

Datação de Pseudotaquilito pelo Método U-Pb em Zircão

Palavras-Chave: Datação U-Pb, Pseudotaquilito, Zircão.

Autores(as):

Stéfani Geanine Padovani, IG - DGRN - UNICAMP

Prof. Dr. Ticiano José Saraiva dos Santos (orientador), IG - DGRN - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Pseudotaquilitos são rochas geralmente escuras e vítreas muito finamente granuladas, que são formadas por atrito, resultado de falhamento tectônico. Geralmente ocorrem com cataclasitos e ultracataclasitos, que são rochas típicas de falhas. Embora sejam importantes indicadores de falhas, os pseudotaquilitos são relativamente raros em comparação com produtos de deformação mais comuns, como os cataclasitos e milonitos (Baker, 2005). No entanto, as assinaturas térmicas deixadas pelos pseudotaquilitos oferecem uma ferramenta valiosa para restringir a idade de falhas o que os tornam excelentes para reconstrução da história de movimentos sísmicos. Em função disso, ao longo dos anos foram feitas diversas tentativas, por diferentes técnicas, de datação de pseudotaquilitos, principalmente pelos métodos Ar-Ar, Rb-Sr e U-Pb (Murakami et al., 2006).

A datação de pseudotaquilitos apresenta vários desafios, como a notável heterogeneidade espacial que envolve clastos de minerais não fundidos da rocha original, minerais recém formados, vidro friccional e diversas fontes de isótopos radiogênicos. Diante disso, é crucial realizar uma avaliação cuidadosa do impacto dos clastos no registro da idade da matriz pseudotaquilítica, sendo este impacto dependente do método escolhido para a datação (Maurel et al., 2006; Di Vincenzo et al., 2004).

METODOLOGIA:

CONTEXTO GEOLÓGICO DAS ROCHAS ESTUDADAS

O propósito do projeto é investigar pseudotaquilitos em zona de falha. Como exemplo, tem-se uma zona de falha localizada nas rochas graníticas da Cunha de Guaxupé, em Minas Gerais. A área compreendida na região de Guaxupé (MG), trata-se de um ambiente limítrofe entre a Faixa Brasília e a Faixa Ribeira (Zogheib, 2016). No Neoproterozóico, duas colisões sucessivas resultaram na formação dessas faixas, inicialmente entre as porções cratônicas Paranapanema e São Francisco, formando a Faixa Brasília, resultado de uma tectônica pelicular delgada (thin-skin) com transporte de direção ENE, enquanto a segunda colisão ocorreu entre os paleocontinentes Congo, Kalahari e São Francisco, originando a Faixa Ribeira, produto de uma tectônica espessa (thick-skin) que deformou e metamorfozou toda a sequência da Faixa Brasília (Zogheib, 2016).

Segundo Zogheib (2016) a porção norte da folha Guaxupé é principalmente introduzida nos Domínios tectônicos alóctones II e III definidos por Ribeiro et al. (1990), ou seja, prevalece em um sistema de nappes frontais (Nappe Socorro-Guaxupé) que é composta por rochas arqueanas e paleoproterozóicas, intermediárias a ácidas que incluem gnaisses charnockíticos a enderbíticos, gnaisses tonalíticos, granulitos máficos, leucogranitos e supracrustais (Zogheib, 2016; Melo, 2009; Hasui et al., 2012). A porção superior da nappe é composta por rochas de alto grau que gradualmente transicionam para rochas de médio grau, migmatizadas no extremo sul, na região sul da Faixa Brasília. Apresenta um formato triangular, que ficou conhecida como Cunha de Guaxupé (Hasui et al., 2012).

MÉTODOS DE DATAÇÃO DE PSEUDOTAQUILITO

A datação de pseudotaquilitos pode ser conduzida por meio de diversos métodos. Os métodos Ar-Ar e K-Ar são amplamente utilizados, enquanto a aplicação do método U-Pb é mais restrita. Dada a heterogeneidade espacial dessas rochas, uma análise cuidadosa dos clastos e da matriz é imperativa para realizar a datação de forma precisa.

