

Análise morfoestrutural da Bacia Paraíba com radar interferométrico

Jean Carlos Ferreira de Lima¹
Francisco Hilario Rego Bezerra^{1,2}
Dilce de Fátima Rossetti³
David Lino Vasconcelos¹
Clódís de Oliveira Andrades Filho³
Renata Emily Brito de Araújo²

¹ Programa em Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Caixa Postal 1.596, Lagoa Nova, 59078-970, Natal - RN, Brasil (atha2005@hotmail.com; dlvasconcellos@yahoo.com.br)

² Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Campus Universitário, 59072-970, Natal - RN, Brasil (bezerrafh@geologia.ufrn.br; renataaa.brito@gmail.com)

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Jardim da Granja, 12245-970, São José dos Campos - SP, Brasil (rossetti@dsr.inpe.br)

Abstract. Passive continental margins are theoretically considered stable. However, several studies have shown that the northeastern margin of the South American continental plate presents signs of Cenozoic and Quaternary tectonic reactivations. This issue may be investigated using morphostructural analysis. In this work we mapped morphostructural lineaments from a selected area located in the south central portion of the Paraíba Basin, northeastern Brazil, with the main objective of understanding how neotectonic processes influenced the morphology and sedimentation in this basin. The linear elements were extracted by analysis of interferometric radar C-band data from the TOPODATA/INPE database, which is a derivation of the digital elevation model (DEM) provided by the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Processing included application of a directional filter at different azimuths to highlight the morphotectonic lineaments in different directions with the use of the software ArcMap 9.3. The result indicated that the lineaments mapped over the sedimentary units trend in the same direction than several structural lineaments of the basement shear zones. The three main trends are related to reactivation of NE-SW, NW-SE and EW trending faults during the Quaternary and Miocene.

Palavras-chave: Alhandra Sub-Basin, neotectonics, morphostructural lineament, image processing, Sub-Bacia Alhandra, neotectônica, lineamentos morfoestruturais, processamento de imagem.

1. Introdução

As bacias sedimentares da porção nordeste da margem continental brasileira possuem riftes formados a partir de reativações de zonas de cisalhamento durante a separação do Gondwana no Cretáceo (Bezerra et al., 2001; De Castro et al., 2012). Reativações rúpteis dessas zonas de cisalhamento durante o Neógeno e Quaternário também podem ser observadas na porção terrestre dessas bacias (Rossetti et al., 2011a, 2011b; Bezerra et al., 2014; Lima et al., 2014). Nesse contexto, depósitos sedimentares neogênico-quaternários são importantes fontes de informações sobre o comportamento das falhas que afetaram as bacias desta margem continental durante sua fase pós-rifte.

Nesse contexto, estudos prévios abordaram as características morfoestruturais da porção central da Bacia Paraíba (p.ex., Andrades Filho et al., 2014). Entretanto, a continuidade desses lineamentos para sul nesta bacia permanece por ser documentada. O principal objetivo deste trabalho é o uso de sensores remotos visando melhor documentar lineamentos morfoestruturais na parte sul dessa bacia e, com isso, reconstituir eventos que influenciaram sua evolução tectono-sedimentar.

A área selecionada para esta pesquisa está localizada na porção centro-sul da Bacia Paraíba. Essa área é interessante por ser limitada a sul pela Zona de Cisalhamento

Pernambuco (Figura 1), que é uma área de atividade sismogênica recente comprovada (p.ex., Lima Neto et al., 2013).

Hipotetiza-se que é possível haver relação de estruturas geológicas da porção sul da Bacia Paraíba com atividades sísmicas dessa Zona de Cisalhamento. Por exemplo, a zona sísmica de Caruaru registra atividades com forte relação com estruturas geológicas e abalos sísmicos (Lima Neto et al., 2013). Portanto, torna-se importante melhor registrar os lineamentos tectônicos da porção sul da Bacia Paraíba a fim de melhor demonstrar que a porção nordeste da margem continental passiva brasileira não encontra-se em um regime tectonicamente estável (Bezerra e Vita-Finzi, 2000).

