



17º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA
GEOTECNOLOGIAS E SUSTENTABILIDADE:
A GEOLOGIA NA AMAZÔNIA ATUAL
23 a 25 de outubro de 2023 – Santarém-Pará
SBG-NO – DEGEO/UFOPA – CPRM/Pará



NÚCLEO
NORTE

GEOCRONOLOGIA U-Pb EM ZIRCÃO COMO FERRAMENTA DE INVESTIGAÇÃO DE PROVENIÊNCIA SEDIMENTAR

Candido A V Moura¹; Luisa Cardoso Marinho²; Camila Vilar de Oliveira²; Afonso C R Nogueira¹; João Marinho Milhomem Neto¹; Clauber R F Assis²

¹ Universidade Federal do Pará - UFPA; ² Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica - UFPA

candido@ufpa.br; lcmgeologia@gmail.com; kmilaviol@hotmail.com; anogueira@ufpa.br; milhomem@ufpa.br; clauber.r.assis@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho apresentamos dois exemplos de datação de grãos detríticos de zircão na investigação de proveniência sedimentar, destacando os estudos realizados em quartzitos da Faixa Araguaia e arenitos da sucessão mesodevoniana-eocarbonífera da Bacia do Parnaíba. No primeiro caso, a predominância de idades do Mezoproterozoico sugere que as áreas fontes dos sedimentos da bacia precursora do orógeno Araguaia situavam-se a leste. Curiosamente, a contribuição do Cráton Amazônico pode ser mínima apesar do cinturão bordejar este cráton. No segundo exemplo, a datação de zircão detrítico foi aplicada conjuntamente com o estudo detalhado das associações de fácies da sucessão mesodevoniana-eocarbonífera da Bacia do Parnaíba, interpretadas como indicativas de ambiente com influência glacial. Com isso, foi possível relacionar as áreas fontes dos depósitos glaciais ao retrabalhamento das rochas de cinturões orogênicos que circundavam esta bacia, como por exemplo, o cinturão oeste do Congo-Araçuaí e áreas adjacentes, transportados por uma pequena calota de gelo.

Palavras-chave: U-Pb em zircão; Proveniência Sedimentar; Faixa Araguaia; Bacia do Parnaíba

1. INTRODUÇÃO

A datação de grãos detríticos de zircão pelo método U-Pb é uma ferramenta fundamental no estudo de proveniência sedimentar, pois permite identificar com maior exatidão as possíveis áreas fontes dos sedimentos. Quando utilizada conjuntamente com estudos faciológicos detalhados de sucessões sedimentares, o potencial dessa ferramenta aumenta sensivelmente permitindo a reconstrução paleogeográfica mais confiável das áreas de suprimento da bacia sedimentar. A datação de grãos detríticos de zircão tem sido aplicada no Laboratório de Geologia Isotópica (Laboratório Pará-Iso) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG-UFPA) para investigar a proveniência de rochas metassedimentares pré-cambrianas e de sucessões sedimentares fanerozoicas. Inicialmente, esses estudos foram realizados utilizando a técnica de evaporação de Pb em monocristais de zircão (Moura *et al.* 2008). Atualmente, essas análises são efetuadas com um espectrômetro de massa com fonte de plasma (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer-ICPMS*) conectada a uma microsonda de ablação a laser (*Laser Ablation Microprobe-LAM*). Esse procedimento analítico possibilita a análise *in situ* de zircão permitindo selecionar os melhores locais do cristal para determinar a sua idade, evitando porções metamíticas, fraturas ou inclusões. Paralelamente, possibilita a datação de um número significativo de zircão, em um período bem reduzido. Neste trabalho apresentamos dois exemplos da aplicação dessa



17º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA
GEOTECNOLOGIAS E SUSTENTABILIDADE:
A GEOLOGIA NA AMAZÔNIA ATUAL
23 a 25 de outubro de 2023 – Santarém-Pará
SBG-NO – DEGEO/UFOPA – CPRM/Pará



