

Análise conjunta de dados geológicos de terreno e de sensoriamento remoto da porção norte (fronteira Ceará-Piauí) do Lineamento Transbrasiliano na Bacia do Parnaíba

Moisés Samuel João Bota Cacama¹
Emanuel Ferraz Jardim de Sá^{1,2}
Fernando César Alves da Silva^{1,2}
Francisco Gabriel Ferreira de Lima¹

¹Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Campus Universitário – Lagoa Nova, Caixa Postal 1596, CEP 59078-970, Natal, RN, Brasil

²Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Campus Universitário – Lagoa Nova, Caixa Postal 1596, CEP 59078-970, Natal, RN, Brasil
ms32k@hotmail.com; emanuel@ccet.ufrn.br; fernando@geologia.ufrn.br;
gabrielfleng@gmail.com

Abstract. The Transbrasiliano Lineament (TBL) is a major NE trending shear zone related to the Brasiliano orogeny and evolved through high to low temperature stages. In this study, the structural signature of the northern segment of TBL was studied in the northeast border of the Parnaíba Basin (PB), between Ceará and Piauí states. At a high T stage, the mylonitic shear zone displays an S-C arrangement at the macroscale denoting a dextral strike slip kinematics which is corroborated by outcrop data. The late, low T ductile-brittle stage of the TBL controls the deposition of the ediacaran-cambrian Jaibaras Group in a pull-apart basin. The Jaibaras basin, as well as older neoproterozoic sequences, is overlain through a major non-conformity by the post-ordovician sedimentary sequences of the PB. In this region, remote sensing data attest a brittle reactivation stage of TBL on the basis of conspicuous lineaments in its southwestern continuation, mostly overprinting the Silurian-Devonian Serra Grande Group and the Devonian-Early Carboniferous Canindé Group. At the PB border, the Serra Grande sandstones were down dropped inside the Jaibaras pull-apart graben by an extensional reactivation of the late Brasiliano dextral strike slip faults. The analysis of SRTM images allowed to map different NE, NW and E-W trending lineaments in the PB, whose correlation with mesoscopic structures is discussed in terms of the TBL Brasiliano polyphase evolution and later reactivations associated to distal late Paleozoic orogenic events as well as the stages of the Atlantic opening and separation between South America and Africa.

Palavras - chave: Transbrasiliano Lineament; Brasiliano orogeny; mylonitic shear zone; Jaibaras pull-apart graben; Lineamento Transbrasiliano; orogênese Brasileira; zona de cisalhamento milonítica; graben pull-apart de Jaibaras.

1. Introdução

O Lineamento Transbrasiliano (LTB), inicialmente assim denominado por Schobbenhaus et al. (1975), representa uma descontinuidade de escala continental com direção NE-SW e mais de 2.700 km de extensão, situada na porção centro-leste da Plataforma Sul-Americana (Escudo Atlântico). A sua contraparte africana (a zona de cisalhamento de Hoggar-Kandi) se estende desde a costa do Togo até a região central da Argélia, constituindo no conjunto uma megaestrutura com cerca de 4.000 km de extensão (Caby et al., 1991).

A origem e evolução do LTB tem sido amplamente discutida por diversos autores, dentre eles Delgado et al. (2003), Cordani et al. (2013), Araújo et al. (2014), Castro et al. (2014) e Cacama et al. (2015), dentre outros. Esses autores enfatizam no LTB a deformação dúctil do ciclo Brasiliano, materializando uma importante zona de cisalhamento transcorrente dextral, bem como as suas reativações durante o Fanerozoico. O termo “Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II” tem sido utilizado para o segmento do LTB na porção NE da Bacia do Parnaíba (BP). Tendo em vista a dificuldade de inferência precisa da zona milonítica do LTB, sob o capeamento sedimentar da BP, sugeriu-se simplificar esse termo para “Zona de Cisalhamento de Sobral”, restrito à zona milonítica.

Na literatura é comum a referência a reativações dessa estrutura, as quais teriam originado o Graben de Jaibaras (GJ) e, em etapas evolutivas mais jovens, as falhas ou fraturas que seccionam as unidades da BP ao longo de toda a sua extensão. Todavia, a geometria dessas estruturas, cinemática e idade dos eventos deformacionais afetando a borda NE da BP e o GJ são ainda pouco conhecidas. Diferentes autores postulam eventos de idade paleozoica (eodevoniana e eocarbonífera, resultando em discordâncias, falhas normais e altos estruturais), tentativamente correlacionados a orogenias distais, e mesozoica (neotriássico ao neocomiano), que devem ter correlação com a abertura do Atlântico Central e Equatorial/Sul.