A análise LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), conduzida no Laboratório de Geologia Isotópica (LAGIS) da UNICAMP, representa de fato um método viável para a datação por U-Pb de zircões de pseudotaquilitos. Essa técnica também é feita *in situ* e apresenta alta resolução espacial, permitindo a datação de cristais com morfologia complexa. A escolha dos pontos e domínios a serem datados pode ser feita com base no estudo de imagens de catoluminescência (CL). A vantagem do LA é principalmente o curto intervalo de tempo necessário para a análise, (1 minuto por grão), assim como, a escolha do local do grão para se realizar a análise, tornando o LA mais versátil em análises *in situ*. Num período de 8 horas é possível datar cerca de 300 zircões (Silva, 2006; Neves, 2008). A combinação da técnica LA-ICP-MS com imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) ou CL permite determinar idades de diferentes domínios no interior dos grãos de zircão (Neves, 2008).

É importante ressaltar que em estudos de datação de pseudotaquilitos, a depender do método, é necessária uma significativa quantidade de grãos de zircão, sendo um fator crucial para obtenção de resultados precisos e confiáveis.

ATIVIDADE DE CAMPO

A coleta das amostras foi realizada durante a realização do campo da disciplina de Geologia Estrutural (GE603) ministrada pelo professor Ticiano José Saraiva dos Santos. O mapa de localização (Fig. 1) marca o local na BR-146, a aproximadamente 35Km de Guaxupé-MG, de onde foram coletadas as amostras. O local em consideração refere-se a um corte de estrada com orientação NE-SW na cidade de São Pedro da União. A rocha coletada é caracterizada por apresentar uma granulação média, no qual os minerais máficos e félsicos foram segregados pelo bandamento gnássico. A mineralogia observada com a lupa de mão compreende em quartzo, biotita, k-feldspato, plagioclásio, hornblenda, magnetita e titanita, o que possibilitou concluir que se trata de uma rocha ortoderivada. A denominação apropriada para essa rocha é Hornblenda-Biotita-Gnaissse Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária (NP2ovg – Recorte do mapeamento geológico 1:1.000.000) ('Geologia da Folha Itajubá SF.23-Y-B-III', 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

ANÁLISE PETROGRÁFICA

A análise petrográfica foi feita numa lâmina delgada da amostra TJGPX-1. A partir da descrição da amostra e identificação de possíveis zircões na amostra e no pseudotaquilo, fez-se um detalhamento desses grãos no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

A amostra TJGPX-1, quando observada a olho nu, exhibe granulometria notavelmente heterogênea. Enquanto a rocha encaixante é fanerítica, o pseudotaquilito é afanítico. A amostra é inequigranular. A granulometria do pseudotaquilito é formada por grãos muito pequenos ($>50 \mu\text{m}$), compostos em grande parte por minerais que foram vitrificados devido aos esforços da deformação. Por outro lado, a rocha encaixante apresenta uma granulometria que varia de >50 a $1500 \mu\text{m}$.

A textura da rocha encaixante é granoblástica podendo em alguns pontos ser classificada como granonematoblástica devido aos esforços acometidos pela rocha. Já no pseudotaquilito a textura é brechoide, o que evidencia a concentração de tensão na rocha. A rocha é composta por 25% de quartzo, 20% de K-feldspato, 20% de plagioclásios, 15% de hornblendas, 10% de biotitas, 5% de piroxênios, 4% de magnetitas, titanitas e outros minerais opacos, e 1% de zircões.

MEV - MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Durante a análise petrográfica feita na amostra TJGXP-1 (Fig. 2 a, b e c) foram identificados 6 possíveis zircões alocados no pseudotaquilito (Fig. 2d e 3), além de outros dois zircões na rocha encaixante, para serem

