

Relações entre fusão parcial e deformação em zonas de cisalhamento litosféricas: exemplos do Nordeste do Brasil

Luís Gustavo F. Viegas^{1,2}, Carlos J. Archanjo¹, Alain Vauchez², Maria H. B. M. Hollanda¹

1 – Instituto de Geociências, USP, Rua do Lago 562, 05508-080, São Paulo, Brasil. lgviegas@usp.br

2 – Géosciences Montpellier, Place E. Bataillon 34095, Montpellier Cedex 5, França.

Introdução

As relações estruturais entre magmatismo e zonas de cisalhamento tem sido alvo de estudos há mais de três décadas (revisão em Brown 2007). Em diversos orógenos, um contexto de *feedback* é observado entre magmas e falhas crustais, onde o calor advindo da fusão parcial contribui para localização da deformação de alta temperatura, enquanto que descontinuidades regionais podem servir de conduto para migração de magmas ao longo da crosta (Neves et al. 1996). Na Província Borborema, o sistema de cisalhamento Patos-Seridó constitui uma de suas estruturas mais expressivas e está associado com metamorfismo de alta temperatura/baixa pressão e fusão parcial (Goes et al. 1991). Embora deformado sob um regime transpressivo dextral, as relações tectônicas e cronológicas entre milonitos e migmatitos são pouco conhecidas e dificultadas pela geometria complexa dos leucossomas observada em campo. Este trabalho reúne os principais resultados obtido por meio das técnicas de Anisotropia de Suscetibilidade e Remanência Magnéticas (ASM – ARA) e difração de elétrons retroespalhados no microscópio eletrônico de varredura (MEV-EBSD), aplicadas ao estudo das características estruturais dos migmatitos alojados no interior do sistema de cisalhamento. Além disso, sua evolução temporal é discutida com base em dados isotópicos U-Pb em zircão (SHRIMP). A integração dessas informações fornece subsídios que auxiliam no entendimento do comportamento mecânico da crosta intermediária parcialmente fundida.

Petrologia estrutural dos migmatitos

As rochas parcialmente fundidas do sistema de cisalhamento Patos-Seridó ocorrem como corpos de migmatito em duas localidades principais: i) Na Faixa Seridó, na forma do domo anatético de Santa Luzia, e ii) no interior da zona de cisalhamento Patos, onde pode ser observado o anatexito Espinho Branco.

O diatexito de Santa Luzia consiste em um domo elíptico de cerca de 80 km² alongado na direção NE-SW. Compreende diatexitos, *schlieren*-nebulitos e leucogranitos texturalmente homogêneos em escala de afloramento, e deformados predominantemente no estado magmático. Diversos enclaves de ortognaisses do embasamento são assimilados e parcialmente “digeridos” pelo diatexito.

Os resultados de ASM indicam que o migmatito possui um comportamento ferromagnético, dominado por magnetita ($0.02 < k < 55.59 \times 10^{-3}$ SI). Valores baixos de k (0.5 mSI) ocorrem em 21%

dos sítios amostrados e estão associados com a presença de óxidos de ferro secundários (*e.g.* hematita), ocorrendo como inclusões em silicatos. Nestes sítios, medidas complementares de ARA exibem elipsóides magnéticos similares, confirmando o caráter ferromagnético. A trama magnética exhibe uma orientação NE-SW bem definida, em concordância com o eixo principal de alongação do corpo migmatítico. Entretanto, os polos de k_3 (foliação magnética) não se organizam de acordo com a geometria dômica do corpo, sugerindo que a ASM registra os últimos incrementos deformacionais que afetaram o anatexito.

As idades geocronológicas foram obtidas em zircões extraídos de uma amostra de biotita-granito nebulítico proveniente da região central do domo de Santa Luzia. Os cristais são em geral euédricos com terminações bipiramidais, exibindo núcleos xenocristalinos e espessas bordas intercrescidas de coloração escura (enriquecidas em U). Um total de dezesseis análises concentradas nos intercrescimentos periféricos enriquecidos em U forneceram uma razão $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 573.2 ± 3.4 Ma, enquanto que oito análises nos núcleos resultaram em um intercepto superior de 2203 ± 17 Ma. Estes dois grupos de idades plotam em uma curva discórdia com um intercepto inferior em 575.1 ± 3.4 Ma. Esta idade é interpretada como a idade da fusão parcial associada ao metamorfismo de alta-temperatura na região do Seridó (Archonjo et al. 2013).