NÚCLEO
NORTE

ferramenta realizada em quartzitos da Faixa Araguaia e na sucessão mesodevoniana-eocarbonífera da Bacia do Parnaíba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Na Faixa Araguaia a amostragem foi realizada em quartzitos da Formação Morro do Campo que, em geral, se apresentavam friáveis. Na Bacia do Parnaíba foram amostrados arenitos representativos dos ambientes pré-glacial, glacial e pós-glacial. As amostras foram desagregadas, peneiradas em frações inferiores a 0,25 mm, que foram bateadas e tiveram os minerais magnéticos separados. A concentração dos grãos de zircão foi obtida com o microbateamento com álcool (96%). Os grãos de zircão foram coletados aleatoriamente e fixados em fita dupla face, para posterior confecção das pastilhas com resina epóxi. Imagens dos grãos de zircão foram realizadas com o Microscópio Eletrônico de Varredura Zeiss modelo SigmaVP, do Laboratório de Microanálises do IG/UFPA. A análise U-Pb *in situ* dos grãos de zircão foram realizadas no Laboratório Pará-Iso (IG/UFPA), utilizando o ICP-MS com multicoletores, modelo Neptune da marca Thermo Finnigan, conectado à LAM modelo LSX 213 fabricado pela Cetac. Foram analisados entre 100 e 150 grãos de zircão de cada amostra para a definição das diferentes populações de idade. Os parâmetros utilizados no laser para análise *in situ* foram: fluxo de gás hélio: 430-450 mL/min; diâmetro do feixe de laser de 25 μm (*spot size*); frequência de 10 Hz e potência de 50-55%. O procedimento analítico envolve leituras de brancos (*background*), e de material de referência (GJ-1) para as devidas correções dos dados, e do zircão Blue Berry para verificação da reprodutibilidade do método. Os dados analíticos brutos foram processados em planilhas Excel, com correção de chumbo comum segundo Stacey & Kramers (1975). No cálculo das idades U-Pb foi usado o programa Isoplot/Ex (Ludwig 2003). O tratamento estatísticos dos dados foi realizado nos grãos de zircão com até $\pm 10\%$ de concordância. O programa IsoplotR, Vermeesch, 2018, gerou os histogramas de Estimativa de Densidade Central (*Kernel Density Estimates – KDE*).

3. RESULTADOS

3.1 Faixa Araguaia

A Faixa Araguaia é uma unidade geotectônica que bordeja a porção leste Cráton Amazônico, e sua formação é relacionada à amalgamação do Gondwana Ocidental, durante o ciclo orogênico Brasileiro/Pan-Africano. Esta orogênese originou o seguimento crustal denominado de Província Tocantins (Almeida *et al.*, 1981), formado pelas faixas Araguaia, Paraguai e Brasília, o Arco Magmático de Goiás e o Maciço de Goiás (Pimentel *et al.*, 2000). Os quartzitos estudados da Faixa Araguaia pertencem à Formação Morro do Campo que, no segmento norte desse cinturão, desenha as estruturas dômicas em cujo núcleos afloram ortognaisses arqueanos e paleoproterozoicos do embasamento (Moura e Gaudette, 1999; Dias *et al.*, 2017; Assis *et al.*, 2021). Foram analisadas quatro amostras dos quartzitos coletadas nas estruturas dômicas de Xambioá, Grota Rica, Cantão e Colméia (de norte para sul), abrangendo uma distância de quase 300 km.