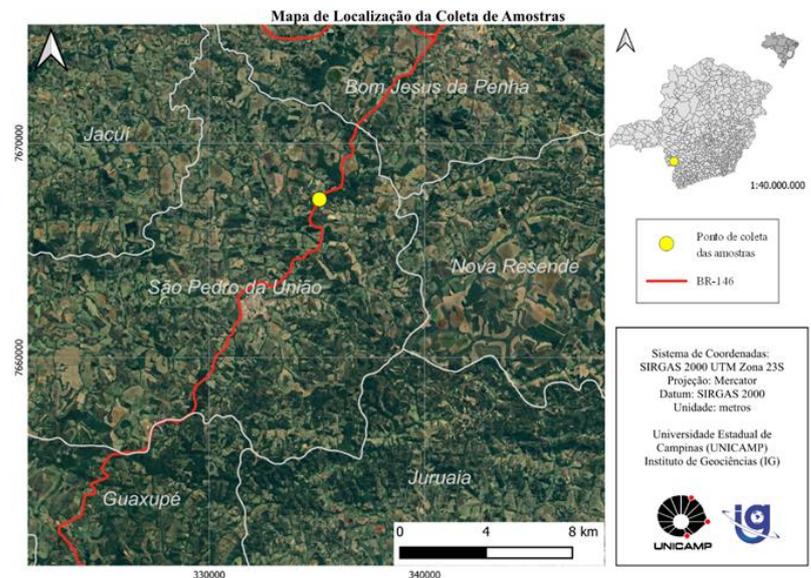


Figura 1. Mapa de Localização de coleta das amostras. Fonte: A autora.

melhores analisados na Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) a partir das imagens de catoluminescência (CL). Deste modo o MEV teve como objetivo confirmar as análises petrográficas, identificar e confirmar os zircões pré-selecionados com a petrografia, além de avaliar a possibilidade de uma datação *in situ*.

A análise em si apresentou diversas dificuldades na identificação dos zircões, e a localização daqueles observados no microscópio petrográfico, isso devido a fina granulometria do Pseudotaquilito que muitas vezes mascarou a presença dos zircões. As imagens de MEV (Fig. 2d e 3) revelam que os zircões apresentam tamanho para datação *in situ*, LA-ICP-MS.