O anatexito Espinho Branco aflora no interior da zona de cisalhamento Patos, consistindo em um corpo ligeiramente alongado na direção E-W com cerca de 25 km^2 . É composto principalmente por metatexitos estromáticos, *schlieren*-diatexitos e leucogranitos, os quais exibem leucossomas com geometrias complexas em escala de campo, por vezes dificultando a coleta de dados estruturais confiáveis. Entretanto, diversos indicadores cinemáticos dextrais podem ser observados a partir da interconectividade dos leucossomas em mesoscala, os quais podem ser coletados em zonas de cisalhamento sinmagmáticas de direção NNW-SSE e NE-SW; estas estruturas representam zonas de transferência de magma no interior da zona de cisalhamento.

A suscetibilidade magnética no anatexito Espinho Branco varia entre 2.00 e 128.22 mSI, com um valor médio de 7.9 mSI. Curvas termomagnéticas exibem uma transição de Verwey em $\sim -150^\circ\text{C}$ e uma queda na suscetibilidade em 590°C , enquanto que a inclinação íngreme inicial observada na curva de magnetização remanente isotermal (IRM), seguida de saturação da remanência após 200 mT, sugerem a presença de uma fração “leve” de baixa coercividade, caracterizada como magnetita pobre em Ti. Em espécimes com valores de $k < 1$ mSI, as curvas de IRM e termomagnéticas indicam a presença de fases de alta coercividade que não saturam em campos altos, sugerindo que os baixos valores de k podem ser devido à contribuição de hematita e silicatos na suscetibilidade da amostra. Com o objetivo de separar as diferentes contribuições magnéticas, medidas de ARA foram realizadas em sítios com alta, média e baixa suscetibilidade, e seus resultados comparados com a ASM. Os sítios com valores elevados de k (> 1 mSI) exibem elipsóides de ASM-ARA similares, porém o mesmo não é observado em amostras de baixa suscetibilidade; nestas, os dados de ASM apresentam orientações contrastantes e divergem do padrão geral observado na escala do corpo migmatítico, o qual é mantido na orientação dos elipsóides de ARA.

O padrão complexo e turbulento das estruturas magmáticas em mesoscala não é reproduzido na trama magnética, a qual mostra-se regular e bem-organizada ao longo de todo o corpo migmatítico. A lineação magnética exibe caimentos rasos principalmente para SW, enquanto que a foliação define uma guirlanda de direção NNW-SSE que rotaciona ao longo de um eixo de zona definido pela lineação magnética.

Orientações preferenciais cristalográficas (OPCs) foram medidas em cristais de biotita com o objetivo de comparar as tramas magnética e de campo. O eixo [001] correlaciona-se com o eixo k_3 da ASM na maioria das amostras de alta suscetibilidade, as quais também exibem compatibilidade entre os dados de anisotropia magnética e foliações mesoscópicas. Entretanto, em amostras com $k < 0.5$ mSI, onde os dados de ASM podem se mostrar dispersos e/ou desorganizados com respeito à orientação preferencial global da trama magnética, não se observam relações entre as tramas magnética, cristalográfica e de campo; a correlação limita-se ao eixo cristalográfico [001] paralelo à orientação de k_3 .

Zircões extraídos dos leucossomas e de uma amostra de leucogranito são em geral cuédricos a subédricos, com cerca de 50 a 400 μm em diâmetro e sem inclusões. Os núcleos exibem zoneamentos oscilatórios e são bordejados por intercrescimentos luminescentes, os quais podem eventualmente migrar sobre os núcleos. As análises dos núcleos zonados e dos intercrescimentos mostram que os mesmos cristalizaram em diferentes intervalos de tempo. Nos leucossomas, dados obtidos nos núcleos alinham-se em uma discórdia e fornecem interceptos superiores em 2195 ± 13 Ma e 2201 ± 12 Ma. Nos intercrescimentos de borda, idades médias de 558 ± 21 Ma, 552 ± 11 Ma e 562 ± 12 Ma foram obtidas em interceptos inferiores. No leucogranito, que estabelece contatos lobados a difusos com diatexitos, os núcleos zonados fornecem uma idade de intercepto superior de 2147 ± 47 Ma e inferior em 568 ± 10 Ma. Após remoção de zircões onde os intercrescimentos apresentavam altas razões Th/U, altos valores de ^{204}Pb e altos valores de U, os zircões restantes alinham-se em uma concordia que define uma idade média de 566 ± 5 Ma, a qual é considerada como idade de cristalização do leucogranito.

