

REATIVAÇÃO CENOZOICA DO SISTEMA DE FALHAS DE AFONSO BEZERRA, BACIA POTIGUAR

Elissandra Nascimento de MOURA-LIMA ¹, Maria Osvalneide Lucena SOUSA ²,
Francisco Hilário Rego BEZERRA ^{1,2,3}, David Lopes de CASTRO ^{1,2},
Rafaella Valéria Carvalho DAMASCENA ⁴, Marcela Marques VIEIRA ^{2,3},
Jean Michael LEGRAND ²

- (1) Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário – Lagoa Nova. Caixa Postal 1596. CEP 59078-970. Natal, RN.
Endereços eletrônicos : elissandramoura@yahoo.com; bezerrafh@geologia.ufrn.br; david@geologia.ufrn.br
- (2) Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário – Lagoa Nova. Caixa Postal 1639. CEP 59078-970. Natal, RN. Endereços eletrônicos: molucena@geologia.ufrn.br; rafaellavcarvalho@gmail.com; legrand@ccet.ufrn.br
- (3) Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo. Núcleo de Estudos em Petróleo e Gás Natural (NEPGN), Campus Universitário – Lagoa Nova. CEP 59072-970. Natal, RN.
- (4) CWA Consultores e Serviços de Petróleo. Avenida Raimundo Chaves, 1995 – Candelária. CEP 59064-390. Natal, RN. Endereço eletrônico: rafaellavcarvalho@gmail.com

Introdução
Bacia Potiguar
Métodos
Análise de Lineamentos
Mapeamento Estrutural
Levantamento Geofísico Através de Georradar
Determinação de Paleotensões a Partir de Falhas
Petrografia de Rochas de Falha
Silicificação em Arenitos
Silicificação e Brechação em Rochas Carbonáticas
Bandas de Deformação
Discussões
Análise do Sistema de Falhas Através da Interpretação de Produtos de Sensoriamento Remoto, Mapeamento Estrutural e Seção GPR
Estudo de Paleotensões
Análises Petrográficas
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – A sequência pós-rifte da Bacia Potiguar, no extremo nordeste brasileiro, já foi considerada pouco deformada, contudo inúmeros trabalhos vêm demonstrando como ela é afetada por importantes sistemas de falhas. O objetivo deste trabalho é evidenciar como o Sistema de Falhas de Afonso Bezerra, de direção NW-SE, deformou rochas aflorantes da Bacia Potiguar. Foram realizados estudos envolvendo sensoriamento remoto, mapeamento estrutural, geofísica rasa (georradar), paleotensões e petrografia. A expressão geomorfológica deste sistema é observada em imagens de satélite, através do controle de drenagens, altos topográficos silicificados e disposição de depósitos cenozoicos. O mapeamento estrutural e as seções de georradar indicaram que este sistema ocorre como juntas, falhas silicificadas e não-silicificadas e bandas de deformação, afetando principalmente as formações Açú, Jandaíra e Barreiras. Os dados petrográficos indicam que a forte silicificação deu às falhas um caráter selante. O estudo de paleotensões indica dois campos de tensões afetando o sistema de falhas: o primeiro, com compressão N-S, do Neocretáceo ao Mioceno; o segundo, com compressão E-W, atuou do Mioceno ao presente. Constatou-se assim que o Sistema de Falhas de Afonso Bezerra afeta todas as unidades litoestratigráficas pós-rifte da Bacia Potiguar, inclusive as coberturas quaternárias, e que foi reativado em períodos pós-campanianos.

Palavras-chave: Bacia Potiguar, Falha de Afonso Bezerra, Neógeno.

ABSTRACT – *E.N. de Moura-Lima, M.O.L. Sousa, F.H.R. Bezerra, D.L. de Castro, R.V.C. Damascena, M.M. Vieira, J.M. Legrand - Afonso Bezerra Faults System, Potiguar Basin.* The post-rift sequence of the Potiguar Basin, in the far northeastern Brazil, was once considered little deformed, however several studies have shown how that it was affected by major fault systems. The objective of this work is to show how the NW-SE-trending Afonso Bezerra Faults System deformed outcrop rocks of the Potiguar Basin. Studies remote sensing, structural mapping, shallow geophysics (georadar), paleotension and petrography. The geomorphological expression of this system is observed in satellite images by controlling drainage, silicified topographic elevations and shape of Cenozoic deposits. The structural mapping and the georadar sections indicated that this fault system occurs as fractures, silicified and non-silicified faults or deformation bands, affecting mainly the Açú, Jandaíra and Barreiras formations. The petrographic data indicate that the strong silicification resulted in a sealant character of the fault. Paleostress analysis indicates that two stress fields affected this fault system: the first presented N-S-trending compression, occurred from the Neocretaceous to the Miocene; the second stress field presented E-W-trending,

acted from the Miocene to the present. It was verified once the Afonso Bezerra System Faults affects all post-rift lithostratigraphic units of Potiguar Basin, including Quaternary sedimentary covers, and which was reactivated in periods post-Campanian.

Keywords: Potiguar Basin, Afonso Bezerra Fault, Neogene.

INTRODUÇÃO

Por muitos anos, foi dada pouca importância ao padrão deformacional pós-rifte que aflora na Bacia Potiguar (BP). Nos mapeamentos prévios (e.g., DNPM, 1998), o embasamento cristalino se apresentava densamente recortado por lineamentos estruturais, que eram descontinuados no contato com a bacia, sugerindo que certas estruturas não a afetavam. Estudos mais recentes (Bezerra & Vita-Finzi, 2000; Bezerra et al., 2001, 2008; Nogueira et al., 2006; Moura-Lima et al., 2010), porém, já demonstram como as rochas da BP são atingidas por deformação tectônica, provocada por diferentes sistemas de falhas, principalmente pelo de Carnaubais, com direção NE-SW, e pelo Sistema de Falhas de Afonso Bezerra (SFAB), com direção NW-SE.

A identificação e o significado das feições tectônicas de maior porte são normalmente difíceis, sobretudo em áreas cuja intensidade da deformação é baixa. Em muitos casos, o mapeamento dos sistemas de falhas é obtido através da análise estrutural de mesoestruturas, que, em geral, correspondem à impressão do tectonismo regional em afloramento. Muitas estruturas em escala de afloramento, a despeito de sua relevância, não são grandes o suficiente para serem detectadas em levantamentos sísmicos; também

não estão adensadas o bastante para serem identificadas em dados de poços. Logo se tem a necessidade de caracterizar melhor as mesoestruturas.

Um dos mais importantes sistemas de falhas pós-rifte é o SFAB, que compreende um conjunto de falhas de direção NW-SE subparalelas, transversais à BP, aflorando quase que continuamente de um extremo a outro na parte *onshore* da bacia. Alguns trabalhos recentes já mostraram dados específicos sobre o SFAB (Dantas, 1998; Dantas, 2004; Melo, 2005; Legrand et al., 2008). Entretanto uma caracterização detalhada mais abrangente ainda não foi feita.

O presente trabalho se dedicou, em especial, ao Sistema de Falhas de Afonso Bezerra (SFAB), que se estende desde o município de Pedro Avelino até o município de Tibau, ambos no estado do Rio Grande do Norte (Figura 1). Reuniram-se diferentes enfoques sobre este sistema de falhas, envolvendo sensoriamento remoto, mapeamento estrutural, levantamento geofísico, estudo de paleotensões e petrografia. Cada um destes enfoques tem o objetivo de ratificar quão recente é a atuação do SFAB, demonstrando como elementos geomorfológicos, sedimentares e estruturais foram recém-afetados por esse sistema.

BACIA POTIGUAR

A Bacia Potiguar (BP) se encontra no extremo nordeste brasileiro, compreendendo aproximadamente uma faixa E-W, segundo a direção da costa local. É limitada a N e E pelo oceano Atlântico até a cota batimétrica de -2.000 m; a NW, pelo Alto de Fortaleza; a S e W, pelo embasamento cristalino, que é formado essencialmente por complexos gnáissico-migmatíticos intensamente deformados e intrudidos por suítes de rochas plutônicas (CPRM, 2003; CPRM, 2006). Pessoa Neto et al. (2007) inferiram uma área de aproximadamente 48.000 km² para a bacia, sendo 45% de áreas emersas. Eles diferenciaram três supersequências: Rifte, Pós-rifte e Drifte. A Supersequência Rifte corresponde a duas fases de rifteamento e foi depositada no Cretáceo Inferior, sendo representada pelos depósitos flúvio-deltaicos e lacustres das Formações Pendência e Pescada (Berriasiano/Eoaptiano). A Supersequência Pós-rifte foi depositada durante o Andar Alagoas, sendo caracterizada pela deposição de uma sequência flúvio-deltaica, com os primeiros registros de ingressão marinha (Formação

Alagamar). A Supersequência Drifte, correspondente à fase de evolução tectônica terminal, foi depositada entre o Albiano e o Recente e é caracterizada por uma sequência flúvio-marinha transgressiva (Formações Açu, Ponta do Mel, Quebradas, Jandaíra e Ubarana), recoberta por uma sequência clástica e carbonática regressiva (Formações Ubarana, Tibau e Guamaré). Rochas vulcânicas associadas à Formação Macau foram depositadas entre o Eoceno e o Oligoceno na bacia. Recobrando estas formações, ocorrem depósitos quaternários: Aluvionares Antigos, Mangues, Litorâneos Praiais, Dunas, Aluvionares de Canal, Aluvionares de Planície de Inundação, Flúvio-lacustrinos e Flúvio-marinhos (Moura-Lima et al., 2010).