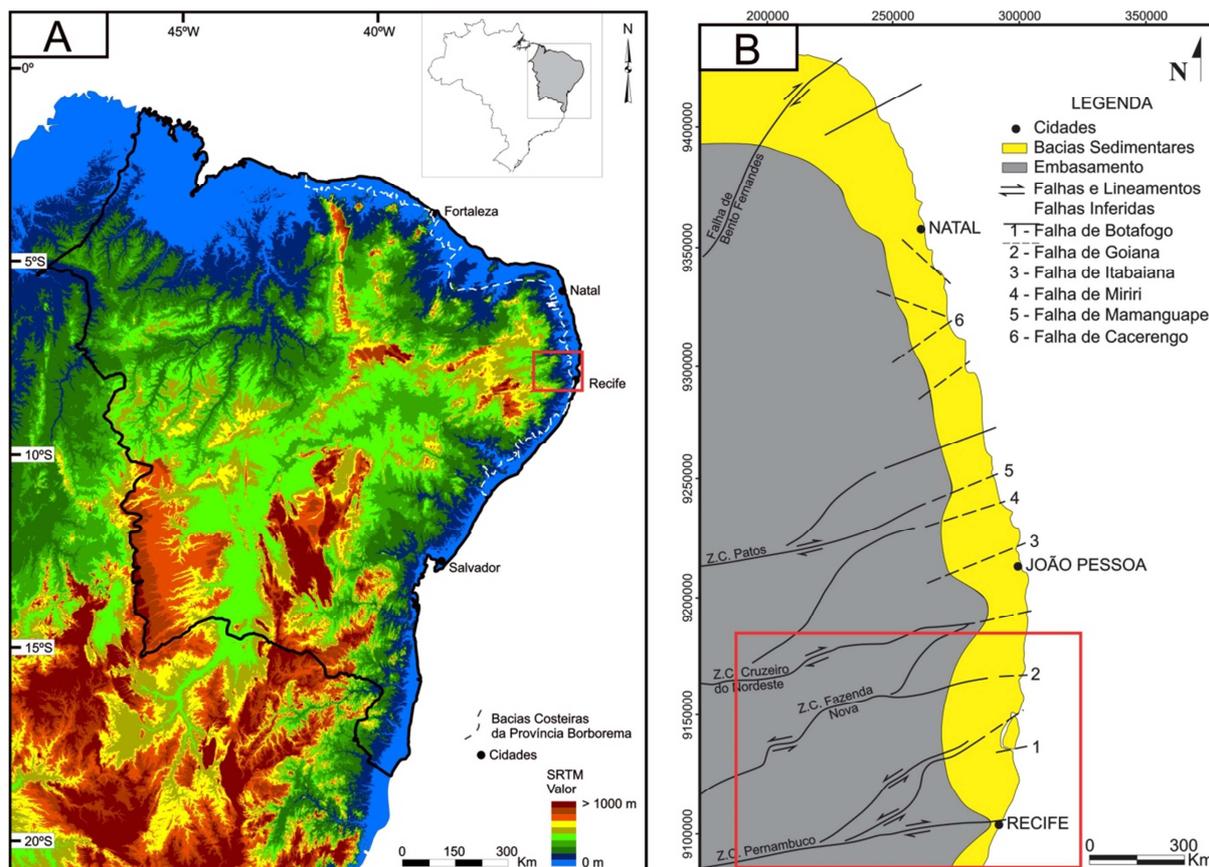


Figura 1. (A) Modelo digital de elevação derivado de dados SRTM, localizando a área de estudo no nordeste do Brasil. (B) Mapa geológico simplificado da faixa costeira Natal-Recife (modificado de Barbosa et al., 2006). Retângulo = área de estudo.

2. Metodologia de Trabalho

Nesta pesquisa, foram utilizados de radar interferométrico obtidos da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) realizada pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), com refinamento pelo projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), atingindo 30 metros de resolução espacial. Aplicou-se um filtro direcional (*Hillshade*) em diferentes azimutes (45° e 315°) utilizando o aplicativo ArcMap 9.3, com o intuito de destacar os lineamentos morfoestruturais. As imagens filtradas foram salvas em formato GeoTiff e serviram de base para a vetorização dos lineamentos morfoestruturais. A aplicação de filtros direcionais é importante para a análise quantitativa e qualitativa de lineamentos com possível origem tectônica. A metodologia adotada para interpretação dos lineamentos morfoestruturais encontra-se resumida na Figura 2.