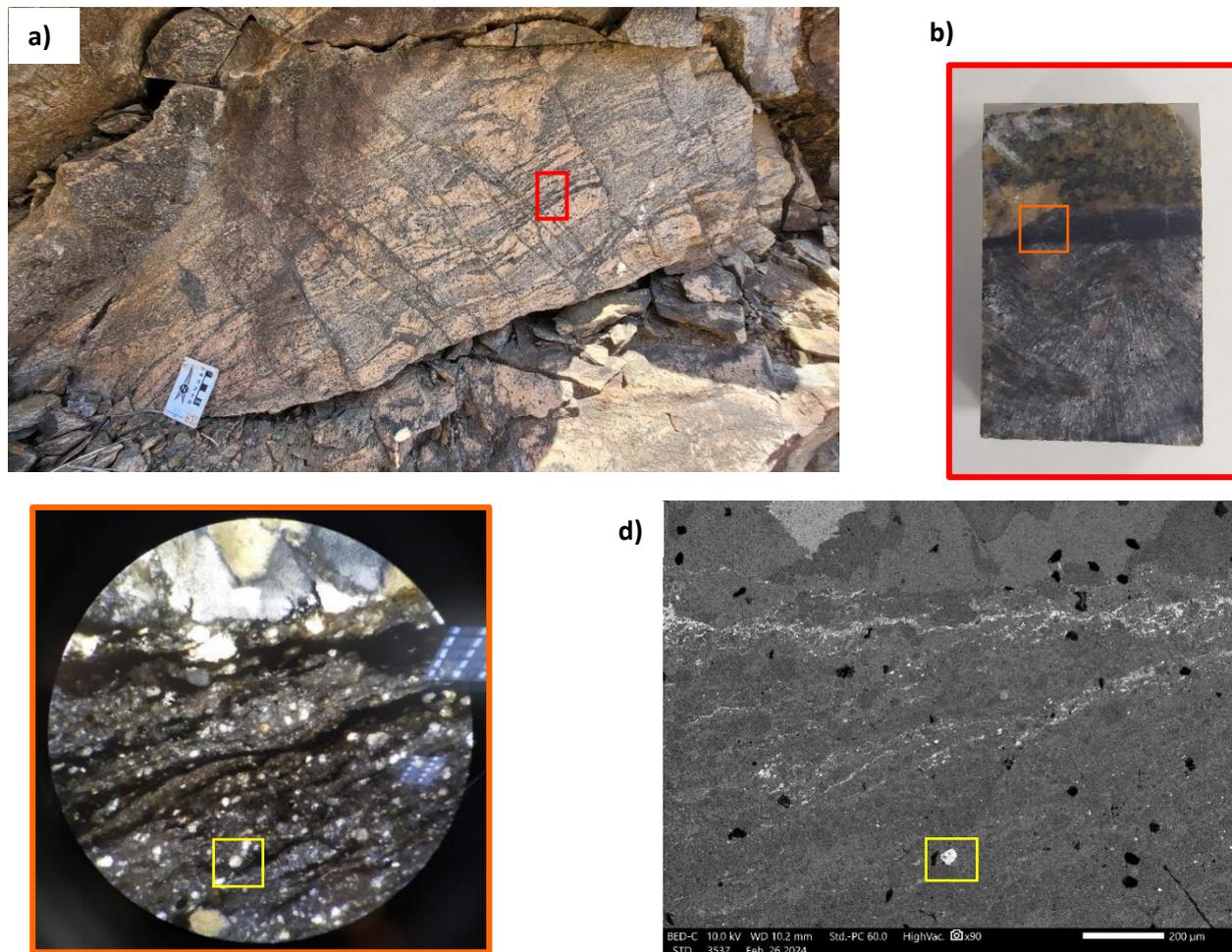


Figura 2. a) Afloramento da Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária de onde foram coletadas as amostras; b) Amostra com Pseudotaquilito cortada para a confecção da lâmina; c) Foto da lâmina no microscópio petrográfico, objetiva de 20x (campo de 1000µm); d) Zircão encontrado no interior do pseudotaquilito com aproximadamente 50 um de diâmetro em microscópio eletrônico de varredura (MEV).

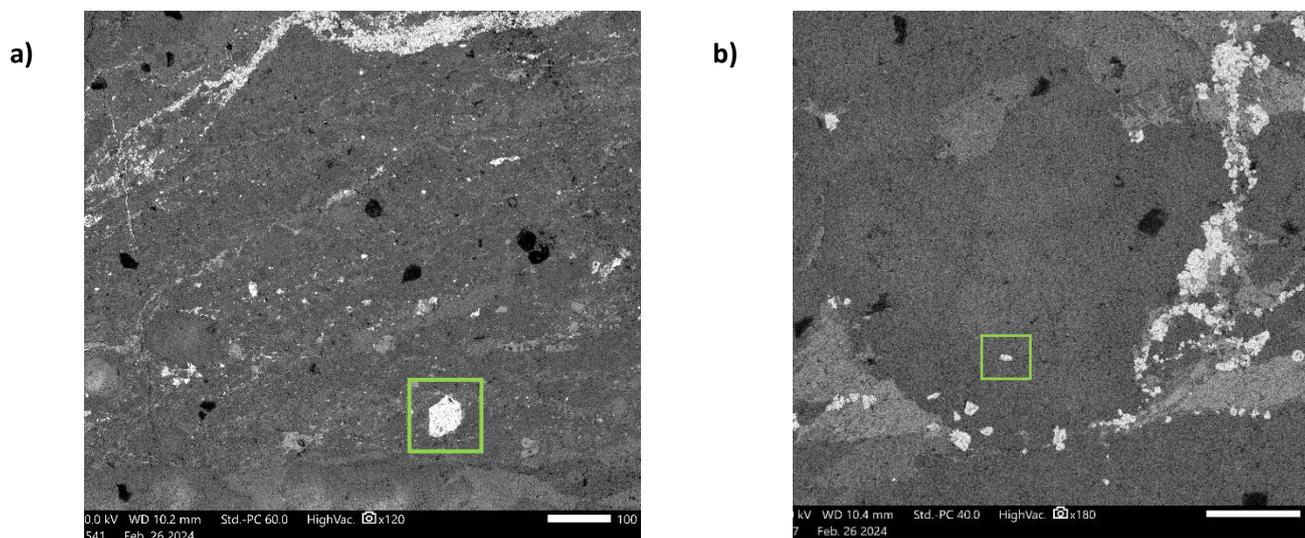


Figura 3. As imagens apresentam os zircões identificados no MEV. a) Zircão no pseudotaquilito destacado em verde; b) Zircão na rocha encaixante destacado em verde.

PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE EM LA-ICP-MS

No contexto de Guaxupé, foram preparadas duas amostras do mesmo local, denominadas TJGXP-1 e TJGXP PSDT. A amostra TJGXP-1 destacou-se por apresentar uma concentração mais elevada de pseudotaquilitos, sendo também aquela que gerou uma quantidade superior de minerais pesados.