Segundo Matos (1992), a Bacia Potiguar foi implantada sobre as rochas do embasamento cristalino, aproveitando seu *trend* predominante de direção NE-SW durante o Eocretáceo, sendo o Sistema de Falhas de Carnaubais o principal sistema do Rifte Potiguar. Por outro lado, Hackspacher & Oliveira (1984) associaram o Sistema de Falhas de Carnaubais a uma

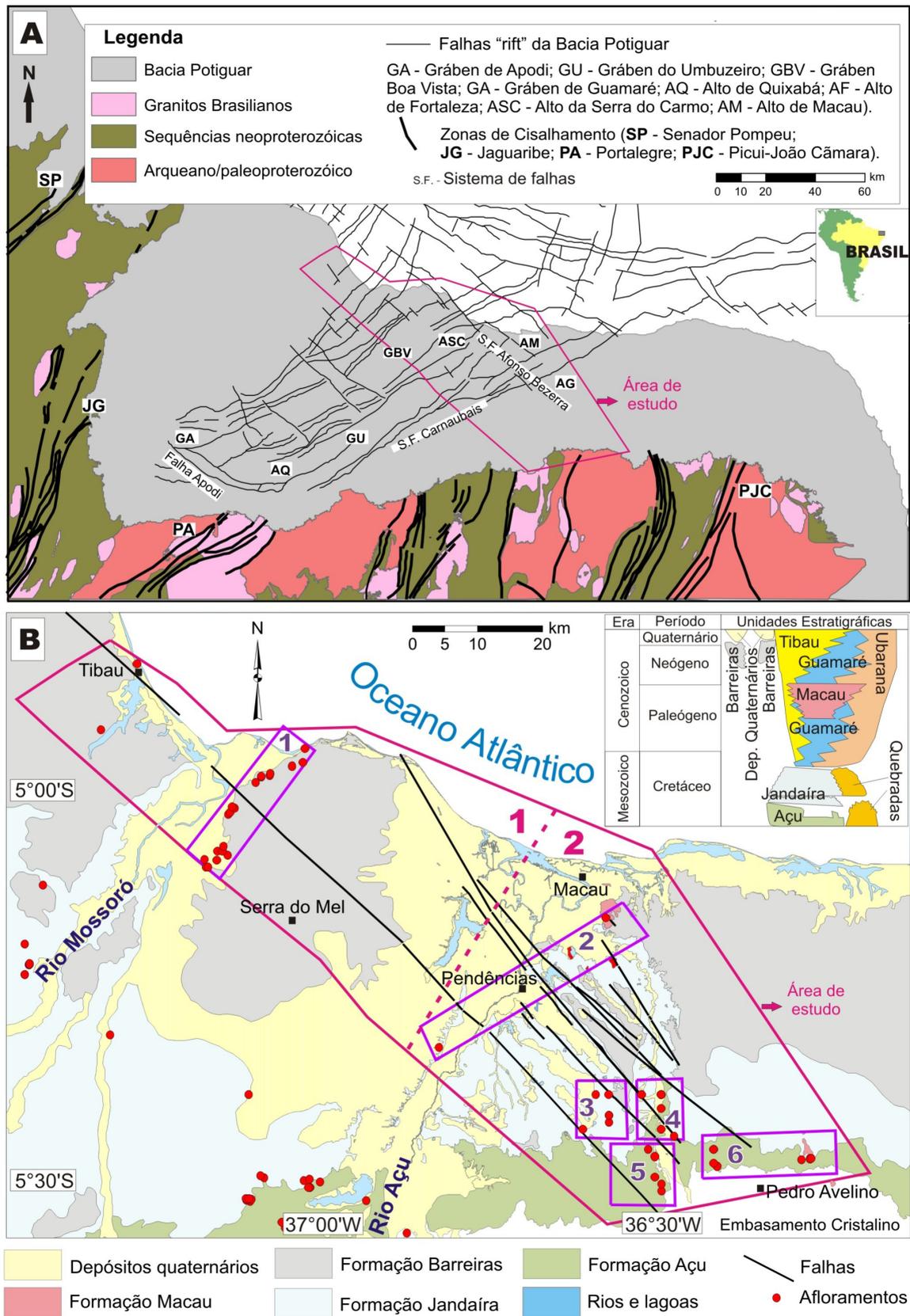


FIGURA 1. (A) Arcabouço estrutural da Bacia Potiguar. (B) Localização da área de estudo, com parte da coluna estratigráfica da bacia, abrangendo unidades ilustradas no mapa (simplificada de Pessoa Neto et. al., 2007). O tracejado magenta separa duas zonas, abordadas nas Figuras 3 e 5; os polígonos lilás representam áreas abordadas na Figura 7.

possível reativação da Zona de Cisalhamento de Portalegre, que atuou durante o Brasiliano.

Outro importante sistema de falhas na BP é o de Afonso Bezerra, com direção NW-SE, abordado neste trabalho. Oliveira et al. (1993) interpretam a Falha de Afonso Bezerra como uma estrutura frágil instalada sobre uma descontinuidade pré-cambriana. Tal descontinuidade teria sido reativada no limite Cretáceo-Terciário como uma zona de falha transpressiva, com rejeito direcional dextral e reverso. Matos (1992) definiu estas estruturas como sendo falhas de transferência, que atuaram durante a fase rifte. Cremonini et al. (1996) caracterizaram este padrão de falhamento NW-SE e NE-SW na porção submersa da bacia como sendo o produto de superposição de fases de rifteamento. Hackspacher et al. (1985) interpretaram as estruturas

NW-SE como produto de reativações pós-campanianas. Cremonini e Karner (1995) postulam que um soerguimento termal regional, associado à deposição da Supersequência Drifte (Pessoa Neto et al., 2007), teria provocado a reativação de falhamentos importantes, como o de Afonso Bezerra. Jardim de Sá et al. (1999) mostram que a reativação das estruturas pré-cambrianas no Cretáceo estão representadas pelos sistemas de falhas de Afonso Bezerra (transcorrente dextral) e de Carnaubais (transcorrente sinistral), associada a um rápido pulso de inversão na Bacia Potiguar, de idade mínima neocampaniana.

As unidades aflorantes afetadas pelo SFAB e exploradas nesta pesquisa são as formações Açú, Jandaíra, Macau, Barreiras e as coberturas sedimentares quaternárias.

MÉTODOS

Este estudo do SFAB utilizou diferentes ferramentas: análise de lineamentos, mapeamento estrutural, levantamento geofísico através de Georadar, estudo de paleotensões e petrografia.

Para a análise de lineamentos, foram usadas imagens orbitais do satélite *Landsat 7-ETM+* e imagens digitais do radar *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), com resolução de 30 m. Foram geradas composições coloridas RGB a partir das imagens do sensor *Landsat* e, posteriormente, essas composições foram submetidas a modificações de contrastes, através de métodos de transformações não lineares (Gaussiana, Logarítmica e Equalização), presentes no Programa *ENVI v 4.0*. O processamento digital e integração das imagens *Landsat 7 ETM+* e dos dados SRTM possibilitaram uma apresentação tridimensional do modelo digital de elevação, que auxiliou na compreensão do comportamento de feições geomorfológicas e estruturais.

O mapeamento estrutural de campo se deu ao longo de toda região afetada pelo SFAB, descrevendo afloramentos, coleta de amostras e medidas estruturais. Os lineamentos identificados na análise de sensoriamento remoto foram estudados em campo, para conferir sua correlação com estruturas rúpteis.

O levantamento geofísico foi realizado com o uso de um Radar de Penetração no Solo (*Ground Penetrating Radar – GPR*) na praia de Ponta do Mel.

Os dados da seção GPR foram adquiridos com um equipamento SIR-300 (GSSI), constituído de uma unidade de controle, cabos ópticos blindados e antenas monoestáticas, com frequência de 400 MHz. A janela temporal adotada para a recepção dos dados eletromagnéticos foi estabelecida em 150 ns, a qual, para uma velocidade de propagação das ondas EM estimada em 0,12 m/ns, permitiu uma profundidade de investigação teórica de até 9,0 m. Os dados GPR foram processados com os programas *RADAN for Windows 6.5* e *Reflexw 5.5*. Com o objetivo de melhorar a razão sinal/ruído, um procedimento padrão de processamento digital foi aplicado na linha GPR, conforme a seguinte sequência: (a) correção do tempo zero; (b) remoção de ruídos da indução eletromagnética (*dewow*); (c) remoção do *background* GPR; (d) aplicação de uma função ganho; (e) balanceamento espectral.

Em posse dos dados estruturais adquiridos em campo, tornou-se possível a análise de paleotensões. Os dados estruturais foram analisados no programa *TectonicsFP*, que calcula a orientação dos paleotensores segundo Angelier (1994).

Foram confeccionadas 52 lâminas delgadas impregnadas para descrição petrográfica. Além da identificação dos aspectos texturais básicos, foi feito um estudo das transformações minerais, onde se observou a atuação de processos como silicificação e geração de bandas de deformação.

ANÁLISE DE LINEAMENTOS

A análise do SFAB através da interpretação de produtos de sensoriamento remoto teve como principal objetivo a obtenção de elementos estruturais

regionais, para posterior correlação com dados estruturais de campo.

Os lineamentos obtidos a partir da SRTM

apresentam orientação preferencial NW-SE e, secundariamente, E-W, N-S e NE-SW (Figura 2). Os lineamentos NW-SE são evidentes na Serra do Mel, marcados por canais de drenagem secundários na borda da serra, principalmente na sua porção NW. A leste do Rio Açú, os lineamentos NW-SE se adensam, marcados pela disposição espacial dos depósitos quaternários, riachos e lagoas. Os depósitos quaternários correspondem a altos topográficos, paralelos aos vales de drenagens, que expõem a Formação Jandaíra. Estas drenagens deságuam em lagoas (Queimado e Pedra), que também se apresentam alinhadas segundo a direção NW-SE.

Os lineamentos secundários estão associados principalmente a pequenas drenagens. Os lineamentos NE-SW correspondem ainda a porções de feições mais relevantes como os rios Açú, Mossoró, Riacho do Umbuzeiro e Lagoa Lagamar e também ao eixo principal central do topo da Serra do Mel. Esses lineamentos secundários não se relacionam ao SFAB (Figura 2).

A silicificação nos calcários da Formação Jandaíra e arenitos das formações Açú e Barreiras, no Sistema de Afonso Bezerra, produz lineamentos marcados pelos altos topográficos.

