elevados e $\delta^{18}\text{O}$ mais reduzidos, o que naturalmente se deve a fatores próprios e locais dessa caverna que a deixaram mais úmida nesse intervalo de tempo. Além disso, os dados foram inseridos nos intervalos dos eventos milenares YD, B-A e HS1, revelando inicialmente uma oscilação considerável no HS1, com uma redução dos valores de $\delta^{18}\text{O}$, um período mais seco no B-A, evidenciado por um aumento nos valores de $\delta^{18}\text{O}$ e uma redução nos valores de $\delta^{13}\text{C}$, e por fim outra oscilação no YD. É importante deixar claro que, visto que os dados obtidos da caverna Abelhão para esse trabalho foram datados para uma época mais recente que estes eventos e permitem observar que, apesar da leve tendência de clima relativamente mais seco durante o Holoceno, seus valores não

apresentam grandes variações isotópicas para esse período.

Comparando os resultados da região da Chapada Diamantina com os do sudeste da Bahia (Fig. 2), podemos notar uma tendência de seca mais a norte no estado, demonstrada por um crescimento constante dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ a partir do Holoceno (11,7 mil anos), o que indica menor umidade, enquanto ao sudeste, há uma relativa estabilização no valor isotópico.

Além disso, utilizando dados de insolação da região e comparando-os com os resultados, novamente temos duas interpretações distintas para cada região. Os dados isotópicos da caverna Paixão parecem ter uma relação com o comportamento da curva de insolação, principalmente no Holoceno, sendo que ao sudeste nota-se o oposto; com exceção dos dados mais antigos da Gruta do Deusdete, não aparenta haver uma correlação com o efeito da insolação.

5. Conclusão

A partir desses resultados preliminares pode-se obter um melhor entendimento em relação ao efeito que diferentes fenômenos climáticos possuem na oscilação paleoclimática desde o último máximo glacial no nordeste brasileiro, mostrando correlações com dados adicionais além

do comportamento da insolação, e estabelecendo possíveis conexões com os eventos milenares discutidos no trabalho. Futuras análises e uma discussão mais profunda devem detalhar ou esclarecer essas interpretações.

Agradecimentos

Presto meus agradecimentos primeiramente ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco William da Cruz Junior e minha coorientadora Nathalia Stadler, os quais serviram grande apoio e compreensão. Também sou

grato aos meus familiares e amigos que estiveram me apoiando ao longo do meu curso e deste trabalho. Além disso, estendo meus agradecimentos a toda a organização desse congresso.

Referências

Barreto, E.A.D.S., 2016, Reconstituição da paleoprecipitação no sul do Nordeste Brasileiro durante os dois últimos ciclos glaciais a partir da aplicação de registros isotópicos de oxigênio de estalagmites da Chapada Diamantina, Bahia. [Doutorado em Geoquímica dos Processos Exógenos]: Universidade de São Paulo, 128 p., doi:10.11606/T.44.2016.tde-17062016-094820.

Cruz, F.W., Karmann, I., Viana, O., Burns, S.J., Ferrari, J.A., Vuille, M., Sial, A.N., and Moreira, M.Z., 2005, Stable isotope study of cave percolation waters in subtropical Brazil: Implications for paleoclimate inferences from speleothems: *Chemical Geology*, v. 220, p. 245-262, doi:10.1016/j.chemgeo.2005.04.001.

Novello, V.F. et al., 2017, A high-resolution history of the South American Monsoon from Last Glacial Maximum to the Holocene: *Scientific Reports*, v. 7, p. 44267, doi:10.1038/srep44267.

Shen, C.-C., Lawrence Edwards, R., Cheng, H., Dorale, J.A., Thomas, R.B., Bradley Moran, S., Weinstein, S.E., and Edmonds, H.N., 2002, Uranium and thorium isotopic and concentration measurements by magnetic sector inductively coupled plasma mass spectrometry: *Chemical Geology*, v. 185, p. 165-178, doi:10.1016/S0009-2541(01)00404-1.

Strikis, N.M., 2015, Atividade do Sistema de Monção Sul-americana na porção central do Brasil durante o último período glacial a partir da aplicação de isótopos de oxigênio em espeleotemas [Doutorado em Geoquímica dos Processos Exógenos]: Universidade de São Paulo, 265 p., doi:10.11606/T.44.2015.tde-27082015-095244.