No quartzito da estrutura de Xambioá foram identificadas uma população de idade estateriana/orosiriana (62%) e três populações secundárias de idades sideriana/neoarqueana



17º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA

GEOTECNOLOGIAS E SUSTENTABILIDADE:

A GEOLOGIA NA AMAZÔNIA ATUAL

23 a 25 de outubro de 2023 – Santarém-Pará

SBG-NO – DEGEO/UFOPA – CPRM/Pará



NÚCLEO
NORTE

(21%), calimiana (12%) e riaciana/sideriana (5%). A função KDE define dois picos com tendência central situados em 1700 Ma (principal) e 2600 Ma (secundário). No quartzito da estrutura de Grota Rica foram identificadas uma população de idade estateriana/orosiriana (42%) e três populações secundárias do Neo-Mesoarqueano (25%), Ectasiano/Calimiano (24%) e Orosiriano/Riaciano (9%). A função KDE sugere a presença de quatro populações de idades distintas, com destaque para um pico principal com tendência central próximo de 1700 – 1800 Ma, e um secundário com idade 2700 – 2800 Ma. No quartzito da estrutura de Cantão uma população de idade ectasiana/calimiana (54%) e três populações secundárias de idade estateriana/orosiriana (29%), esteniana/ectasiana (11%) e toniana (5%) estão presentes. Todavia, a função KDE define uma curva unimodal com tendência central em 1500 Ma. Na estrutura de Colmeia uma população de idades toniana/esteniana/ectasiana destaca-se fortemente (81%), com claro predomínio de grãos de idade esteniana. Duas populações bem menos expressivas, mesoarqueana (10%) e orosiriana/riaciana (9%), estão presentes. Também foram identificados grãos detríticos de zircão com idade criogeniana e toniana (790 e 894 Ma). A função KDE define uma curva principal com tendência central em 1100 – 1200 Ma, e picos bem menos expressivos próximos a 1900 e 2900 Ma.

3.2 Bacia do Parnaíba

A sucessão mesodevoniana-eocarbonífera da Bacia do Parnaíba (Grupo Canindé) compreende as formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti. O sistema petrolífero principal inclui as formações Pimenteiras, Cabeças e Longá (Góes e Feijó, 1994), onde quatro associações de fácies podem ser reconhecidas: a) folhelhos ricos em matéria orgânica e arenitos com estratificação cruzada *hummocky*; b) arenitos com estratificação cruzada sigmodal e plano-paralela e pelitos subordinados; c) diamictitos conglomeráticos foliados e arenitos com estratificação plano-paralela e camadas com marcas de sola; d) folhelhos ricos em matéria orgânica e arenitos grossos a conglomeráticos com estratificação cruzada *hummocky* e *mega-ripples*. Essas associações de fácies são interpretadas como indicativas de ambiente plataformais a costeiro com influência glacial relacionadas com a glaciação Fameniana-Tournasiana da LPIA (*Late Paleozoic Ice Age*; Algeo e Scheckler, 1998). Na Bacia do Parnaíba foram coletadas 8 amostras, sendo 3 na porção leste e 5 na oeste.

Os arenitos costeiros influenciados por ambiente glacial estão situados entre depósitos plataformais rasos a marinhos profundos pré-glaciais e pós-glaciais. Os arenitos arcoseanos e quartzosos da sucessão pré-glacial apresentam predominância de grãos detríticos de idades toniana-cambriana (56% e 43%, respectivamente). Três amostras coletadas em diferentes níveis da frente deltaica distal têm distribuições de idade semelhantes. O agrupamento dessas amostras indica o predomínio de grãos detríticos de zircão com idade esteniana-toniana (45%). As idades dos zircões detríticos de três tilitos de alojamento coletados nos depósitos subglaciais mostram, na porção leste da bacia, grãos de idade esteniana-toniana (32%) e subordinadamente orosiriana (21%). Na porção oeste da bacia, o nível de tilito basal apresenta grãos detríticos de zircão com predomínio de idades toniana e criogeniana (32%). Em contraste, o nível de tilito sobrejacente tem o intervalo Riáciano-Orosiriano como predominante (35%) com grãos estenianos e tonianos subordinados (17%). Por sua vez, um conglomerado com arcabouço fechado representando os depósitos pós-glaciais na porção oeste, fornece idades de zircão, majoritariamente, do Estateriano-Toniano (60%). Um subarcóseo coletado na borda leste da bacia forneceu idade de zircão detrítico no intervalo Esteniano-Criogeniano (48%) e subordinadamente Orosiriano-Estateriano (24%).