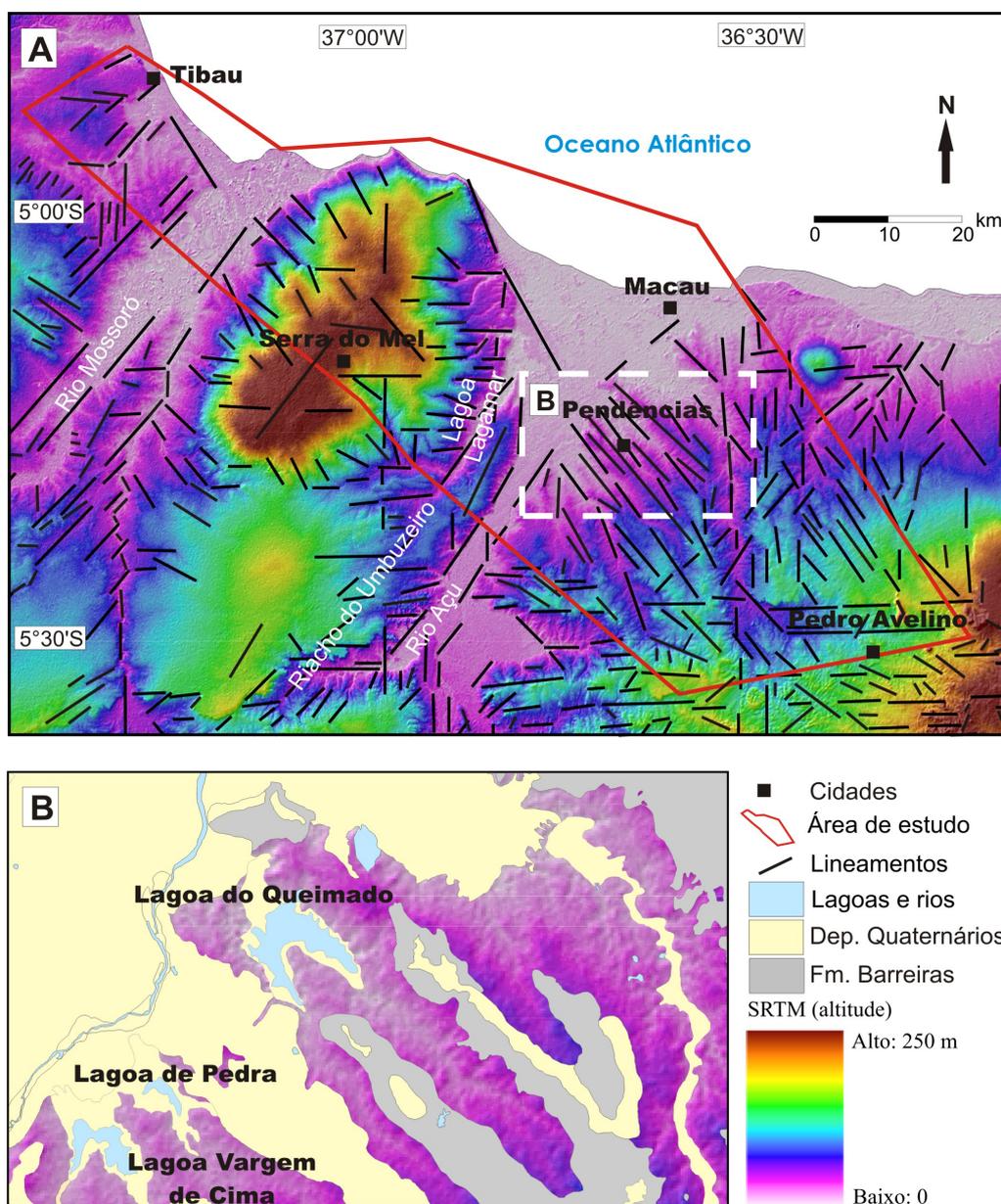


FIGURA 2. (A) Mapa de lineamentos. (B) Detalhe, destacando o alinhamento dos depósitos cenozoicos e lagoas, segundo direção NW-SE.

MAPEAMENTO ESTRUTURAL

A área estudada, que abrange o SFAB, foi subdividida em duas zonas para tratamento estatístico das falhas mesoscópicas (aquelas em escala de afloramento). A Zona 1 corresponde à porção noroeste da área, enquanto a Zona 2 corresponde à porção SE, englobando o Rio Açu (Figura 3). Só foram consideradas para este tratamento as falhas com cinemática comprovada por rejeito observado em campo.

A Zona 1 é mais recoberta por depósitos quaternários e compreende apenas a 4% dos dados de falhas coletados. A Zona 2 apresenta as maiores exposições das formações cretáceas e compreende 96% destes dados. Observações de campo indicam que as falhas em escala mesoscópica afetaram rochas das formações Açu, Jandaíra, Macau e Barreiras, entretanto tais falhas ocorrem predominantemente em rochas cretáceas das formações Açu e Jandaíra (Figura 4 e Prancha 1). Assim a zona que apresenta números significativamente maiores de afloramentos e dados

de falha é aquela com maior exposição das formações cretáceas.

Quanto à orientação, as falhas mesoscópicas apresentam dominâncias diferentes nas zonas. As falhas com direção NW-SE (principalmente no intervalo entre 330° e 350° Az e ainda na direção 300° Az) foram mapeadas somente na Zona 2. Isso não significa que as falhas NW-SE não estejam presentes na Zona 1. Elas apenas não foram incluídas no tratamento estatístico por não satisfazerem a exigência inicial de apresentar cinemática identificada em campo. As falhas com direção NE-SW (principalmente 045° Az) foram mapeadas em toda área, mas se destacam na Zona 1. As falhas N-S foram mapeadas nas duas zonas.

Quanto à cinemática, considerando o total dos dados coletados conjuntamente nas duas zonas, as falhas são predominantemente normais (76%) e dextrais (16%). Subordinadamente, verificam-se falhas sinistras (6%) e reversas (2%). Essa proporção geral

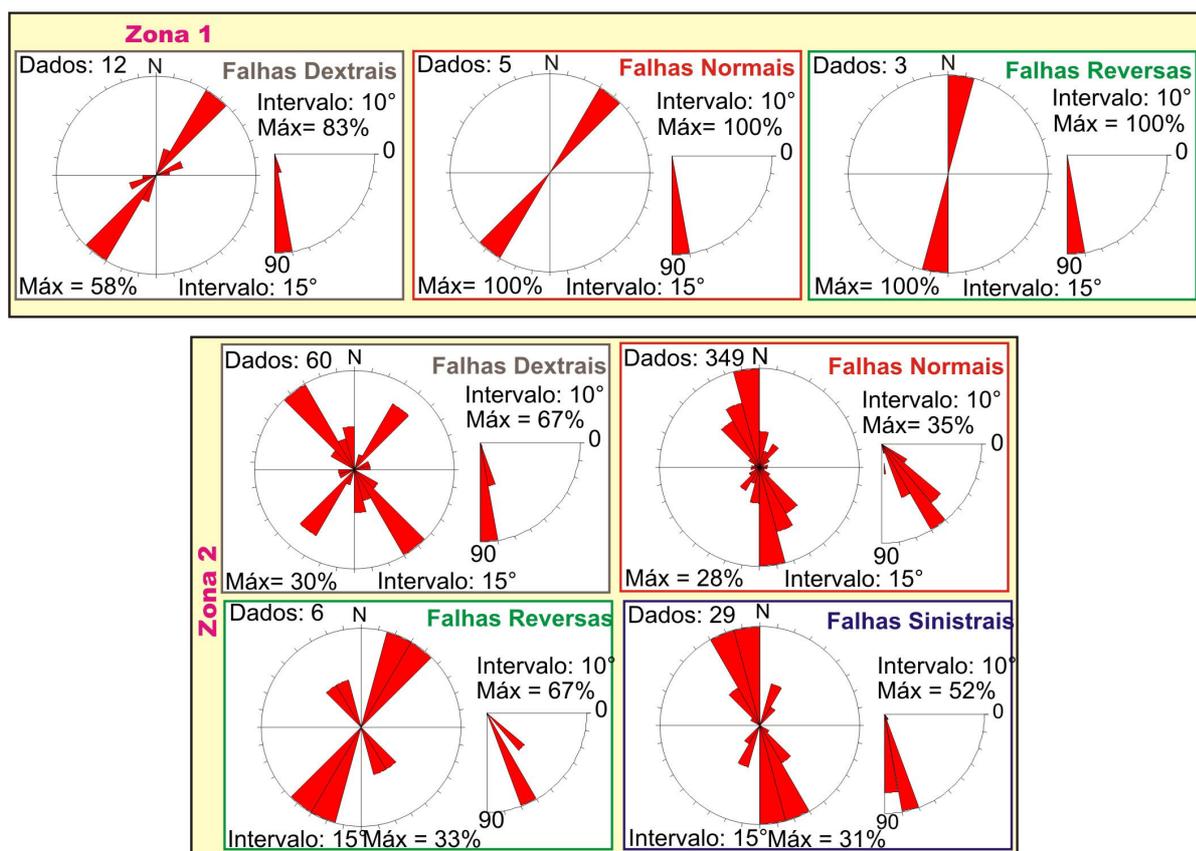


FIGURA 3. Diagramas de roseta representando o comportamento de mesofalhas no Sistema de Falhas de Afonso Bezerra, o qual foi dividido em 2 zonas (ver Figura 1, tracejado e polígono na cor magenta).