Deste modo, o presente estudo pretende contribuir para a compreensão e caracterização da deformação frágil pós-ordoviciana nas unidades da porção NE da BP, em termos da sua cinemática e relações com unidades stratigráficas e outros marcadores cronológicos, aí incluídas as estruturas dúcteis-frágeis tardi-brasilianas, que originaram o GJ.

2. Metodologia de Trabalho

A metodologia aplicada neste trabalho foi desenvolvida através das seguintes etapas: 1) análise das macroestruturas por meio de imagem *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM, Figura 1) com resolução espacial de 90 metros, obtida no sítio eletrônico do *United States Geological Survey* (USGS), com referencial planimétrico *World Geodetic System 1984* (WGS 84); 2) levantamentos de dados estruturais de campo, principalmente ao longo do *trend* NE do LTB, tanto na BP como no embasamento pré-cambriano.

3. Resultados e Discussão

A borda NE da BP e a porção do seu embasamento cristalino adjacente são caracterizadas por possuírem importantes estruturas formadas em diferentes idades e campos de temperaturas. A principal estrutura é o LTB, de cinemática dextral, que foi desenvolvido durante a Orogênese Brasileira (Delgado et al., 2003; Cordani et al., 2013; Cacama et al., 2015).

Fotolineações correspondentes a traços de estruturas curvilíneas e retilíneas, penetrativas no terreno, compõem um par S-C característico de zonas de cisalhamento dúcteis-plásticas, e são destacadas na porção norte e nordeste da área (Figura 1), definindo o arcabouço tectono-estrutural do Domínio Médio Coreá.

Na área também foi possível identificar uma classe de lineamentos estruturais que corresponde a tramas de natureza dúctil-frágil e frágil (Figuras 2A; 2B; 2C e 3). Esses lineamentos (fotolineamentos) são discretos, retilíneos ou levemente curvilíneos, e assim possuem distribuição espacial e comprimento bem marcados, correspondendo a fraturas, falhas ou superfícies C de zonas de cisalhamento de baixa temperatura.

Na porção sudeste da área, no Domínio Ceará Central, foi possível observar fotolineações retilíneas e oblíquas com direções variando de NE, NNW e N-S e um corpo granítico com forma sigmoidal, indicativos de transcorrência sinistral, que se encontram associados à Zona de Cisalhamento de Tauá (Figura 3).

Na borda NE da BP ocorrem fotolineamentos, retilíneos e discretos e associam-se principalmente a juntas distensionais, falhas e zonas de cisalhamento dúcteis-frágeis, como aquelas que delimitam o GJ (Figura 3). O diagrama de roseta (Figura 3) deste tipo de lineamentos mostra valores distribuídos em todos os quadrantes, todavia com forte concentração na direção NE-SW (aproximadamente 80% dos lineamentos traçados e, em especial, aqueles mais extensos), refletindo a reativação do LTB. Subordinadamente ocorrem pétalas com direções NW-SE e E-W (Figura 3). Para os lineamentos NE, o tamanho e a frequência tendem a diminuir no sentido SW, no qual são encontradas unidades stratigráficas mais jovens (com registro até a Formação Poti, eocarbonífera); em campo, parte desses