Posterior a esse procedimento, foram realizadas etapas de campo para a coleta de dados estruturais das unidades sedimentares aflorantes. Essas informações foram tratadas no

aplicativo StereoNet 8.8.6, com geração de rosetas das direções principais dos planos de falha e estrias.

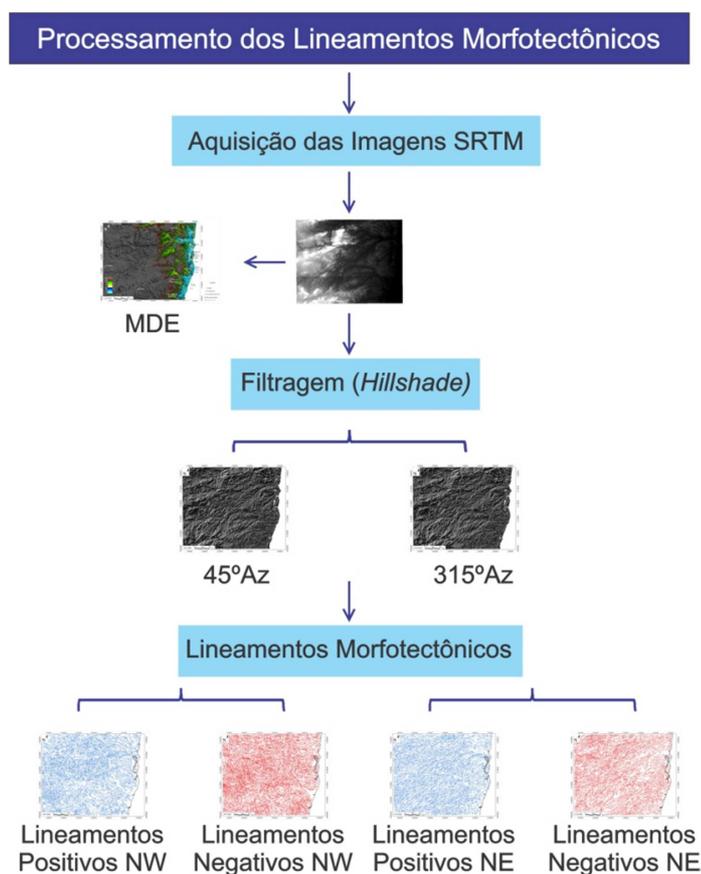


Figura 2. Fluxograma da metodologia adotada para a vetorização dos lineamentos morfotectônicos.

3. Resultados e Discussão

A partir dos mapas de lineamentos extraídos do MDE/SRTM, percebeu-se que as direções de diversos lineamentos morfoestruturais das zonas de cisalhamento do embasamento continuam presentes na bacia, o que são expressos tanto no relevo (positivo) quanto na drenagem (negativo) (Figura 3).

Uma análise preliminar desses dados frente às idades das unidades litoestratigráficas sugere que a margem passiva sul-americana exibe fortes indícios de atividades tectônicas ocorridas desde o Mioceno até o presente. Isto porque o número de falhas presentes em unidades dessa idade é elevado, sendo sua maioria de direção NE-SW, geralmente com rejeitos normais (Figura 4). Esse direcionamento coincide com a estruturação dúctil do embasamento e possivelmente indica relação com algumas ramificações nordeste do Lineamento Pernambuco. No entanto, falhas de direções NW-SE e N-S também foram registradas durante o mapeamento de campo (Figuras 5 e 6) e estas não possuem relação com estruturas conhecidas no embasamento, que são interceptadas por elas. Alguns lineamentos morfoestruturais também se propagam para porção marinha da bacia (Lima Filho et al., 2006; Jardim de Sá et al., 2003). Esses lineamentos, por sua vez, têm direções N-S, NE-SW e ENE-WSW, onde apenas o primeiro não tem relação com estruturas conhecidas do Lineamento Pernambuco.