4. DISCUSSÕES

As idades obtidas nos zircões detríticos nos quartzitos da Faixa Araguaia revelaram a existências de diferentes populações, embora haja uma certa semelhança nas idades de zircão detrítico dos quartzitos das estruturas de Xambioá e Grota Rica, que registram contribuições importantes de grãos de idade paleoproterozoica e, secundariamente, arqueana. Por sua vez, nos quartzitos das estruturas de Cantão e Colméia, situadas mais a sul do cinturão, predominam zircões detríticos do Mesoproterozoico, sendo a contribuição de zircão estenianos bem expressiva na estrutura de Colmeia. Os histogramas de estimativa de densidade central (KDE) mostrando distribuição unimodal (Cantão) e quase unimodal (Colméia) sugerem fontes relativamente próximas. Assim, as áreas fontes dos grãos detríticos de zircão de idade mesoproterozoica nos quartzitos das estruturas de Cantão e Colméia, devem estar relativamente próximas e situadas a leste/sudeste do Faixa Araguaia, uma vez que os terrenos do Mesoproterozoico no Cráton Amazônico estão bastante distantes. Esta hipótese havia sido indicada por Moura *et al.* (2008) com base em idades-modelo Sm-Nd das rochas metassedimentares deste cinturão, situadas em torno de 1,7 Ga, sugerindo uma idade de mistura com contribuição de terrenos mais jovens. Dessa forma, as possíveis fontes dos sedimentos para a bacia precursora do orógeno Araguaia, seriam terrenos relacionados ao Maciço de Goiás e ao Arco Magmático de Goiás, e o prolongamento destes terrenos no embasamento da Bacia do Parnaíba.

Para a sucessão mesodevoniana-eocarbonífera da Bacia do Parnaíba, as idades dos zircões detríticos permitem sugerir duas hipóteses para explicar as fontes de aportes glaciais de sedimentação: a) grande manto de gelo, justificado por correlações de amostras glaciogênicas, emanando dos terrenos das Terras Altas da Tanzânia; e b) grãos retrabalhados contidos em sistemas orogênicos (por exemplo, cinturão oeste do Congo-Araçuaí e áreas adjacentes), carregados por uma pequena calota de gelo. Ambos os modelos também sugerem importante contribuição sedimentar proximal provinda dos cinturões orogênicos Brasileiros ao redor da Bacia do Parnaíba. Todavia, as medições das estruturas glaciotectônicas e do pavimento estriado, documentado na porção leste da bacia (Caputo e Ponciano, 2010), corroboram à sugestiva vergência da direção do fluxo de gelo para N-NW. Assim, o segundo modelo seria o mais plausível para os depósitos glaciais estudados.

A significativa abundância de zircão detrítico de idade esteniana nos quartzitos situados mais a sul da Faixa Araguaia chama atenção. Esse fato sugere a proximidade de rochas formadas nesse período geológico, possivelmente na Província Tocantins e adjacências. Assim, investigar a origem desses zircões estenianos permitirá avançar no entendimento da evolução paleogeográfica do Gondwana Ocidental.

5. CONCLUSÕES

A datação de grãos detríticos de zircão em quartzitos da Faixa Araguaia sugere que as fontes dos sedimentos para a bacia precursora do orógeno Araguaia situavam-se, principalmente a leste/sudeste, tratando-se possivelmente de terrenos relacionados ao Maciço de Goiás e ao Arco Magmático de Goiás. Por sua vez, os sedimentos glaciais da sucessão mesodevoniana-eocarbonífera da Bacia do Parnaíba podem ter origem no retrabalhamento das rochas dos cinturões orogênicos que circundavam a sinéclise (por exemplo, cinturão oeste do Congo-Araçuaí e áreas adjacentes), carregados por uma pequena calota de gelo. A expressiva abundância de grãos detríticos de zircão de idade esteniana em quartzitos da porção sul da



17º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA
GEOTECNOLOGIAS E SUSTENTABILIDADE:
A GEOLOGIA NA AMAZÔNIA ATUAL
23 a 25 de outubro de 2023 – Santarém-Pará
SBG-NO – DEGEO/UFOPA – CPRM/Pará



NÚCLEO
NORTE

Faixa Araguaia sugere a proximidade de terrenos formados nesse período. O entendimento da evolução paleogeográfica do Gondwana Ocidental implica na identificação desses terrenos.