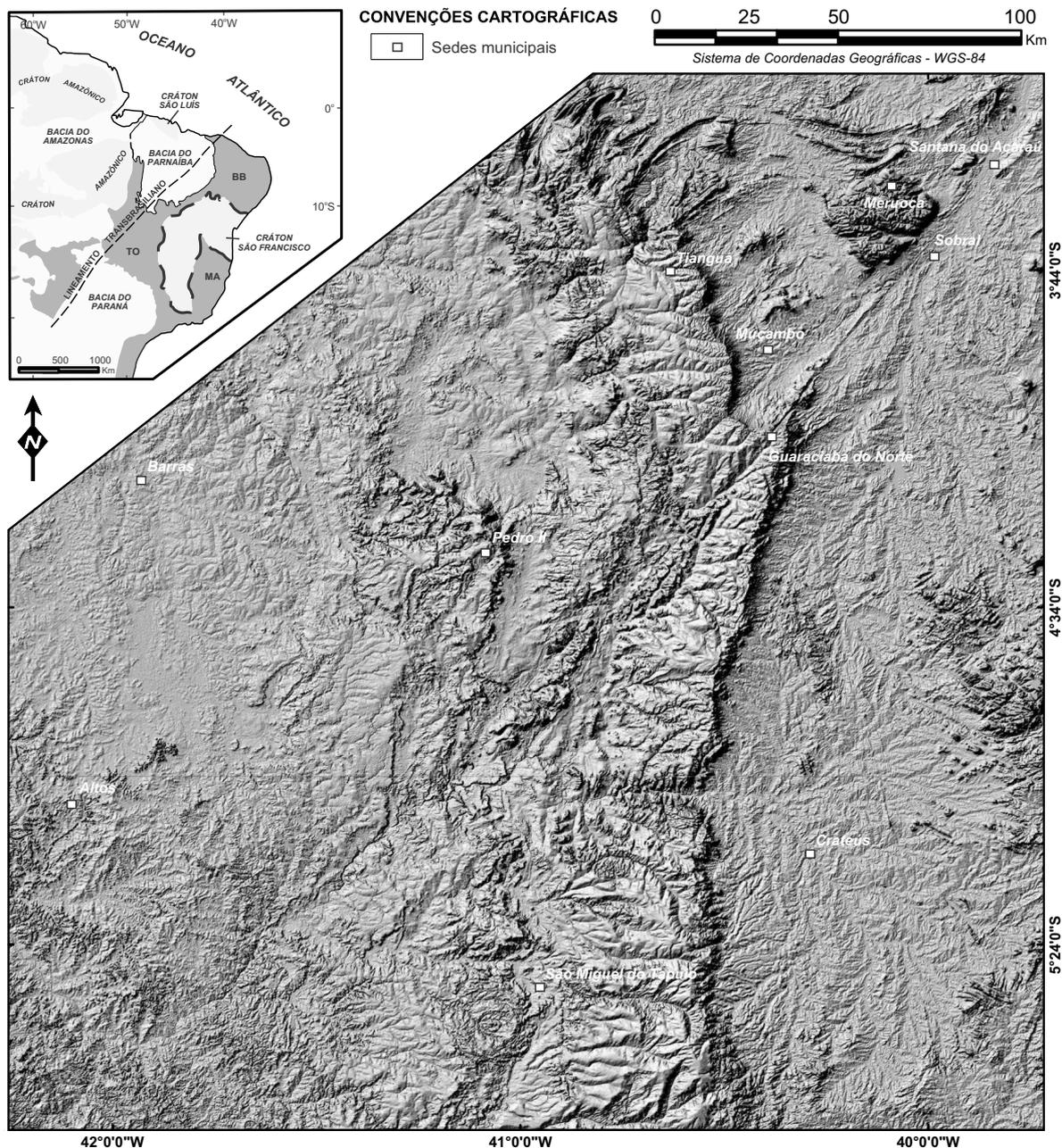


Figura 1. Imagem SRTM da área com pseudo-iluminação no relevo (azimute solar: 315° e inclinação solar: 45°), realçando feições lineares na superfície.

lineamentos encontra-se associada a juntas de distensão, falhas de regime normal ou com movimentações transcorrentes (dextrais ou sinistras), o que reflete a ocorrência de diferentes fases de reativação do LTB. Os lineamentos de direção NW apresentam uma distribuição menos uniforme e incluem alguns diques básicos, além de uma falha delimitando o contato entre as formações Corda e Pastos Bons (Figura 3) o que sugere que pelo menos parte desses lineamentos deve ser de idade eocretácea, ou mais jovens. Os lineamentos E-W se expressam como traços mais curtos, com uma relativa concentração próxima ao *trend* do LTB (Figura 3). Os lineamentos NW foram detectados em campo como falhas transcorrentes ou oblíquas sinistras, normais e juntas de distensão, enquanto que os lineamentos E-W correspondem a falhas transcorrentes dextrais e juntas distensionais.

Em campo, o Grupo Serra Grande exhibe camadas subhorizontais que capeiam em não conformidade o embasamento pré-cambriano, aí incluídas as zonas miloníticas do LTB, o

Grupo Ubajara e o Grupo Jaibaras. Os lineamentos NE que delimitam o GJ sofreram reativação distensional que afeta o Grupo Serra Grande, abatido no interior do graben ao longo da sua borda SE (Figuras 2A e 3).

No Grupo Jaibaras, os litotipos exibem mergulhos baixos a intermediários, relacionados a dobramentos e/ou à movimentação das zonas de cisalhamento dúcteis-frágeis e falhas, possuindo orientação média NE-SW.