A preparação iniciou-se com a britagem das amostras no britador. Em seguida, a amostra foi moída em moinho de disco. Posteriormente fez-se a separação gravimétrica por bateia onde se obteve concentrado de minerais pesados. Para separação dos minerais magnéticos, utilizou-se ímã normal e de Nd (48). Por fim, os concentrados de zircão e de minerais magnéticos foram armazenados separadamente em tubos eppendorf, devidamente identificados.

Após a concentração dos minerais pesados, foi realizada a catação manual em lupa binocular de aproximadamente 100 a 200 zircões. Para realizar essa etapa, os zircões foram cuidadosamente posicionados, por meio de uma pinça ou agulha, sobre uma fita dupla face aderida a uma lâmina de vidro. Para isolamento, foi utilizada uma cápsula de plástico, uma ponta de pipeta com a extremidade equivalente a cerca de cinco milímetros.

Devido à falta de tempo hábil, em virtude da redução do período de realização do projeto (set/2023 a mar/2024), não foi possível finalizar a preparação dos mounts para o imageamento no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e datação no LA-ICP-MS. Após a montagem dos mounts, estes deveriam ser ressinados, garantindo a captura e fixação dos grãos de zircão. Quando a resina estiver seca será necessário que essas cápsulas sejam desbastadas, lixadas e polidas com pasta abrasiva de diamante. Este polimento será efetuado com o propósito de permitir que o ponto do laser analise a região central do grão, reduzindo a propensão a fraturas superficiais e aprimorando a eficácia da ablação do laser em uma superfície polida. Com a finalização do polimento, as amostras devem ser metalizadas e levadas ao MEV para serem imageadas, já que a resolução de imagem do MEV é melhor que a resolução do LA-ICP-MS possibilitando uma melhor locação dos pontos onde serão feitos os spots com o laser (Kohlrausch, 2013).

CONCLUSÕES:

A presente pesquisa, inicialmente buscava a datação de pseudotaquilitos pelo método UPb, mas infelizmente foi interrompida antes da conclusão devido ao cancelamento da minha participação no programa de iniciação científica. Infelizmente, sem a continuidade do projeto, não foi possível responder às questões inicialmente delineadas. De todo caso, importante conclusão do trabalho foi a individualização de grãos de zircão no interior dos níveis de pseudotaquilito, alguns com diâmetro ao redor de 50 µm, porém a maioria com dimensões inferior a 20µm.

Para datação U-Pb usa-se um spot de 25µm, dessa forma, sugere-se aqui a confecção de mais lâminas delgadas restritas ao maior número possível de pseudotaquilitos e que se realize a datação in-situ dos grãos de zircão com dimensões maiores que 50µm. A datação de grãos (>200µm) provenientes do concentrado de bateia, poderia definir a idade de cristalização e metamorfismo do gnaiss hospedeiro do pseudotaquilito, enquanto a datação in-situ poderia trazer resultados da tectônica rúptil mais nova. Este trabalho abre portas para essa possibilidade.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, F. F. M. de; Hasui, Y.; Brito Neves, B. B. 1976. **O Pré-Cambriano Superior da América do Sul**. Boletim IG- Usp, São Paulo, v. 7, p.45-80.
- Barker, S.L.L., 2005. **Pseudotachylyte-generating faults in Central Otago, New Zealand: *Tectonophysics*, 397**, p. 211–223, doi: [10.1016/j.tecto.2004.12.005](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.12.005).
- Campos Neto, M.C.; Basei, M. A. S.; Alves, F. R.; Vasconcelos; A. C. B. 1984. **A Nappe de Cavalgamento Socorro (SP-MG)**. In: Congresso Brasileiro de geologia n. 33, 1984, Rio de Janeiro. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 1809-1822.
- Di Vincenzo, G., Rocchi, S., Rossetti, F. and Storti, F., 2004. **40Ar–39Ar dating of pseudotachylytes: the effect of clast-hosted extraneous argon in Cenozoic fault-generated friction melts from the West Antarctic Rift System: *Earth and Planetary Science Letters*, 223**, p. 349–364, doi: [10.1016/j.epsl.2004.04.042](https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.04.042).
- Fonseca, M. J. G.; Silva, Z. C. G. da; Campos, D. de A.; Pierluigi, T. 1979. **Carta Geológica do Brasil ao Milinésimo: Folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SG.23)**. Primeira Brasília: Dnmp (Departamento Nacional de Produção Mineral), 240 p. (Carta Geológica do Brasil ao Milinésimo).
- Geologia da **Folha Itajubá SF.23-Y-B-III**: Sistema de Informações Geográficas (SIG), 2008. CPRM, Serviço Geológico do Brasil.