Este trabalho é uma contribuição do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência - PRONEX/FAPESPA/CNPq 062/2020, intitulado “Geoquímica Isotópica Aplicada a Estudos Ambientais, Paleoambientais, Metalogenia e Evolução Crustal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Algeo, T.J., Scheckler, S.E., 1998. Terrestrial-marine teleconnections in the Devonian: links between the evolution of land plants, weathering processes, and marine anoxic events, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **353**: 113–130
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Sci. Rev.* **17**: 1–29.
- Assis, C.R.F. Moura, C.A.V., Milhomem Neto, J.M., Gorayeb, P.S.S., Dias, A.N.C., 2021. Zircon U-Pb geochronology and Lu-Hf isotope systematics of the Araguaia Belt basement Rocks: Evidence of links with the southeastern Amazonian Craton, Brazil. *Precambrian Research* **356**: 106090
- Caputo, M.V., Ponciano, L.C.M.O., 2010. Striated Pavement of Calembre, Brejo do Piauí, State of Piauí - Record of 360 million years old continental glaciers in Northeastern Brazil In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S.; Berbert-Born, M.; Sallun Filho, W.; Queiroz, E.T.; (Eds.) *Brazilian Commission of Geological and Palaeobiological Sites*, (<http://sigep.cprm.gov.br/sitio052/sitio052.pdf>).
- Dias, A.N.C., Moura, C.A.V., Milhomem Neto, J.M., Chemale Jr., F., Girelli, T.J., Masuyama, K.M., 2017. Geochronology and thermochronology of the gneisses of the Brasiliano/Pan-African Araguaia Belt: Records of exhumation of West Gondwana and Pangea break up. *J. South Am. Earth Sci.* **80**, 174–191.
- Góes, A.M., Feijó, F.J., 1994. Parnaíba basin. *Boletim de Geociências da Petrobras.* **8**: 57-67.
- Ludwig, K.R., 2003. *Isoplot 3.0 a Geochronological Toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center Special Publications, Berkeley, p. 4.
- Moura, C.A.V., Gaudette, H.E., 1999. Zircon ages of basement orthogneisses from the northern segment of the Araguaia Belt, Brazil. In: Sinha, A.K. (Ed.), *Basement Tectonics 13*, Proceedings of the International Conferences on Basement Tectonics. Springer, Dordrecht. pp. 155–178.
- Moura, C.A.V., Pinheiro, B.L.C., Nogueira, A.C.R., Gorayeb, P.S.S., Galarza, M.A., 2008. Sedimentary provenance and paleoenvironment of the Baixo Araguaia Supergroup: constraints on the paleogeographical evolution of the Araguaia Belt and Assembly of West Gondwana. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., de Brito Neves, B.B., De Wit, M., (Eds.), *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic region*. Geological Society, London, Special Publications, v. 294, pp. 173–196.
- Pimentel, M.M., Fuck, R.A., Jost, H., Ferreira Filho, C.F., Araújo, S.M., 2000. The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Filho, A.T., Campos, D.A. (Eds.), *Tectonic evolution of South America*. SBG, Rio de Janeiro, pp. 195–229.
- Stacey, J.S., Kramers, J.D., 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth Planet. Sci. Lett.* **26**: 207–221.
- Vermeesch, P., 2018. IsoplotR: A free and open toolbox for geochronology. *Geoscience Frontiers*, **9**: 1479-1493.