As ramificações de direção nordeste são as principais ativas na atual zona sísmica de Caruaru em Pernambuco (Lima Neto et al., 2013). Isto leva a crer que a idade das estruturas

rúpteis da área deste estudo está próxima das idades de reativação desse lineamento. A maioria dos grábens das Bacias Paraíba e Potiguar também possuem direção NE-SW (Bezerra et al., 2001), coincidindo com as zonas de cisalhamento dúcteis existentes no embasamento.

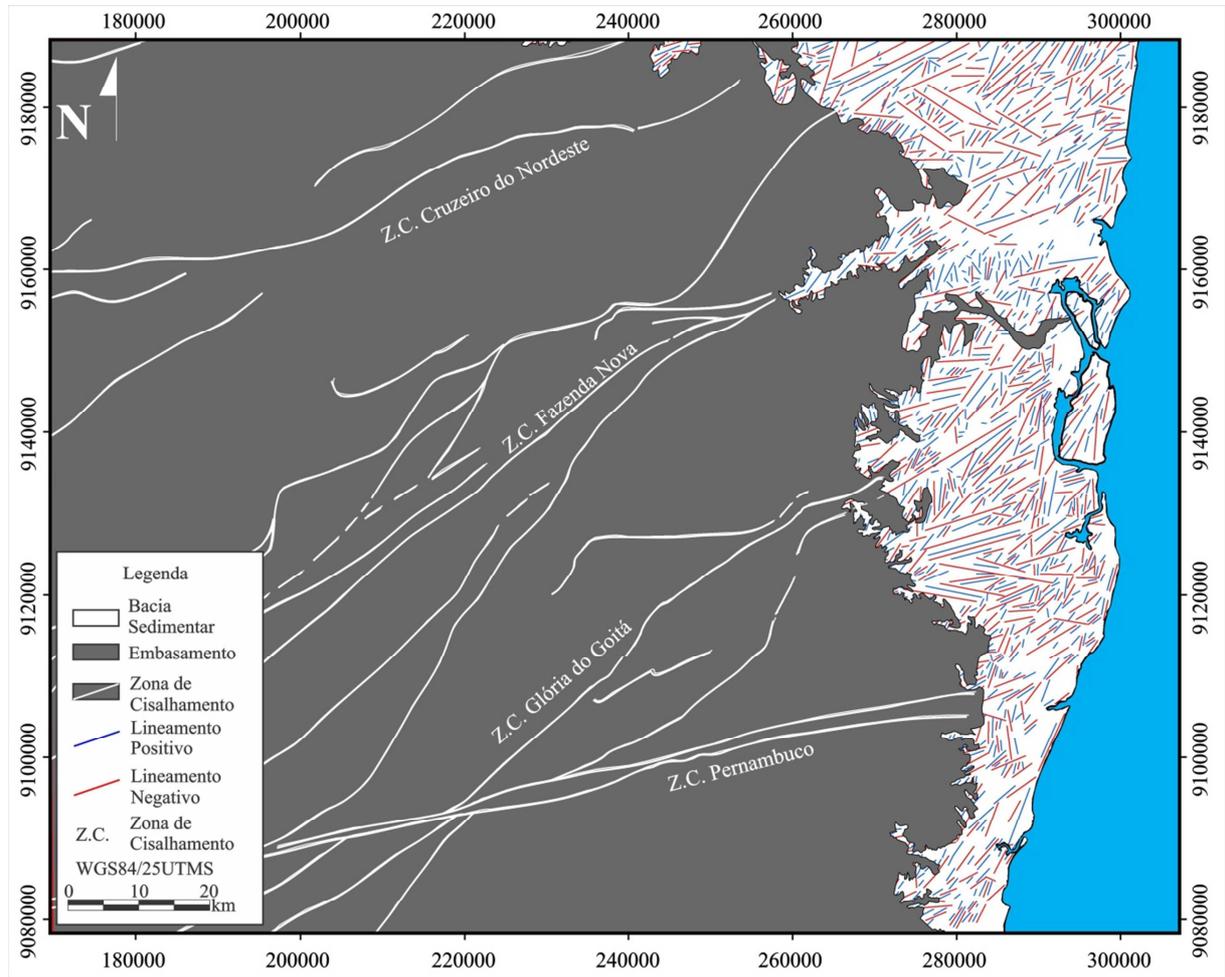


Figura 3. Mapa das zonas de cisalhamento do embasamento e dos lineamentos morfoestruturais positivos e negativos da área de estudo na Bacia Paraíba.