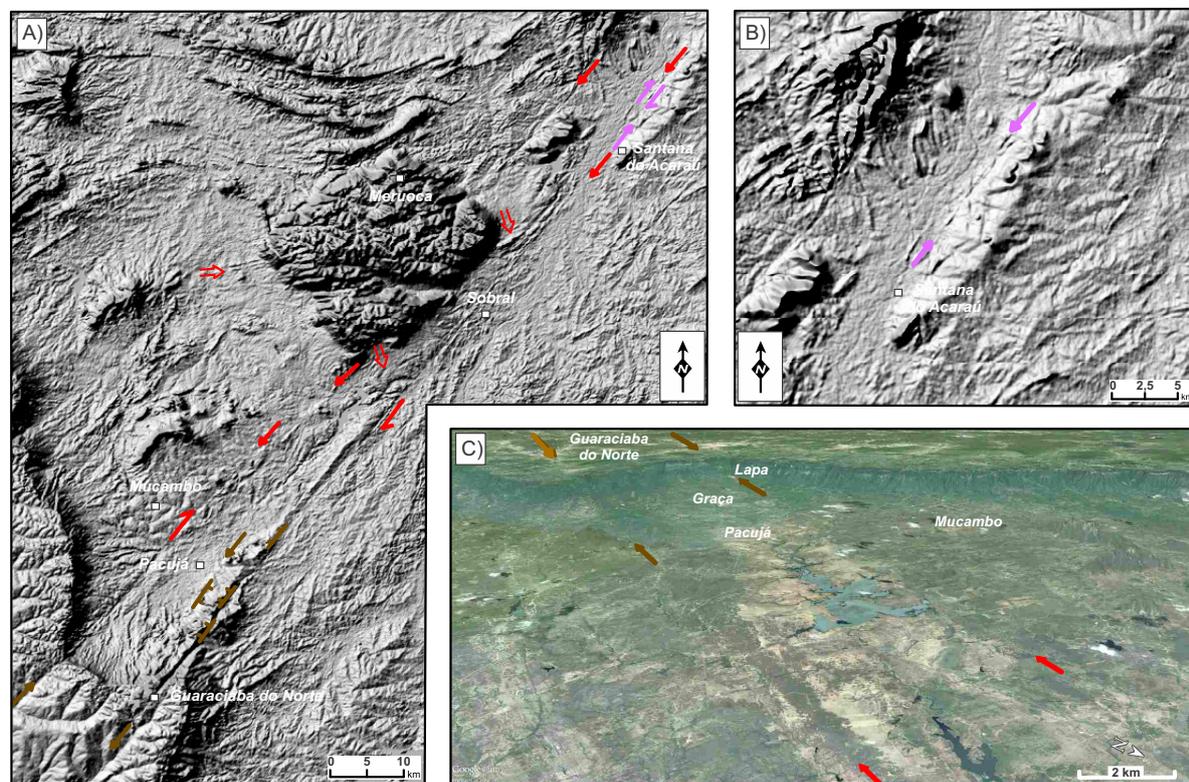


Figura 2. (A, B) Imagem SRTM (com iluminação a partir do NW) na região do GJ, borda NE da BP, escala 1:500.000 (A) e detalhe da região de Santana do Acaraú, em 1:250.000 (B). Comparar com a figura 3 para detalhes da geologia. Os traços das falhas de borda ou interna ao graben foram indicadas com setas simples e, em setas duplas, são apontadas terminações distensionais dessas estruturas, bem como diques de granitos E-W, ambos indicativos da cinemática dextral das falhas NE. As setas duplas em vermelho indicam a cinemática original do graben, enquanto que as correspondentes em marrom (ou o símbolo de falha normal) ou roxo correspondem a reativações pós-Grupo Serra Grande. C) Visada oblíqua de imagem Google *Earth* mostrando o graben sobreposto em discordância pelo Grupo Serra Grande.