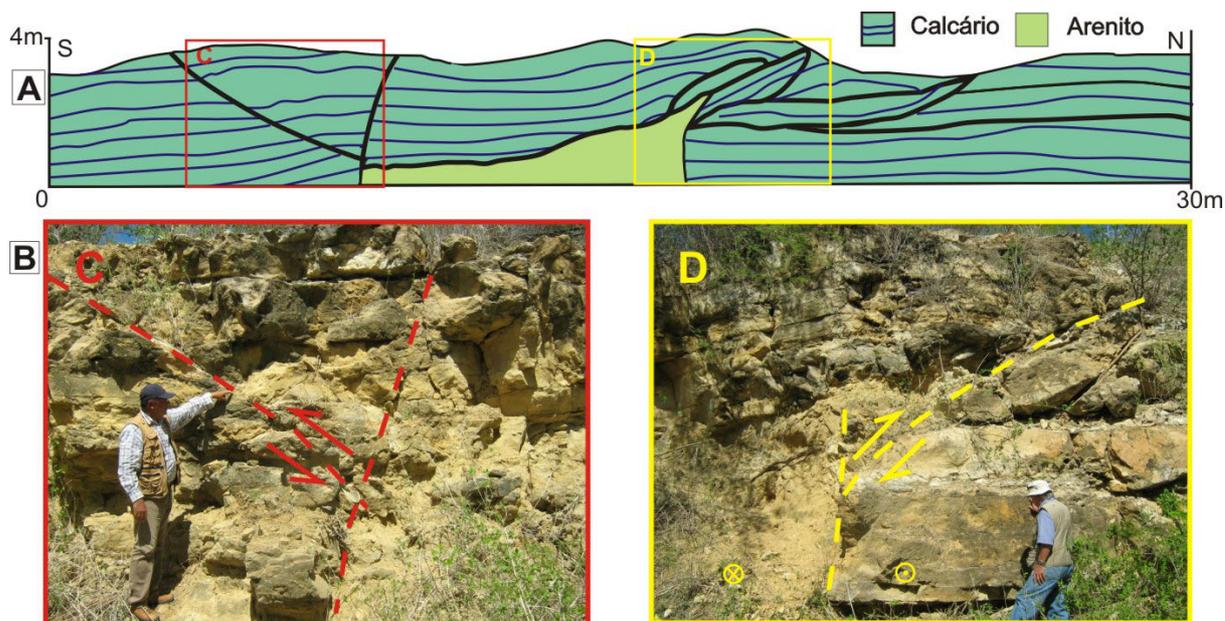
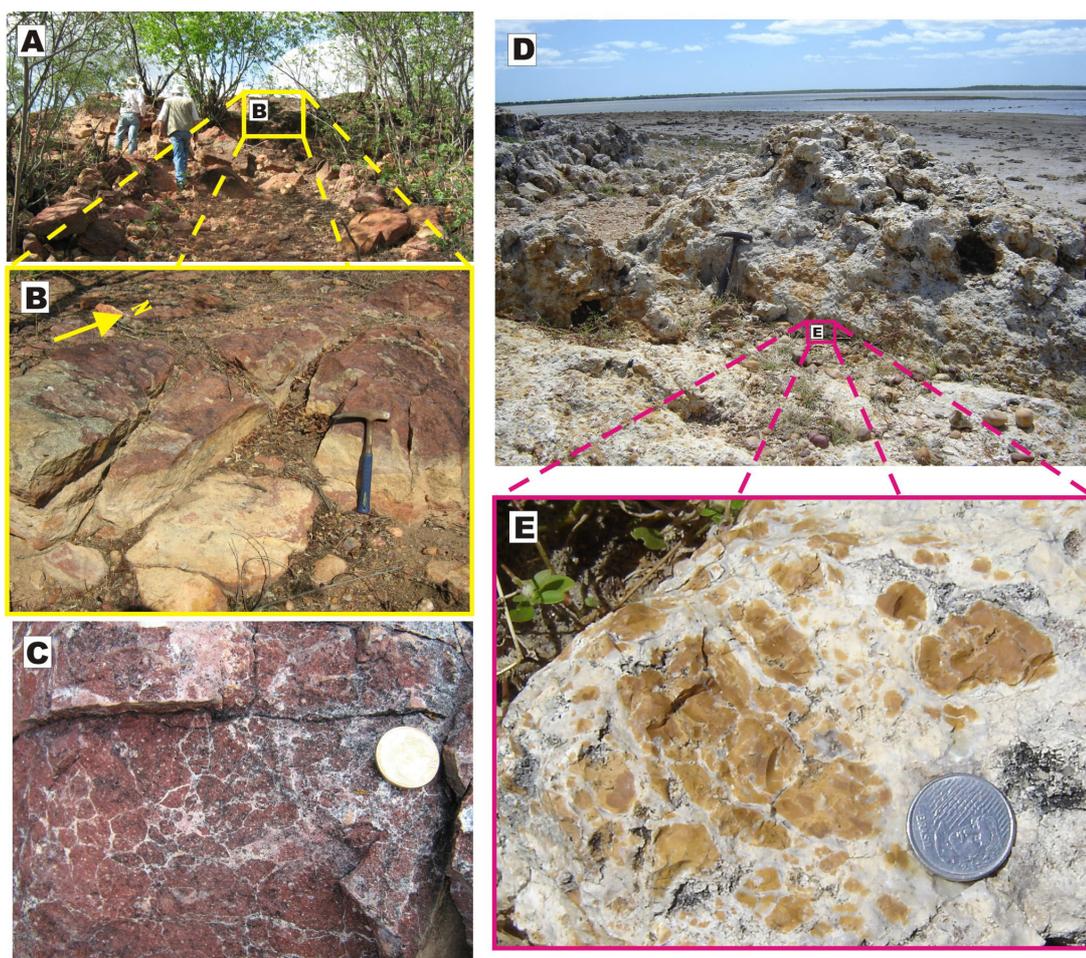


FIGURA 4. Falhas no calcário da Formação Jandaíra; a falha principal é transpressional dextral, promovendo, na base, o contato lateral entre este calcário e arenito na Formação Açú.

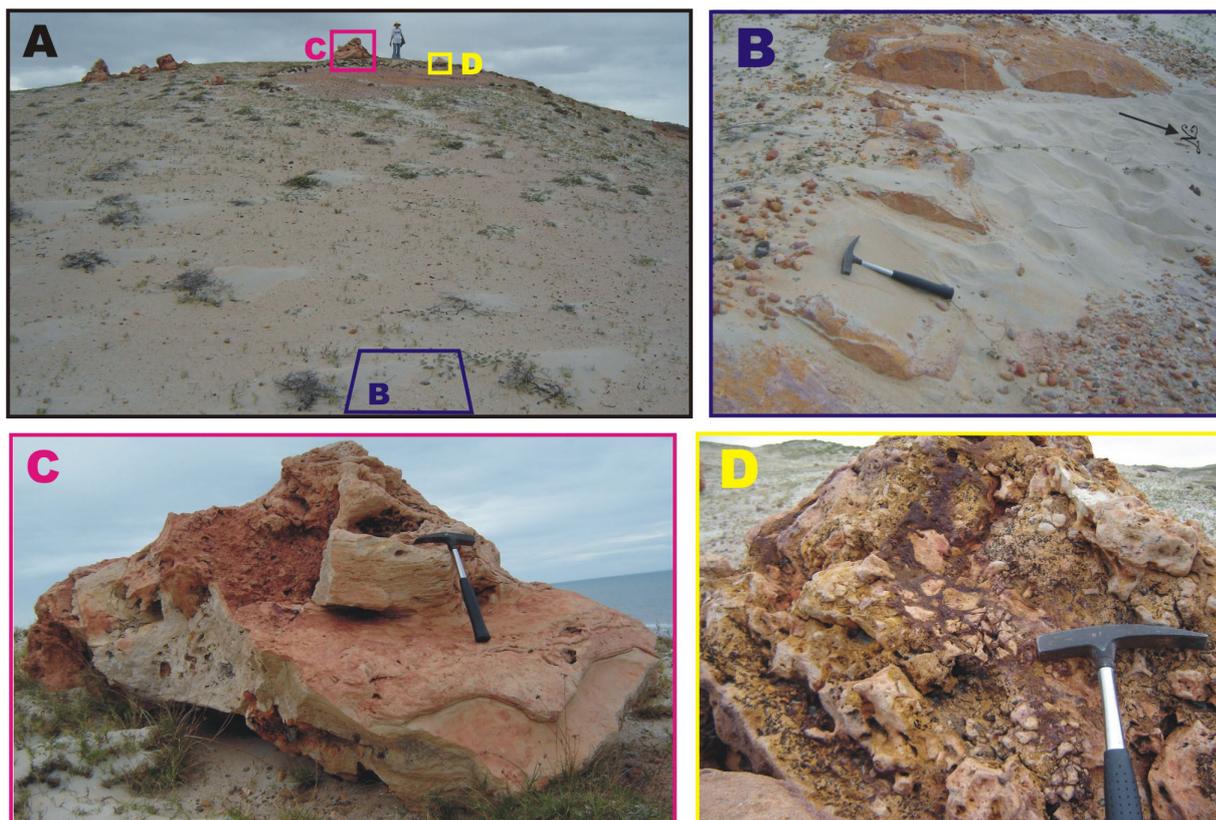


PRANCHA 1. (A) Topo de morro alinhado segundo a direção NW-SE. (B) Detalhe da Prancha 1 A: Arenito da Formação Açú parcialmente silicificado e fraturado, preservando o topo de um morro. (C) Arenito da Formação Açú ferruginoso com venulações de sílica amorfa. (D) Calcário silicificado e brechado aflorante na borda da Lagoa do Queimado. (E) Detalhe da Prancha 1 D.

reflete especialmente o que ocorre na Zona 2, já que seus dados são significativamente mais numerosos.

Em escala de afloramento, observou-se uma forte silicificação ao longo de falhas. Este processo atua em vários trechos do SFAB. Alguns afloramentos mostram silicificações de arenito das formações Açú, principalmente, e Barreiras, resultando em altos topográficos orientados segundo o *trend* NW-SE do SFAB (Prancha 1). Na porção NW da área, veios de sílex afloram em

altos topográficos, cortando arenitos da Formação Barreiras. Na praia de Ponta do Mel, foram observados blocos de arenito silicificado, com tamanho aproximado de 1 m, dispostos sobre dunas e morro (Prancha 2). Nesta área, vários altos se confundem à distância com dunas, mas são, na verdade, elevações constituídas por arenitos silicificados da Formação Barreiras cortados por falhas NW-SE, com uma fina cobertura de areia (Prancha 2).



PRANCHA 2. (A) Alto topográfico silicificado em meio a dunas, na Praia de Ponta do Mel. (B) Planos de falhas em arenitos da Formação Barreiras. (C) Bloco silicificado com textura original totalmente obliterada. (D) Brecha hidráulica com clastos de calcário silicificado e matriz silicosa.

Os calcários da Formação Jandaíra, afetados por processos de silicificação e brechação, são encontrados em vários pontos ao longo da área. Uma das melhores exposições ocorre no entorno da Lagoa do Queimado (Figura 2 B e Prancha 1), que corresponde ao traço da Falha de Afonso Bezerra em superfície. Na Lagoa da Pedra, vizinha à Lagoa do Queimado (Figura 2 B), o calcário apresenta menor intensidade de brechação e silicificação.

Bandas de deformação foram identificadas nas rochas da Formação Açú e ocorrem como falhas de poucos milímetros a centímetros de largura e apresentam cinemática transcorrente e geometria anasto-

mosada, com rejeito da ordem de poucos milímetros a alguns centímetros, e granulometria mais fina que a rocha encaixante. Estas bandas estão desenvolvidas em arenitos médios a grossos e arenitos conglomeráticos e são facilmente reconhecidas por se apresentarem como ressaltos no relevo do afloramento e, algumas vezes, por exibirem uma variação na coloração em relação à rocha encaixante. As bandas de deformação refletem a atividade tectônica do SFAB. Diversos indicadores foram utilizados como critério cinemático de falhas. Através destes, concluiu-se que as bandas de deformação correspondem, predominantemente, a falhas transcorrentes dextrais

NW-SE e, subordinadamente, a dextrais NE-SW, além de sinistrais NW-SE, às vezes com componente oblíquo associado.

Dezenas de estruturas de liquefação foram mapeadas ao longo da área afetada pelo SFAB.

As juntas representam as estruturas que ocorrem com mais frequência na área, abundantes em todas as unidades lito-estratigráficas, sendo principalmente verticais. Assim como para as falhas, o tratamento estatístico das juntas foi realizado separadamente para

as duas zonas: a região a NW da área (Zona 1) e a região a SE da área (Zona 2) (Figura 5). As juntas com direção NW-SE predominam, principalmente entre 300° e 330° Az. As juntas N-S, E-W e NE-SW (aproximadamente 060° Az) também são expressivas. Identificou-se ainda uma relação temporal entre os três *sets*: as juntas NE-SW (J1) são geralmente as mais antigas; as E-W, de idade intermediária (J2) e as NW-SE são mais novas (J3). Não foi possível estabelecer uma relação temporal consistente para as juntas N-S.