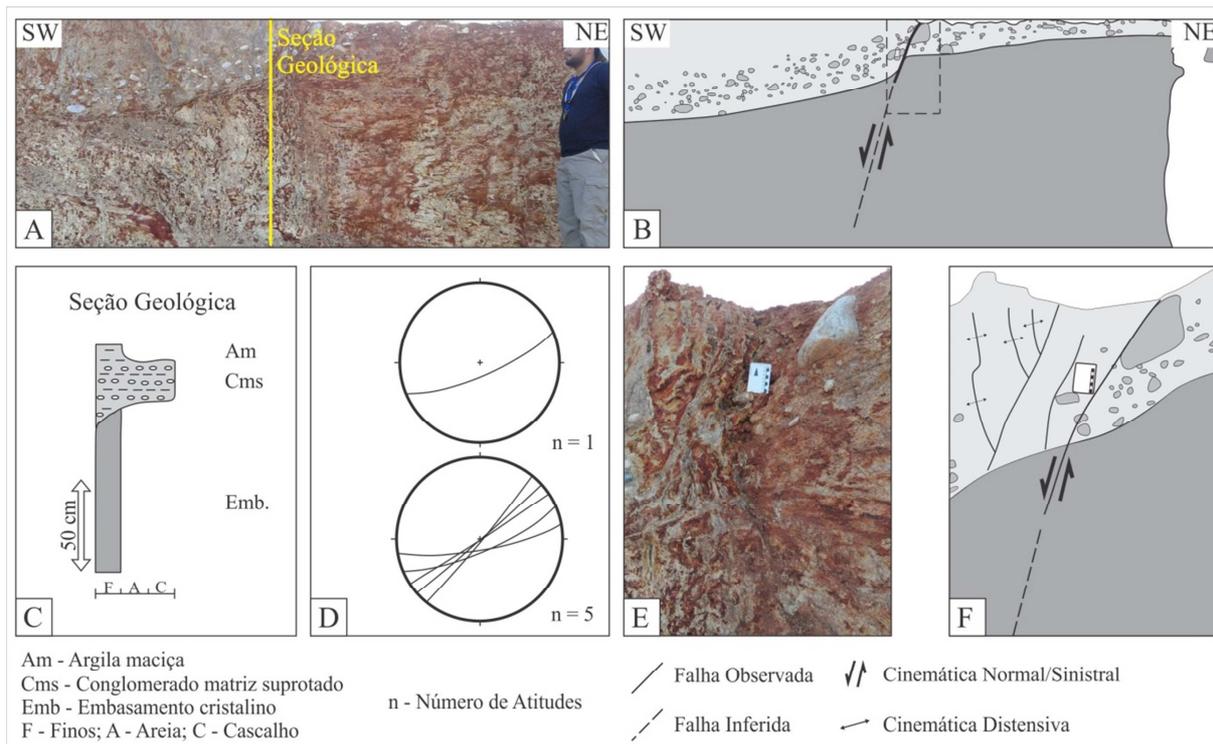


Figura 4. (A) afloramento e localização da seção geológica; (B) desenho de (A), onde se observa uma falha de direção NE/SW do embasamento cristalino que se propaga para cima, atingindo os Sedimentos Pós-Barreiras; (C) perfil litoestratigráfico de (A); (D) representação polar dos planos de falha (uma medida) e de fraturas (cinco medidas), hemisfério inferior; (E) foto do afloramento referente ao retângulo tracejado em (B); (F) desenho do conjunto de fraturas associadas à falha principal.