4. Conclusões

A interpretação das macroestruturas por meio de imagem SRTM permitiu a definição da trama regional do Lineamento Transbrasiliiano (LTB), com assinatura tanto nas rochas do substrato cristalino como nas coberturas sedimentares da borda NE da Bacia do Parnaíba (BP). Foi possível distinguir entre as estruturas (fotolineações) relacionadas à trama dúctil de alta temperatura (neoproterozoica) no substrato, um estágio tardio dúctil-frágil (fotolineamentos), bem caracterizado no Graben de Jaibaras (GJ), no intervalo Ediacarano-Cambriano, e fotolineamentos de caráter frágil com direções preferenciais NE-SW, NW-SE e E-W, presentes nas coberturas sedimentares. A origem destes últimos remonta a eventos de deformação ocorridos no Paleozoico (provavelmente esforços compressivos na atual região

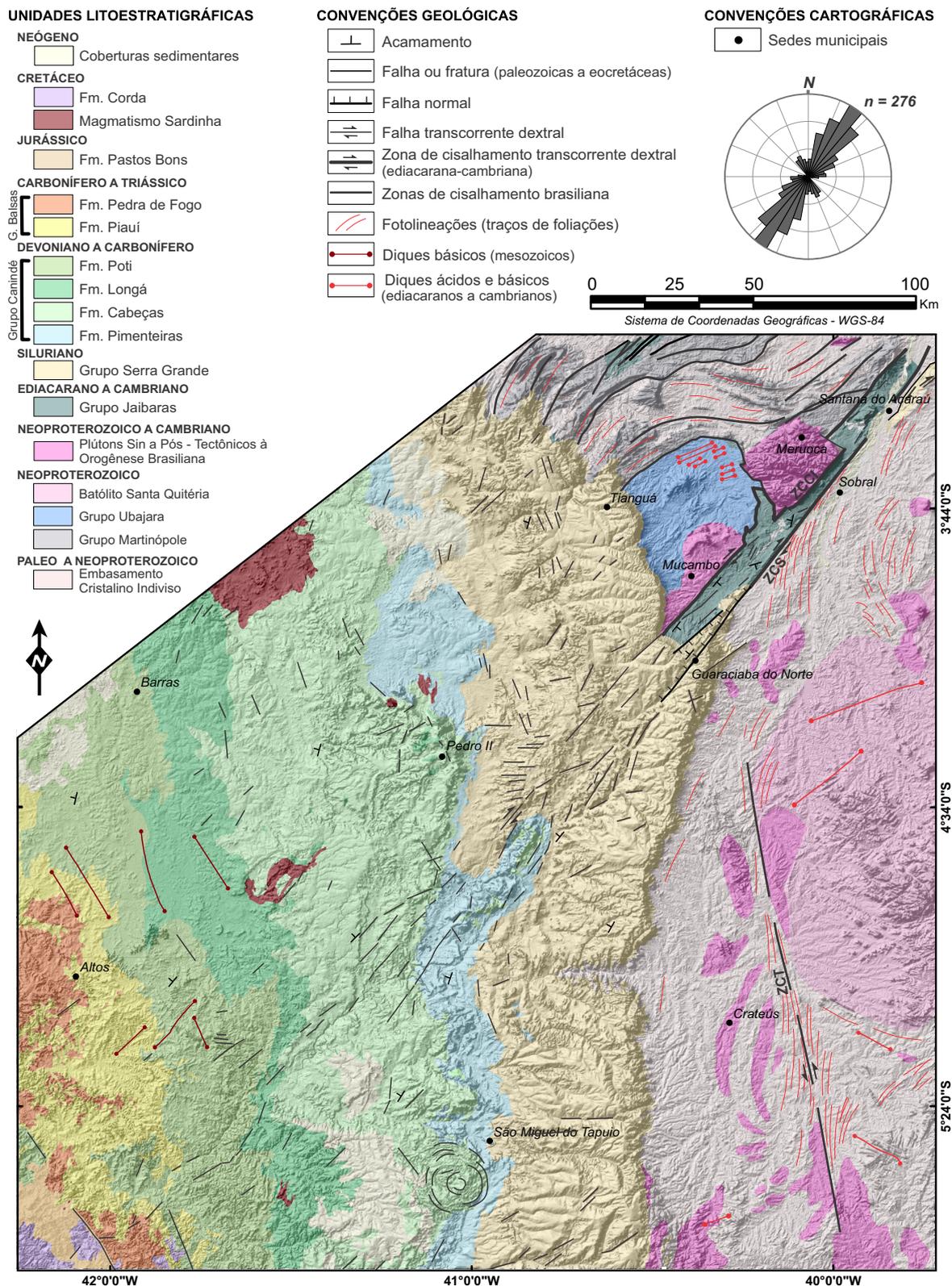


Figura 3. Mapa geológico da área estudada, modificado das cartas geológicas Fortaleza SA 24 e Jaguaribe SB 24 da CPRM, com a exibição dos lineamentos cartografados em imagem SRTM. O diagrama de roseta representa os lineamentos (estruturas frágeis) das unidades estratigráficas da borda NE da BP. ZCS: Zona de Cisalhamento de Sobral; ZCCI: Zona de Cisalhamento Café-Ipueiras; ZCT: Zona de Cisalhamento de Tauá. Sobreposição do mapa geológico na imagem SRTM, com pseudo-iluminação no relevo (azimute solar: 315° e inclinação solar: 45°) e interpretação dos lineamentos.

do Atlântico Norte) e, em especial no Mesozoico, principalmente em função da abertura do Atlântico Central, Equatorial e Sul, culminando com a separação entre a América do Sul e a África.