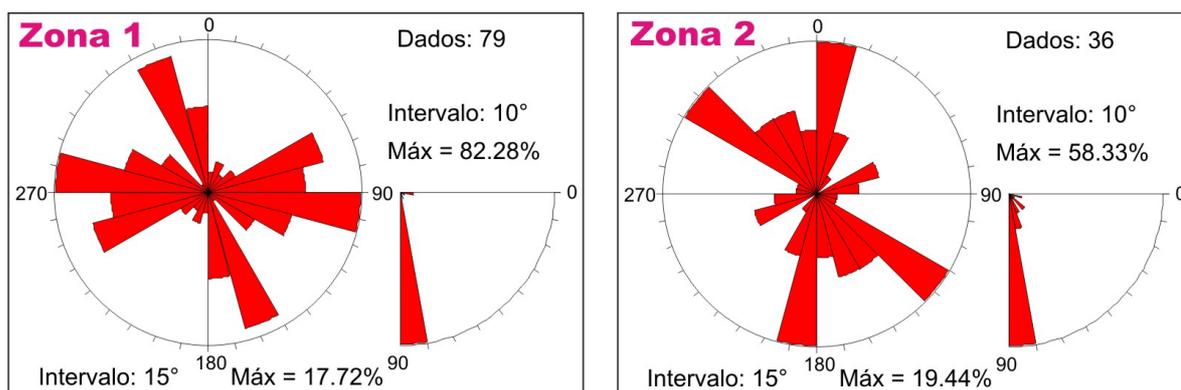


FIGURA 5. Diagramas de roseta representando o comportamento de juntas no Sistema de Falhas de Afonso Bezerra, que foi dividido em 2 zonas (ver Figura 1, tracejado e polígono na cor magenta).

LEVANTAMENTO GEOFÍSICO ATRAVÉS DE GEORRADAR

Um levantamento geofísico foi realizado com o uso de um Radar de Penetração no Solo (*Ground Penetrating Radar* – GPR) na praia de Ponta do Mel com o objetivo de obter evidências do comportamento do SFAB em subsuperfície, ou seja, identificar porções falhadas nos arenitos da Formação Barreiras. Esta região corresponde ao extremo setentrional aflorante de um dos lineamentos incluídos no SFAB. Sua expressão em superfície é observada através de planos de falhas e silicificações de arenitos da Formação Barreiras (Prancha 2), com direção aproximada 330° Az. Localmente, a linha de costa segue aproximadamente a direção da falha, sugerindo controle tectônico na morfologia.

A camada mais superficial investigada pelo GPR corresponde a terraços da Formação Barreiras, com paleocanais aproximadamente perpendiculares à linha de costa atual. Por este motivo, a melhor direção da seção GPR, para visualizar as estruturas sedimentares com mergulhos verdadeiros, seria paralela à linha de costa, isto é, aproximadamente 330° Az. Por outro lado, considerando a melhor forma de visualizar o mergulho

verdadeiro da falha, a direção da seção GPR deveria ser perpendicular a esta falha, isto é, ele deveria ser de aproximadamente 240° Az. Para satisfazer às duas necessidades, a seção GPR teve seu início mais próximo ao mar e seguiu 140 m no sentido 290° Az, para o interior do continente.

A seção GPR processada apresenta sequências de extensos refletores plano-paralelos com alta amplitude, levemente inclinados e localmente deformados por falhas subverticais (Figura 6). Os fortes refletores aparentemente revelam sequências mais silicificadas do pacote sedimentar, responsáveis pela retenção de água intersticial e aumento dos coeficientes de reflexão destas unidades siliciclásticas. Ao longo de toda a seção GPR, estas sequências refletivas mostram-se descontínuas, correspondendo a dezenas de falhas macro a mesoscópicas, com rejeitos centimétricos a métricos (Figura 6 B a 6 F). Nas porções central e oeste da seção GPR, sequências de fortes refletores escalonados indicam paleocanais falhados, completo e incompletos respectivamente (Figura 6 G a 6 I).

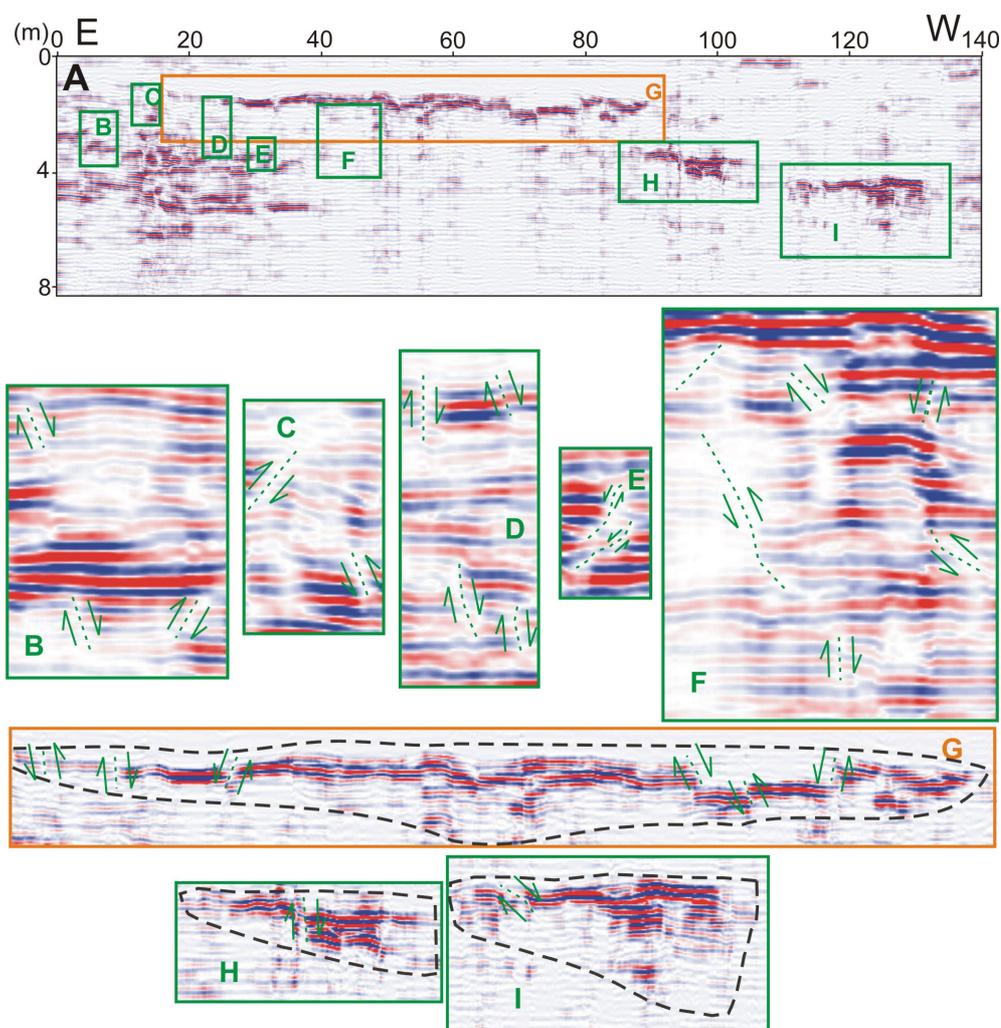


FIGURA 6. (A) Seção GPR em arenito da Formação Barreiras. De (B) a (F) Detalhes do perfil, ressaltando algumas das dezenas de falhas. (G) Paleocanal falhado. (H) e (I) Paleocanais incompletos falhados.

DETERMINAÇÃO DE PALEOTENSÕES A PARTIR DE FALHAS

A partir das observações de campo e projeções ciclográficas, estudaram-se formas para agrupar as falhas segundo a compatibilidade cinemática e cronológica. A melhor forma de reunir as falhas em grupos de mesma idade e cinemática foi separá-las em dois grupos, “A” e “B”.

O Grupo A reúne as falhas dexas NW-SE, sinistrais NE-SW, normais com direção aproximada N-S e reversas com direção aproximada E-W. O Grupo B reúne as falhas dexas NE-SW, sinistrais NW-SE, normais com direção aproximada E-W e reversas com direção aproximada N-S.

Constatou-se que cada grupo (A e B) poderia ser relacionado respectivamente a um campo de tensão, denominados neste trabalho de Campo 1 e Campo 2. Os campos associam-se a um triedro de esforços compressivos, onde os tensores de máxima, intermediária e mínima compressão estão designados

respectivamente como σ_1 , σ_2 e σ_3 .

Os afloramentos foram agrupados em 6 áreas distintas, segundo a geografia, similaridades litológicas e/ou estruturais (Figura 7). Com exceção de algumas áreas que não tinham dados suficientes do ponto de vista estatístico, foram gerados diagramas de paleotensões para cada campo e para cada área, demonstrando variações na atuação dos tensores. Nos diagramas (Figura 7), os tensores de cada campo estão plotados sobre a rede ciclográfica das falhas, ilustrando a relação entre os eixos de tensão e essas estruturas.

A compatibilidade cinemática dos campos acima citados e as observações em campo corroboraram com o estabelecimento da ordem cronológica destes campos de tensão. A forma como uma falha intercepta ou desloca outra, por exemplo, foi um dos critérios utilizados para estabelecer a que campo esta falha pertencia. Assim sendo, identificou-se o Campo 1 como

relativamente mais antigo e o Campo 2 como o mais recente. As idades desses campos serão discutidas à diante.

No Campo 1 das áreas de estudo, de modo geral, o Grupo de Falhas A indicou compressão N-S

subhorizontal e distensão E-W subvertical (Figura 7). O Grupo B, formado por falhas não compatíveis com o Grupo A, resultou em triedros de tensores bastante variados quanto à atitude (Figura 7). Este campo é aqui denominado de Campo 2.