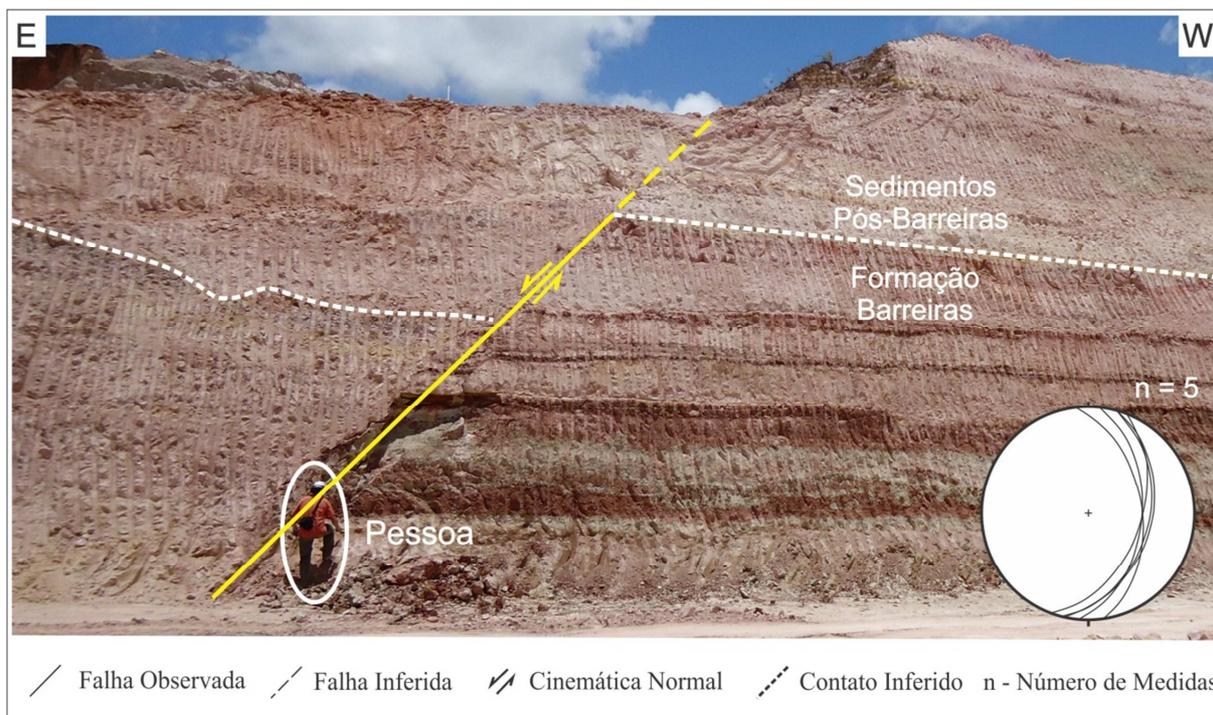


Figura 5. Falha de crescimento, de direção N/S que intercepta depósitos da Formação Barreiras e se propaga para cima através dos Sedimentos Pós-Barreiras na localidade de Comporta, Recife.