Tais eventos deformacionais acomodam muito bem os dados de orientação e modelos cinemáticos (consolidados pelos dados de campo) relacionados aos fotolineamentos (estruturas frágeis) identificados na borda NE da BP. Todavia, é patente a restrição em estimar (e em especial, datar com maior precisão) as idades da maior parte dos lineamentos interpretados da imagem SRTM. Essa restrição demanda considerar os marcos cronoestratigráficos na BP e nas regiões adjacentes da Província Borborema, bem como os respectivos contextos geodinâmicos que poderiam ter dado origem aos lineamentos, como acima comentado.

Os dados obtidos na escala macroscópica (imagens de sensores remotos) associados aos da escala mesoscópica (dados estruturais de afloramentos) permitiram caracterizar o LTB como uma megaestrutura cuja evolução inicia como uma zona de cisalhamento transcorrente dextral, plástica, de idade neoproterozoica/brasílica, localmente referida como a Zona de Cisalhamento de Sobral. Uma etapa tardia mas também associada ao evento Brasílico ficou registrada no GJ/Grupo Jaibaras. Já na BP, eventos mais jovens (pós-Siluro-Devoniano) ocorreram em regimes cinemáticos distintos (transcorrências e falhas distensionais).

Agradecimentos

Os autores agradecem à CHEVRON/BRASIL que, em convênio com a UFRN/PPGG/FUNPEC, financiou o projeto de pesquisa (“Geologia e Sistemas Petrolíferos da Bacia Intracratônica do Parnaíba, Nordeste do Brasil”) que ofereceu suporte a este trabalho.

Referências Bibliográficas

- Araújo, C. E. G.; Weinberg, R. F.; Cordani, U. G. Extruding the Borborema Province (NE-Brazil): a two-stage Neoproterozoic collision process. **Terra Nova**, v. 26, p. 157-168, 2014.
- Caby, R.; Sial, A. N.; Arthaud, M. H.; Vauchez, A. Crustal evolution and the Brazilian Orogeny in Northeast Brazil. In: R. D. Dallmeyer, J. P. Lécroché (Eds.). *The West Africa Orogens and Circun-Atlantic correlatives*. Berlin: Springer-Verlag, v. 1, p. 373-397, 1991.
- Cacama, M. S. J. B.; Jardim de Sá, E. F.; Silva, F. C. A.; Lins, F. A. P. L. Structural and geophysical signature of the Northern Portion (Ceará-Piauí border) of the Transbrasílico Lineament: reactivation in the Parnaíba Basin. **Geol. USP, Sér. cient., São Paulo**, v. 15 n. 3-4, p. 67-81, 2015.
- Castro, D. L.; Fuck, R. A.; Phillips, J. D.; Vidotti, R. M.; Bezerra, F. H. R.; Dantas, E. L. Crustal structure beneath the Paleozoic Parnaíba Basin revealed by airborne gravity and magnetic data. **Brazil Tectonophys**, v. 614, p. 128-145, 2014.
- Cordani, U. G.; Pimentel, M. M.; Ganade de Araújo, C. E.; Fuck, R. A. The significance of the Transbrasílico-Kandi tectonic corridor for the amalgamation of West Gondwana. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 3, p. 583-597, 2013.
- Delgado, I. M.; Souza, J. D.; Silva, L. C.; Silveira Filho, N. C.; Santos, R. A.; Pedreira, A. J.; Guimarães, J. T.; Angelim, L. A. A.; Vasconcelos, A. M.; Gomes, I. P.; Lacerda Filho, J. V.; Valente, C. R.; Perrotta, M. M.; Heineck, C. A. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: Bizzi, L. A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M.; Gonçalves, J. H. (Eds.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2003, p. 227-334.
- Schobbenhaus, C.; Ribeiro, C. L.; Oliva, L. A.; Takanohashi, J. T.; Lindenmayer, Z. G.; Vasconcelos, J. B.; Orlandi, V. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo; Folha Goiás (SD-22)**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1975.