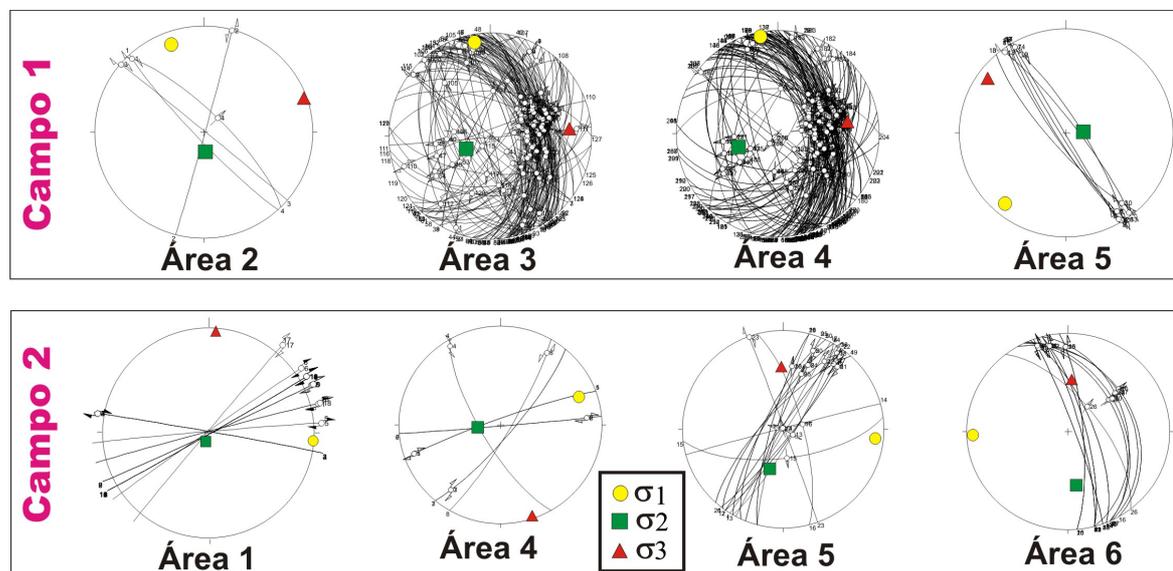


FIGURA 7. Campos de paleotensão 1 e 2 para cada área (polígonos lilás na Figura 1).

PETROGRAFIA DE ROCHAS DE FALHA

SILICIFICAÇÃO EM ARENITOS

Na Formação Açú, os processos de silicificação são observados de forma intensa ou parcial (Prancha 3 A). Ao microscópio, verificam-se, em rochas silicificadas, texturas em mosaico, paliçada (franja de microcristais prismáticos) e radial. Em alguns casos, observa-se o fraturamento de grãos, com preenchimento desses espaços criados na catálise por calcedônia, fechando completamente a permeabilidade primária da rocha. Em algumas porções, a matriz da rocha está sendo substituída por sílica micropolicristalina com a formação de veios constituídos por opala (Prancha 1 C). Nestes veios, nota-se um processo de substituição dos grãos, observando-se apenas seus moldes originais. A matriz encontra-se na fração argila e, em grande parte das amostras, possui composição ferruginosa. O cimento é de difícil visualização, sendo que em alguns pontos o mesmo possui uma composição silicosa, formando um envelope de calcedônia.

Processos de silicificação associados à formação de pseudotaquilito ocorrem nas zonas de falhas. Na porção do SFAB localizada no município de Afonso Bezerra, por exemplo, planos de falhas sinistrais em

arenitos da Formação Açú exibem pseudotaquilitos, que foram identificados em campo e em lâmina delgada. O pseudotaquilito forma vários veios de material amorfo (vidro) e o quebramento de grãos maiores nas bordas dos veios evidência uma cinemática transcorrente sinistral. Esta informação corrobora com os dados estruturais de campo.

Algumas rochas da Formação Barreiras afetadas por falhas apresentam silicificação, acompanhada ou não por laterização superficial. A silicificação nos litotipos da Formação Barreiras oblitera as feições da rocha original, sendo vistos apenas alguns moldes de grãos recristalizados por sílica microcristalina, com granulometria média dos cristais igual a 0,02 mm. Em alguns locais, os cristais são mesocristalinos, com textura radial e total ausência de porosidade. Sob polarizadores paralelos, nota-se ainda a rocha com veios preenchidos por material ferruginoso.

SILICIFICAÇÃO E BRECHAÇÃO EM ROCHAS CARBONÁTICAS

Os calcários também foram afetados por processos de silicificação e ainda sofreram um processo a mais, a brechação hidráulica (Prancha 3).

Observaram-se vestígios da rocha original preservados, o que permitiu classificar tais rochas como *wackestones* a *grainstones* (Dunham, 1962) ou, ainda, como ooespatito, oomicrito, bioespatito e biomicrito (Folk, 1959). Os grãos constituintes destes litotipos são predominantemente oóides e, subordinadamente, pelóides, bioclastos (fragmentos de bivalves), intraclastos e minerais opacos. À exceção dos minerais opacos, todos estes constituintes podem sofrer substituição total em suas composições, variando apenas a granulometria em que a sílica se apresenta, sendo ela sob a forma de quartzo micro a mesocristalino. A matriz da rocha original não se encontra preservada, mas, em algumas lâminas, é vista uma pequena porção de matriz micrítica. O cimento também é pouco observado, tratando-se de um cimento de calcita que, após a silicificação, manteve sua forma romboédrica, notada em nicóis paralelos. A silicificação não obliterou a textura botroidal observada em alguns calcários.

As brechas caracterizam-se por possuir fragmentos grossos, angulosos e fraturados. Esses blocos estão envolvidos por matriz grossa, com geodos, composta de quartzo e calcedônia (85% de SiO₂) com opala e Fe(OH)₃ associados, e cimento silicoso. Os blocos seriam fragmentos de uma rocha calcárea encaixante. A análise petrográfica evidenciou uma silicificação pretérita dessa rocha encaixante, antes dela sofrer brechação. Logo uma rocha primária teria sido silicificada num primeiro momento e, depois, em outro evento, teria sido brechada e seus fragmentos teriam sido envolvidos pela já descrita matriz silicosa.

A presença abundante de oólitos não deformados totalmente substituídos por quartzo ou calcedônia na matriz indica que a precipitação dos componentes do silício se realizou sem tensão nem deformação, deixando intacta a estrutura do calcarenito esparítico oolítico primário (Prancha 3 B).

BANDAS DE DEFORMAÇÃO

Segundo Trzaskos et al. (2007), as bandas de deformação podem ser classificadas como bandas fraturadas e bandas com cominuição dos grãos. As bandas de deformação fraturadas são marcadas pelo rompimento dos grãos da rocha encaixante, observado pelo intenso fraturamento intragranular, que pode ou não exibir deslocamento relativo dos fragmentos gerados. As bandas de deformação com cominuição dos grãos são caracterizadas pela cominuição intensa dos grãos da rocha encaixante ao longo da estrutura, dando origem a uma zona brechada e/ou zona de *gouge*.

As feições deformacionais associadas às bandas de deformação foram estudadas em arenitos da Formação Açú. Em algumas lâminas analisadas, observaram-se os contatos entre a rocha encaixante, não deformada, e a zona brechada ou danificada (Prancha 3 C). Em geral, a granulometria das bandas está diretamente relacionada à granulometria de suas encaixantes. Por exemplo, tendo o arenito médio a grosso como encaixante, a granulometria da banda varia de 0,13 mm a 2,50 mm. Por outro lado, quando a encaixante é conglomerática, nota-se que a granulometria da banda varia entre 0,02 mm e 8,25 mm, com um tamanho médio de 0,54 mm.

Ainda que a comparação entre a encaixante e a banda de deformação revele claramente a cominuição dos grãos menores dentro da banda, o fechamento de permeabilidade é, sobretudo, provocado pela argilização dos feldspatos detriticos associado à hidroxidação do ferro. Em oposto a encaixante entre as bandas de deformação (*damage zone*) apresenta um aumento significativo de permeabilidade provocado pela quebra dos grãos de quartzo e feldspatos sem atingir a cominuição e sem argilização (Prancha 3 D).

DISCUSSÕES

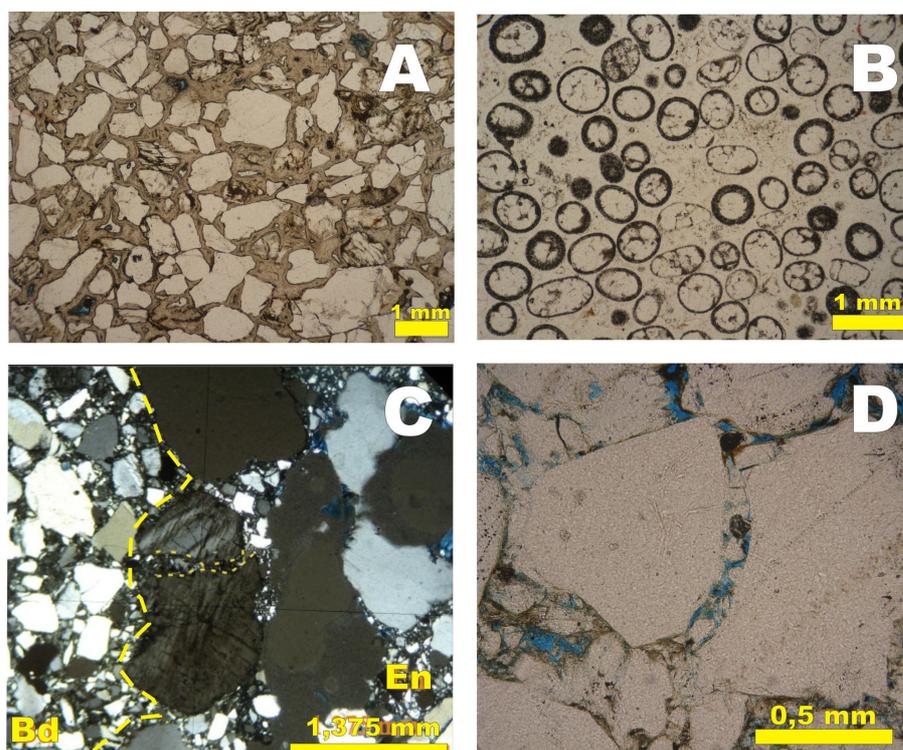
ANÁLISE DO SISTEMA DE FALHAS ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO, MAPEAMENTO ESTRUTURAL E SEÇÃO GPR

A topografia da região está fortemente relacionada ao SFAB. Em geral, as falhas são marcadas por baixos topográficos, correspondendo geralmente aos vales de drenagens. A leste do Rio Açú, estas drenagens escavam os depósitos quaternários, expondo a subjacente Formação Jandaíra ao longo dos vales dos rios, enquanto os depósitos quaternários ficam preservados nas regiões mais altas entre os vales. Assim os depósitos quaternários apresentam orientação

paralela aos rios, que por sua vez se orientam segundo as falhas de direção NW-SE que os controlam.

Por outro lado, em alguns locais, a ocorrência das falhas pode ser indicada por altos topográficos, em casos onde as mesmas apresentam silicificação. Os calcários da Formação Jandaíra e arenitos das formações Barreiras e Açú afetados por esta silicificação se preservam ao longo das falhas de direção NW-SE, resistindo à erosão que ocorre em suas porções laterais não silicificadas.