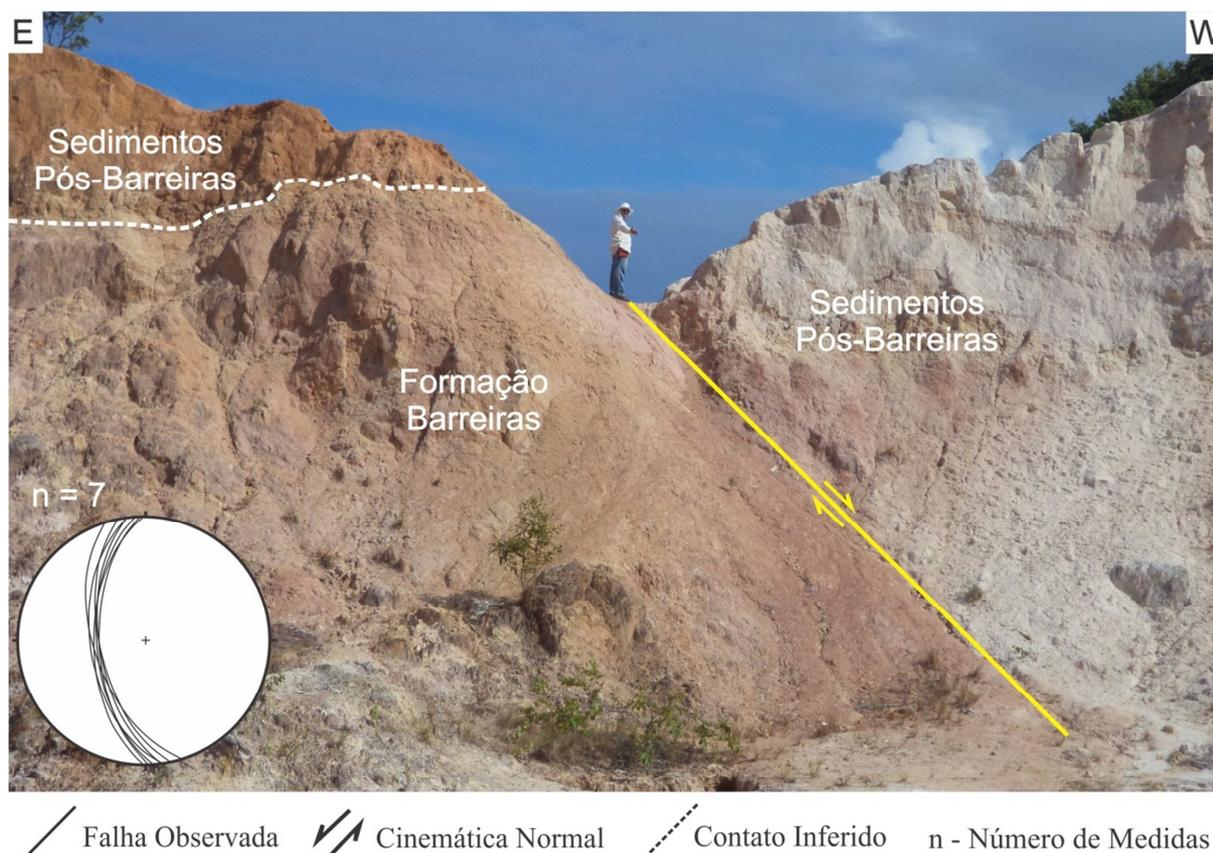


Figura 6. Falha de direção NNW/SSE com rejeito de vários metros, que resultou no posicionamento lateral de unidades litoestratigráficas distintas na Ilha de Itamaracá.

A maioria dos lineamentos morfoestruturais associados com o embasamento cristalino encontram-se subordinados a três direcionamentos principais NE-SW, NW-SE e E-W e esses são coincidentes com os direcionamentos dos lineamentos morfoestruturais que ocorrem sobre as unidades sedimentares na porção sul da Bacia Paraíba. Esses resultados coincidem com os obtidos previamente para a porção central dessa bacia (Bezerra et al., 2001, 2008; Brito Neves et al., 2004, 2005; Andrades-Filho & Rossetti, 2012). Tal padrão foi também registrado na Bacia Potiguar (Moura Lima et al., 2011; Castro et al., 2012). Trabalhos de campo revelaram direcionamentos desses lineamentos coincidentes com falhas normais na Formação Barreiras. Entretanto, o direcionamento N-S, subordinado nos mapas de lineamentos morfoestruturais, mostrou-se frequente durante os trabalhos de campo.

O padrão rúptil que afeta a cobertura cenozoica da área está associado ao campo de paleotensões da Bacia Paraíba e é compatível com eventos neotectônicos registrados em outras regiões do Nordeste do Brasil (p.ex., Bezerra et al., 2008; Lima Neto et al.).