- Hasui, Y., Carneiro, C.D.R., Almeida, F.F.M. de, Sartorelli, A. and Soares Júnior, A.V. (Eds.), 2012. **Geologia do Brasil**: Beca, São Paulo, SP, Brasil.
- Kohlrausch, C. B., 2013. **Determinação de Idades U-Pb em Zircão por LA-ICP-MS nas Rochas Metavulcânicas da Antiforme Capané, Complexo Metamórfico Porongos**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRS), Porto Alegre – RS.
- Maurel, O., Cosca, M.A. and Ferre, E.C., 2006. **40Ar/39Ar dating of Neogene pseudotachylytes**: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **70**, p. A404, doi: [10.1016/j.gca.2006.06.814](https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.06.814).
- Melo, de R.P. 2009. **Evolução Metamórfica (P-T-T) De Granulitos E Migmatitos Do Complexo Guaxupé Na Região De São João Da Boa Vista, SP**. Dissertação de Mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Rio Claro, p.163.
- Murakami, M., Košler, J., Takagi, H. and Tagami, T., 2006. **Dating pseudotachylyte of the Asuke Shear Zone using zircon fission-track and U–Pb methods**: *Tectonophysics*, **424**, p. 99–107, doi: [10.1016/j.tecto.2006.06.006](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2006.06.006).
- Neves, S.P. 2008. *Dinâmica do manto e deformação continental: Uma introdução à geotectônica*: Editora Universitária UFPE, Recife-PE.
- O’Hara, K.D., 2001. **A pseudotachylyte geothermometer**: *Journal of Structural Geology*, **23**, p. 1345–1357, doi: [10.1016/S0191-8141\(01\)00008-6](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(01)00008-6).
- Ribeiro A., Paciullo F.V.P, Andreis R.R., Trouw R.A.J., Heilbron M. 1990. **Evolução policíclica proterozóica no sul do Craton do São Francisco: análise da região de São João del Rei e Andrelândia, MG**. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, **36**: 2605-2614.
- Silva, L.C. da, 2006. *Geocronologia Aplicada ao Mapeamento Regional, com Ênfase na Técnica U-Pb SHRIMP e Ilustrada com Estudos de Casos Brasileiros*: CPRM, Brasília.
- Takagi, H., Arita, K., Danhara, T. and Iwano, H., 2007. **Timing of the Tsergo Ri landslide, Langtang Himal, determined by fission-track dating of pseudotachylyte**: *Journal of Asian Earth Sciences*, **29**, p. 466–472, doi: [10.1016/j.jseaes.2005.12.002](https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2005.12.002).
- Trouw, R.A.J., Passchier, C.W. and Wiersma, D.J., 2009. *Atlas of Mylonites- and related microstructures*: Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Trouw, R.A.J., Peternel, R., Ribeiro, A., Heilbron, M., Vinagre, R., Duffles, P., Trouw, C.C., Fontainha, M. and Kussama, H.H., 2013. **A new interpretation for the interference zone between the southern Brasília belt and the central Ribeira belt, SE Brazil**: *Journal of South American Earth Sciences*, **48**, p. 43–57, doi: [10.1016/j.jsames.2013.07.012](https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.07.012).
- Wernick E., Fiori A.P., Bettencourt J.S., Choudhuri A. 1981. **A tectônica rígida do fim do Ciclo Brasileiro e sua implicação na estruturação da borda sul e sudeste do Cráton do São Francisco: tentativa de um modelo preliminar**. In: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas faixas marginais. Salvador, SBG. p. 164-68.
- Yamada, K., Hanamuro, T., Tagami, T., Shimada, K., Takagi, H., Yamada, R. and Umeda, K., 2012. **The first (U–Th)/He thermochronology of pseudotachylyte from the Median Tectonic Line, southwest Japan**: *Journal of Asian Earth Sciences*, **45**, p. 17–23, doi: [10.1016/j.jseaes.2011.08.009](https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2011.08.009).
- Zogheib, F.F.2016. **Caracterização Da Nappe Guaxupé Na Região De Nova Resende, Faixa Brasília Meridional, Minas Gerais**: Dissertação de Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG), p. 152.