As grandes feições geomorfológicas têm correspondentes nas estruturas estudadas nos aflora-



PRANCHA 3. (A) Precipitação de calcedônia preenchendo a porosidade criada pela fraca trituração dos grãos minerais da rocha arenítica primária. (B) Oólitos totalmente substituídos por quartzo ou calcedônia, conservando a estrutura do calcarenito esparítico oolítico primário intacta. (C) Contato entre banda de deformação (Bd) e a rocha encaixante (En) areno-conglomerática, destaque ainda para fratura preenchida em grão de feldspato. (D) Aumento da porosidade devido à quebra de grãos da encaixante entre bandas de deformação, sem atingir cominuição ou argilitização.

mentos em campo. Identificou-se uma infinidade de estruturas rasas em campo, representada principalmente por falhas direcionais (dextrais e sinistrais) e normais, bandas de deformação, juntas, além de uma variedade de rochas de falha. As rochas mesozoicas (siliciclásticos da Formação Açú e carbonatos da Formação Jandaíra) contêm a maioria dessas estruturas. As estruturas de liquefação foram mapeadas nos depósitos quaternários (Moura-Lima et al., 2010). Logo se constata como a atividade tectônica na Bacia Potiguar atingiu marcadamente as unidades superficiais da Bacia Potiguar, em diferentes períodos geológicos.

O entorno da Lagoa do Queimado no SFAB, por exemplo, encontra-se tomado por uma rocha brechada e silicificada. Essa rocha apresenta fragmentos de calcário imersos numa matriz fina carbonática, calcedônia e opala. Hackspacher et al. (1985) foram os primeiros a reconhecer essa rocha e relacionar sua existência à movimentação da Falha de Afonso Bezerra.

A relação entre falhas e a deposição de sedimentos cenozoicos é clara na área. Alguns estudos anteriores mostraram a relação entre a tectônica e os

depósitos neogênicos e quaternários na costa brasileira (p.ex., Hackspacher et al., 1985; Bezerra & Vita-Finzi, 2000; Bezerra et al., 2001, 2008; Nogueira et al., 2006; Moura-Lima et al., 2010). Estas observações são pertinentes na área mapeada, já que se constata certa coincidência entre a orientação de depósitos cenozoicos e o sistema de falhas de direção NW-SE, e até mesmo lineamentos do embasamento cristalino. A maioria dos altos topográficos, em cujos topos foi identificada silicificação de arenitos da Formação Barreiras, encontra-se alinhada ao SFAB.

Em mapeamentos anteriores (e.g., DNPM et al., 1998), muitas das falhas NW-SE foram cartografadas apenas no embasamento cristalino, sendo interrompidas na Bacia Potiguar. Nos casos em que algumas falhas eram indicadas afetando rochas da bacia, elas se restringiam às formações Jandaíra e Açú, aparecendo recobertas pelos depósitos cenozoicos. No entanto, com o presente mapeamento, ratificado pelo levantamento geofísico raso (GPR), nota-se que falhas dos sistemas NW-SE cortam unidades lito-estratigráficas cenozoicas, inclusive a Formação Barreiras, evidenciando o caráter recorrente destes sistemas de falhas.

A leste do Rio Açu, os depósitos fluviais da Formação Barreiras e os depósitos aluviais antigos estão orientados segundo a direção NW, sendo correlacionáveis assim ao Sistema de Falhas de Afonso Bezerra. A rede de drenagem atual também é fortemente influenciada pelos sistemas de falhas NW-SE. Os braços das lagoas do Queimado, de Pedra e Vargem de Cima, com orientação NW, desenvolveram-se ao longo de falhas que compõem o Sistema de Falhas de Afonso Bezerra.

A silicificação de rochas da Formação Barreiras e a geometria da drenagem indicam que a movimentação pós-campaniana das falhas NW-SE do SFAB, iniciada no Maastrichtiano, prolongou-se até o Neógeno. Os terraços aluviais do Rio Açu são exemplos de registros da deformação neotectônica. Os depósitos mais antigos estão representados principalmente por conglomerados e arenitos conglomeráticos diretamente relacionados à morfodinâmica fluvial. Esses terraços mostram um nítido escalonamento, denotado por uma evolução faciológica, espacial e temporal de oeste para leste, onde as fácies mais grossas vão sendo substituídas pelas fácies mais finas, evidenciando a migração do sistema fluvial no mesmo sentido (Fonseca, 1996).

A distribuição espacial dos terraços abandonados do Rio Açu, mais expressivos a oeste deste rio, confere o domínio de aluvião antigo nesta porção, o que também indica a migração do canal no sentido leste. Assim, provavelmente, a tectônica atuante na região contribuiu para a avulsão do rio e evolução destes terraços. O fato de, na porção ocidental da área, a Formação Barreiras aflorar restritamente no topo da Serra do Mel, tendo suas encostas recobertas por depósitos aluviais antigos, pode indicar um possível soerguimento desta região (Moura-Lima et al., 2010), o que contribui como evidência de inversão na BP.

ESTUDO DE PALEOTENSÕES

O primeiro campo de tensões (Campo 1), com compressão aproximada N-S e distensão aproximada E-W, representa o evento mais importante na região do SFAB, como já foi reconhecido em vários trabalhos. Segundo Hackspacker et al. (1985), foi no Paleógeno que os sistemas de falhas NW-SE, em especial o de Afonso Bezerra, apresentaram uma evolução mais complexa. Muitas estruturas estão associadas a este campo de tensões. Sua evolução por um período mais longo provavelmente permitiu variações locais, ocorrendo a rotação dos eixos de máxima compressão e máxima distensão, permitindo a compatibilidade das muitas estruturas encontradas. Segundo Françolin e Szatmari (1987), no Mesocretáceo (Albiano), a Bacia Potiguar estava submetida a esforços divergentes

E-W, que causaram cisalhamento dextral na atual margem equatorial brasileira. Este campo de tensões, que iniciou sua atuação no mesmo período de deposição dos arenitos da Formação Açu, ultrapassou o Turoniano-Campaniano, idade de instalação da plataforma carbonática da Formação Jandaíra, e perdurou até início do Neógeno Inferior. Oliveira (1993) também propôs um modelo de deformação condicionado por compressão N-S e extensão E-W, com o eixo σ_2 verticalizado. Este sistema de tensões seria responsável pelos movimentos transcorrentes das estruturas NW-SE (dextral) e NE-SW (sinistral), durante o Neógeno.

Entretanto, a idade precisa do evento ainda é discutível e pouco conhecida. Especulativamente existem duas alternativas pelas quais o processo de reativação pode estar associado ao limite Cretáceo/Paleógeno (Matos, 1993), marcado na BP pela grande erosão campaniana das sequências cretáceas. Uma segunda hipótese advoga que o processo de reativação estaria relacionado ao tectonismo que gerou o Magmatismo Macau (40-20 Ma), como sugere o mapa geológico de Fortes (1987). Jardim de Sá et al. (1999) também associam este evento ao referido vulcanismo, propondo o contexto de um domo assimétrico, alongado no eixo N-S, gerador de extensão em toda superfície horizontal, todavia mais pronunciada no eixo E-W, em relação ao N-S, o que poderia simular uma compressão N-S (na realidade, extensão mínima).

O segundo campo de tensões (Campo 2) observado na área de estudo apresenta compressão E-W e distensão N-S. Este campo também encerra uma diversidade de estruturas, porém não tão penetrativas quanto aquelas formadas no campo de tensão anterior. As relações entre as estruturas em campo indicam reativações. O Campo 2 coincide com o campo neotectônico proposto por vários autores (Ferreira et al., 1998; Bezerra, 2000; e Moraes Neto, 2003). A presente pesquisa corrobora esta hipótese, visto que muitas foram as estruturas, como juntas e falhas, incompatíveis cronologicamente com as estruturas geradas pelo Campo 1. Unidades sedimentares mais novas como a Formação Barreiras (miocênica) e os depósitos aluviais (quaternários) foram afetadas por este campo mais recente. O Campo 2 teria inclusive falhado rochas já intemperizadas de unidades aflorantes pré-miocênicas. Assim pode-se conferir ao Campo 2 uma abrangência de tempo que se inicia no Mioceno e se estende até os dias de hoje, no Holoceno.

A presença e distribuição espacial de populações de estruturas (falhas transcorrentes, normais, juntas secas e preenchidas), com direções principais NW-SE, e a compatibilidade entre os conjuntos estudados, no contexto da evolução dos sistemas de falhas NW-

SE (transcorrente dextral no campo mais antigo e transcorrente sinistral no campo atual), indicam uma relação muito clara entre as estruturas rasas e o sistema de falhas NW-SE. Na maioria dos casos, as estruturas rasas observadas representam a expressão dos grandes sistemas de falha em superfície.

ANÁLISES PETROGRÁFICAS

A origem do processo de silicificação observado nas falhas é incerta. Dantas (1998) relacionou a origem do fluido, que gerou a silicificação dos calcários, ao aquecimento regional associado ao Magmatismo Macau. Este fluido teria solubilizado os cristais de quartzo dos arenitos e calcarenitos da Formação Açú. Porém apenas a solubilização destes cristais não seria suficiente para fornecer o material necessário para o porte da silicificação observada. Além disso, o Magmatismo Macau não teria fornecido silício, pois o mesmo tem composição básica, sendo responsável apenas pelo fornecimento de calor e pressão. Pressupõe-se apenas que as transformações minerais ocorridas nos arenitos foram propiciadas pela percolação de fluidos provenientes de grandes profundidades. A origem dos fluidos atuantes na silicificação das formações Açú e Jandaíra possivelmente relacionada a Vulcanismo Macau não se aplica, no entanto, à silicificação ocorrida na Formação Barreiras, pois esta é mais jovem que grande parte dos corpos vulcânicos.

Bezerra et al. (2007) observaram alguns veios e zonas de falhas silicificadas na Falha de Samambaia (porção leste da BP). Estas estruturas são semelhantes às estruturas observadas no SFAB. Na Falha de Samambaia, estes veios e zonas de falhas silicificadas ocorrem como enxames e atravessam o embasamento cristalino Pré-Cambriano, rochas cretáceas e depósitos neógenos (arenitos e solos lateríticos sobrejacentes). Algumas destas estruturas caracterizam movimentação em níveis rasos, como indicado pela ocorrência de

cataclasito, pseudotaquilito, brecha de falha e *gouge*.