4. Conclusões

Dos quatro conjuntos direcionais de lineamentos estruturais (i.e., NE-SW, E-W, NW-SE e N-S), registrados na área de estudo localizada no sul da Bacia Paraíba os dois primeiros têm relação com estruturas conhecidas no embasamento e representam reativações. As quatro direções de lineamentos morfoestruturais citadas acima correspondem a falhas que afetam unidades quaternárias e miocênicas dessa bacia. Ramificações dúcteis, de direção ENE, relacionadas à Zona de Cisalhamento Pernambuco, também foram reativadas, sendo expressas nos depósitos sedimentares neógenos e quaternários. Zonas de cisalhamento dúcteis do embasamento, de direção NE, continuam na bacia sob a forma de lineamentos morfotectônicos (p.ex., o Graben de Goiana).

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro através de bolsa de doutorado fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES ao primeiro autor. O suporte logístico que foi oferecido pelo programa de Pós-Graduação em Geofísica e Geodinâmica – PPGG/UFRN. Esta pesquisa foi parcialmente patrocinada pela FAPESP, projeto # 13/50475-5.

Referências Bibliográficas

Andrades Filho, C.O.; Rossetti, D.F.; Bezerra, F.H.R.; Medeiros, W.E.; Valeriano, M.M.; Cremon, E.H.; Oliveira, R.G. Mapping Neogene and Quaternary sedimentary deposits in northeastern Brazil by integrating geophysics, remote sensing and geological field data. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 56, p. 316-327, 2014.

Andrades Filho, C.O.; Rossetti, D.F. Caracterização morfoestrutural da parte central emersa da Bacia Paraíba (PB). São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 31, n. 1, p. 13-29, 2012.

Bezerra, F.H.R.; Brito Neves, B.B.; Corrêa, A.C.B.; Barreto, A.M.F.; Suguio, K. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin: the Cariatá Trough, Northeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 97, n. 3-4, p. 555-582, 2008.

Bezerra, F.H.R.; Amaro, V.E.; Vita-Finzi, C.; Saadi, A. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in Northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Science**, v. 14, p. 61-75, 2001.

Brito Neves, B.B.; Riccomini, C.; Fernandes, T.M.G.; Sant'anna, L.G.O sistema tafrogênico terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado Proterozóico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, p. 127-134, 2004.

Brito Neves, B.B.; Van Schmus, W.R.; Kozuch, M.; Santos, E.J.; Petronilho, L. A Zona Tectônica Teixeira Terra Nova - ZTTTN - Fundamentos da Geologia Regional e Isotópica. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo-SP, v. 5, n. 1, p. 57-80, 2005.

de Castro, D.L.; Bezerra, F.H.R.; Sousa, M.O.L.; Fuck, R.A. Influence of Neoproterozoic tectônica fabric on the origin of the Potiguar, northeastern Brazil and its links with West Africa based on Gravity and Magnetic Data. **Journal of Geodynamics**, v. 52, p. 29-42, 2012.

Jardim de Sá, E.F.; Alves da Silva, F.C.; Lima Filho, M.F. Antunes, A.F.; Cruz, L.R.; Almeida, C.B.; Nascimento, M.A.L.; Guedes, I.M.G.; Frutuoso Júnior, L.J.; Souza, Z.S.; Neumann, V.H.M.L. As relações de borda da sequência rifte na Sub-bacia de Pernambuco, NE do Brasil. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás, 2., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2003. Artigos, p. 1167-1172. Disponível em: <http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/2/1167.pdf>. Acesso em: 20 out. 2014.

Lima Filho, M.F.; Barbosa, J.A.; Souza, E.M. Eventos tectônicos e sedimentares nas Bacias de Pernambuco e da Paraíba: implicações no quebraamento do Gondwana e correlação com a bacia do rio Muni. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 25, n. 1, p. 117-126, 2006.

Moura-Lima, E.N.; Bezerra, F.H.R.; Lima-Filho, F.P.; de Castro, D.L.; Sousa, M.O.L.; Fonseca, V.P.; Aquino M.R. 3-D geometry and luminescence chronology of Quaternary soft-sediment deformation structures in gravels, northeastern Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 235, p. 160–171, 2011.

Tavares Junior, J.R. **Mapeamento do embasamento da Sub-bacia Olinda - PE e Sub-bacia Alhandra - PB usando modelagem gravimétrica e magnetométrica 2-D e 3-D**. 2008. 207 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Geociências, 2008.