Discussão

Os dados estruturais e geocronológicos sugerem que a zona de fusão parcial observada no sistema de cisalhamento Patos-Seridó é sincinemática ao evento de alta temperatura/baixa pressão responsável pelo metamorfismo na região. O domo anatótico de Santa Luzia e o anatexito Espinho Branco constituem uma zona de concentração da deformação onde as microestruturas desenvolvem-se principalmente no estado magmático.

O domo de Santa Luzia exibe uma trama magnética bem organizada e concordante à orientação regional da Faixa Seridó. A diferença entre as foliações de campo, que configuram uma geometria dômica, e a trama magnética marcada por foliações concordantes ao eixo de elongação do domo, refletem a sensibilidade da ASM aos incrementos finais da deformação que afetou o migmatito, possivelmente após o alojamento. Estes dados sugerem que o domo de Santa Luzia foi alojado e

deformado em um regime de fluxo viscoplástico, onde a trama interna reflete de forma consistente o padrão regional.

A idade de 575 Ma obtida nos leucossomas de Santa Luzia posiciona de forma precisa a fusão parcial no sistema de cisalhamento Patos-Seridó, a qual é corroborada pela idade média de 565 Ma obtida no anatexito Espinho Branco. Estes dados sugerem que a zona de fusão parcial é contínua ao longo do sistema e que os migmatitos de ambas as áreas estão associados ao evento de alta temperatura registrado no Seridó. Entretanto, embora deformados sob o mesmo regime de cisalhamento dextral, diferenças significativas são observadas na estrutura dos dois corpos.

A complexidade geométrica observada no anatexito Espinho Branco não é observada na orientação da trama magnética, a qual se mostra concordante ao campo deformacional da zona de cisalhamento Patos. Entretanto, as relações entre trama de campo e trama magnética não são diretas, especialmente em sítios onde as foliações de campo não são confiáveis e os valores de suscetibilidade são muito baixos. Nestes casos, o mapeamento da trama interna através da ASM pode levar a resultados não-conclusivos (Viegas et al. 2013). Estudos petroestruturais mostram que, nas amostras onde a geometria dos leucossomas é compatível com a trama mesoscópica e a suscetibilidade exibe valores elevados, a informação obtida através da ASM é confiável e reflete os mecanismos de fluxo magmático dos leucossomas. Em contrapartida, valores de suscetibilidade muito baixos (< 0.5 mSI) podem exibir orientações de ASM em contraste com a deformação regional, levando à interpretações equivocadas e/ou ambíguas. Nesses casos, investigações complementares englobando ARA e OPCs devem ser empregadas com o objetivo de detectar subtramas e avaliar o significado dos dados de ASM.

Referências

- Archanjo, C.J., Viegas, L.G., Hollanda, M.H.B.M., Souza, L.C., Liu, D., 2012. Timing of the HT/LP transpression in the Neoproterozoic Seridó Belt (Borborema Province, Brazil): Constraints from U-Pb (SHRIMP) geochronology and implications for the connections between NE Brazil and West Africa. *Gondwana Research* 23, 701-714, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2012.05.005>.
- Brown, M., 2007. Crustal melting and melt extraction, ascent and emplacement in orogens: mechanisms and consequences. *Journal of the Geological Society* 164, 709-730.
- Corsini, M., Vauchez, A., Archanjo, C. J., Jardim de Sá, E. F., 1991. Strain transfer at a continental scale from a transcurrent shear zone to a tranpressional fold belt: the Patos-Seridó belt system, northeastern Brazil. *Geology*, 19, 586-589.
- Neves, S.P., Vauchez, A., Archanjo, C.J., 1996. Shear-zone controlled magma emplacement or magma-assisted nucleation of shear zones? Insights from northeast Brazil. *Tectonophysics* 262, 349-365.
- Viegas, L.G.F., Archanjo, C., Vauchez, A., 2013. Fabrics of migmatites and the relationships between partial melting and deformation in high-grade transpressional shear zones: the Espinho Branco anatexite (Borborema Province, NE Brazil). *Journal of Structural Geology* 48, 45-56, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsg.2012.12.008>.