A brechação hidráulica atingiu rochas carbonáticas. As rochas silicificadas e brechadas seriam contemporâneas e estariam relacionadas a um único processo de reativação da falha. A formação das brechas estaria ligada a um processo de silicificação seguido de “explosão”. As rochas encaixantes pertenceriam às fácies menos porosas. Ao entrarem em contato com fácies oolíticas sobrepostas com maior porosidade, encontrariam uma situação onde o volume molar do vapor seria muito maior que o volume molar da água. A explosão teria sido ocasionada por alívio de pressão sofrido pelos fluidos ascendentes, em consequência da diminuição de volume durante a silicificação da encaixante. Estes fluidos estariam a uma temperatura aproximada de 100 °C. As observações de campo corroboram com essas idéias, já que os clastos observados estão silicificados e imersos em uma matriz também silicificada, associada a níveis ricos em material ferruginoso.

Segundo Hakcspacker et al. (1985), as reativações responsáveis pela geração destas brechas seriam contemporâneas ao Magmatismo Macau. Isto é ratificado por Melo (2005) e Legrand et al. (2008), que realizaram análises geoquímicas e observaram que os fluidos provavelmente seriam oriundos deste magmatismo devido a uma introdução de elementos químicos típicos dos magmas básicos presentes na região.

Quanto às bandas de deformação, a argilização dos feldspatos em seu interior pode ser um indicativo de que o fluido que por ali circulou era relativamente frio e oxidante, desestabilizando os feldspatos. Isto implica que as formações sedimentares que mostraram, na fase diagenética, o desenvolvimento *overgrown* nos feldspatos, já estavam em fase de soerguimento quando as falhas atuaram, ou o fluido hidrotermal era menos concentrado em K⁺ do que o fluido responsável pelas cristalizações diagenéticas.

CONCLUSÕES

O Sistema de Falhas de Afonso Bezerra não se restringe ao embasamento cristalino da Bacia Potiguar, mas afeta todas as suas unidades litoestratigráficas pós-rifte, inclusive coberturas quaternárias. Logo este sistema atuou não somente na fase rifte da bacia, como também foi reativado em períodos pós-campanianos.

A expressão superficial desta reativação se dá através do controle de drenagens, altos topográficos silicificados e disposição de depósitos cenozoicos. Este sistema de falhas ainda se reflete em escala de

afloramento, por meio de juntas, falhas comuns ou silicificadas e bandas de deformação, afetando principalmente as formações Açú, Jandaíra e Barreiras. A silicificação verificada ao longo das falhas pode conferir a essas um caráter selante.

O Sistema de Falhas de Afonso Bezerra sofreu influência de dois relevantes campos de tensões: o primeiro, com compressão N-S, do Cretáceo Tardio ao Mioceno; o segundo, com compressão E-W, atuou do Mioceno ao presente.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o financiamento do Projeto Poti-Falhas (Petrobras-FUNPEC-UFRN) coordenado por Francisco H.R. Bezerra. Agradecemos a um revisor anônimo pelas críticas construtivas. Elissandra Moura-Lima e Maria Sousa agradecem respectivamente à Agência Nacional do Petróleo e ao CNPq/CTPETRO/UFRN pelas bolsas concedidas. Agradecemos a Daniel Menezes e Elivânia Moura-Costa pela ajuda prestada na edição das figuras. Um agradecimento especial ao idealizador desta pesquisa, Antônio R. Corsino (PETROBRAS-UNRN/CE) (*In memoriam*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANGELIER, J. Fault slip analysis and paleostress reconstruction. In: HANCOCK, P.L. (Ed.), **Continental Deformation**. Oxford: Pergamon Press, p. 53-100, 1994.
2. BEZERRA, F.H.R. Neotectonics in northeastern Brazil: implications for a preliminary seismic-hazard assessment. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, p. 558-560, 2000.
3. BEZERRA, F.H.R.; AMARO, V.E.; VITA-FINZI, C.; SAADI, A. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, p. 61-75, 2001.
4. BEZERRA, F.H.R.; NEVES, B.B.B.; CORREA, 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. 1, p. 555-582, 2008.
5. BEZERRA, F.H.R.; TAKEYA, M.K.; SOUSA, M.O.L.; NASCIMENTO, A.F. Coseismic reactivation of the Samambaia fault, Brazil. **Tectonophysics**, v. 430, p. 27-39, 2007.
6. BEZERRA, F.H.R. & VITA-FINZI, C. How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil. **Geology**, v. 28, n. 7, p. 591-594, 2000.
7. CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geológico do Estado do Ceará**, Escala 1: 500.000. Fortaleza: Convênio Ministério de Minas e Energia / Governo do Estado do Ceará/ Secretaria de Recursos Hídricos / Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 1 mapa color., 2003.
8. CPRM – COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Programa Geologia do Brasil – PGB, Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte, **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte**, Escala 1:500.000. Recife: Convênio Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte / Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 1 mapa color., 2006.
9. CREMONINI, O.A.; GOULART, J.P.M.; SOARES, U.M. O Rifte Potiguar: novos dados e implicações tectônicas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, 1996, Rio Claro. **Boletim...** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, p. 89-93, 1996.
10. DANTAS, E.P. Gravimetria e sensoriamento remoto: uma aplicação no estudo da tectônica recente em Macau e São Bento do Norte (RN). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte/Centro de Ciências Exatas e da Terra/ Departamento de Geologia, **Monografia**, 97 p., 1998.
11. DANTAS, A.R. Mapeamento Estrutural da porção central e sudeste da Falha de Afonso Bezerra, Bacia Potiguar. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte/Centro de Ciências Exatas e da Terra/Departamento de Geologia, **Monografia**, 107 p., 2004.
12. DUNHAM, R.J. Classification of Carbonates Rocks According to Depositional texture. In: W.E. HAM (Ed.), **Classification of Carbonates Rock** – a symposium. Oklahoma: American Association of Petroleum Geologists, p. 21-108, 1962.
13. FERREIRA, J.M.; OLIVEIRA, R. T.; TAKEYA, M.; ASSUMPÇÃO, M. Superposition of local and regional stresses in NE Brazil: evidence from focal mechanisms around the Potiguar marginal basin. **Geophysical Journal International**, v. 134, p. 314-355, 1998.
14. FOLK, R.L. Practical Petrographic Classification of Limestones. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, **Bulletin**, v. 43, n. 1, p. 1-38, 1959.
15. FONSECA, V.P. **Estudos Morfo-neotectônicos na área do baixo curso do rio Açu (Açu-Macau), RN**. Belo Horizonte, 1996. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Minas Gerais.
16. FORTES, F.P. Mapa Geológico da Bacia Potiguar (1:100.000), a origem da Bacia Mesozoica do Apodi como decorrência do ciclo tectono-orogênico. Natal: PETROBRAS / DEBAR / DINTER / SEBAT, **Relatório Interno**, 116 p., 1987.
17. FRANÇOLIN, J.B.L. & SZATMARI, P. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 2, p. 196-207, 1987.
18. HACKSPACHER, P.C. & OLIVEIRA, D.C. A evolução estrutural das zonas de cisalhamento Portalegre e Santa Mônica – RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geociências, v. 6, p. 1679-1692, 1984.
19. HACKSPACKER, P.C.; CORSINO, A.R.; SRIVASTAVA, N.K.; TIRIBA, V.F. A Falha de Afonso Bezerra como evidência de significativo tectonismo frágil NW-SE, na Bacia Potiguar emersa – RN. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte/Centro de Ciências Exatas e da Terra/Departamento de Geologia, **Boletim**, v. 10, p. 33-44, 1985.
20. JARDIM DE SÁ, E.F.; MATOS, R.M.D.; MORAIS NETO, J.M.; SAADI, A.; PESSOA NETO, O.C.P. Epirogenia cenozoica na Província Borborema: síntese e discussão sobre os modelos da deformação associados. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7, 1999, Lençóis. **Anais...** Lençóis: Sociedade Brasileira de Geologia/NE, v. 4, p. 58-61, 1999.
21. LEGRAND, J.M.; MELO, N.D.; MOURA-LIMA, E.N.; BEZERRA, F.H.R.; SOUSA, M.O.L.; MAIA, H.N. Propriedades dos fluidos circulantes nas falhas NW-SE pós-campanianas da Bacia Potiguar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 129, 2008.
22. MATOS, R.M.D. The northeast brazilian rift system. **Tectonics**, v. 11, p. 766-791, 1992.
23. MATOS, R.M.D. Resolução sísmica versus modelos geológicos na exploração da Bacia Potiguar. Natal: PETROBRAS / DEBAR / DIREX, **Relatório Interno**, 10 p., 1993.
24. MELO, N.D. Geoquímica e caracterização dos fluidos associados às estruturas rúpteis pós-campanianas da Bacia

- Potiguar. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte/ Centro de Ciências Exatas e da Terra/Departamento de Geologia, **Monografia**, 71 p., 2005.
25. DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte**, Escala 1 : 500.000. Natal: Convênio Universidade Federal do Rio Grande do Norte / PETROBRAS / Departamento Nacional de Produção Mineral, 1 mapa color., 1998.
 26. MORAES NETO, J.M. Expressão sísmica da deformação frágil pós-Mioceno na Bacia Potiguar submersa, Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 9, 2003, Búzios. **Anais...** Búzios: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 274, 2003.
 27. MOURA-LIMA, E.N.; SOUSA, M.O.L.; BEZERRA, F.H.R.; AQUINO, M.A.; VIEIRA, M.M.; LIMA-FILHO, F.P.; FONSECA, V.P.; AMARAL, R.F. Sedimentação e deformação tectônica neogênicas e quaternárias no centro da Bacia Potiguar. **Geologia USP, Série Científica**, v. 10, n. 1, p. 15-28, 2010.
 28. NOGUEIRA, F.C.C.; BEZERRA, F.H.R.; CASTRO, D.L. Deformação rúptil em depósitos da Formação Barreiras na porção leste da Bacia Potiguar. **Geologia USP, Série Científica**, v. 6, n. 2, p. 51-59, 2006.
 29. OLIVEIRA, D.C. **O papel do Enxame de Diques Rio Ceará-Mirim na evolução tectônica do nordeste oriental (Brasil): implicações na formação do Rifte Potiguar**. Ouro Preto, 1993. 172 p. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) – Universidade Federal de Ouro Preto.
 30. PESSOA NETO, O.C.; SOARES, U.M.; SILVA, J.G.F.; ROESNER, E.H.; FLORÊNCIO, C.P.; SOUZA, C.A.V. Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 357- 369, 2007.
 31. TRZASKOS, B.; ROSTIROLLA, S.P.; BOCARDI, L.B. Bandas de deformação em arenitos permocarboníferos da Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 1, p. 27-43, 2007.

*Manuscrito Recebido em: 27 de maio de 2010
Revisado e Aceito em: 6 de setembro de 2010*