

**P**  
**ARA CONHECER**  
**A TERRA**  
MEMÓRIAS E NOTÍCIAS  
DE GEOCIÊNCIAS  
NO ESPAÇO LUSÓFONO

Lopes, F. C., Andrade, A. I.,  
Henriques, M. H., Quinta-Ferreira, M.,  
Barata, M. T. & Pena dos Reis, R.  
Coordenação

## O GRABEN DE PALESTINA (BACIA DO ARARIPE, NE BRASIL): ANÁLISE ESTRUTURAL

### THE PALESTINA GRABEN (ARARIPE BASIN, NE BRAZIL): STRUCTURAL ANALYSIS

F. M. C. Cardoso<sup>1</sup>, E. F. Jardim de Sá<sup>2</sup>  
& F. C. Alves da Silva<sup>2</sup>

**Resumo** – A Bacia do Araripe está relacionada com a fragmentação do supercontinente Gondwana e a abertura do Atlântico Sul. A bacia faz parte do *Alinhamento Cariri-Potiguar*, um ramo abortado do rifetamento neocomiano no Nordeste do Brasil. A mesma repousa sobre os terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal, Província Borborema, imediatamente a sul do Lineamento Patos. A bacia é constituída por um conjunto de *grabens e horsts* com direção NE, condicionada pela orientação NW-SE dos esforços de estiramento crustal eocretáceo.

O *Graben* de Palestina está localizado na porção leste da Bacia do Araripe. Apresenta uma geometria assimétrica, em estilo de semi-*graben*. A borda SE constitui uma margem flexural, caracterizada pelo contacto em não conformidade da Formação Mauriti (a unidade mais antiga da bacia) com o embasamento cristalino; as sequências estratigráficas são seccionadas por falhas normais a oblíquas, de rejeito moderado. Já a borda NW é bem definida, marcada por falhas normais com rejeito significativo, que controlam o basculamento das camadas para NW. Falhas de rejeito direcional ou oblíquo são também compatíveis com a distensão NW-SE. A interpretação dos dados gravimétricos e de uma linha sísmica indicam que a falha principal tem rejeito variável, definindo duas porções mais profundas no *graben*, nas quais a coluna sedimentar pode atingir espessuras de até 2 km.

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica e Laboratório de Geologia e Geofísica de Petróleo/Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil. Atualmente no Centro de Geociências, Ciências da Terra FCTUC, Universidade de Coimbra, Portugal; fatima.cardoso18@hotmail.com

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica e Laboratório de Geologia e Geofísica de Petróleo/Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil; emmanuel@ccet.ufrn.br; fernando@geologia.ufrn.br

*Abstract* – The Araripe Basin is related to the fragmentation of the Gondwana supercontinent and the opening of the South Atlantic Ocean. The basin is part of the Cariri-Potiguar Trend, an aborted branch of the neocomian rifting in Northeast Brazil. It rests upon the precambrian terrains of the Transversal Zone, Borborema Province, immediately to the south of the Patos Lineament. The basin comprises a set of NE-trending grabens and horsts controlled by the NW-SE eocretaceous crustal stretching.

The Palestina Graben is located in the eastern portion of the Araripe Basin. It presents an asymmetric geometry according to the half-graben style. The SE border is a flexural margin, characterized by the non conformity of the eopaleozoic Mauriti Formation (the oldest unit of the basin), overlying the crystalline basement; the stratigraphic sequences are affected by normal to oblique faults with small displacements. On the opposite, the NW border is well defined by normal faults with major displacements, which control the general tilting of the layers to the NW. Strike-slip or oblique-slip faults are also compatible with the NW-SE extension. The interpretation of available gravity data and a seismic section indicates that the main fault has a variable dip slip component, defining two deeper portions within the graben, in which the sedimentary column can reach thicknesses of up to 2 km.

*Keywords* – Graben; Structural style; Araripe Basin; NE Brazil

## 1 – Introdução

A Bacia do Araripe está localizada na Província Borborema, Nordeste do Brasil (Fig. 1). A mesma desenvolveu-se em consequência de uma série de eventos geológicos precedentes e/ou relacionados à ruptura do Gondwana e subsequente abertura do Atlântico Sul (PONTE *et al.*, 1991; MATOS, 1992,1999; ASSINE, 2007).

Implantada sobre terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal da Província Borborema, a sul do Lineamento Patos, a Bacia do Araripe é a mais extensa das bacias interiores do Nordeste, com área de cerca de 7200km<sup>2</sup>. A sua localização é ilustrada na Fig. 1. Seu arcabouço estratigráfico é constituído por diferentes sequências sedimentares delimitadas por discordâncias regionais (ASSINE, 2007; CARDOSO *et al.*, neste volume), mais antigas (Sequência Paleozóica, Formação Mauriti) ou imediatamente precedentes (Sequência Jurássica, Formação Brejo Santo) ao rifteamento neocomiano (este representado pela Sequência Rifte, formações Missão Velha e Abaiara), além das unidades pós-rifte; a Fig. 2a ilustra a distribuição dessas unidades, e a coluna estratigráfica pode ser consultada na Fig. 3.

O presente trabalho faz parte das atividades do Projeto Bacias Interiores do Nordeste, financiado pela PETROBRAS/ANP. Seu objetivo é a caracterização e delimitação do Graben de Palestina e domínios adjacentes, que compõem um mosaico de depocentros com orientações NE-SW a ENE, na porção leste da Bacia do Araripe. Métodos estruturais e geofísicos foram aplicados neste sentido, e integrados com levantamentos estratigráficos (CARDOSO, 2010 e CARDOSO *et al.*, 2012, neste volume).

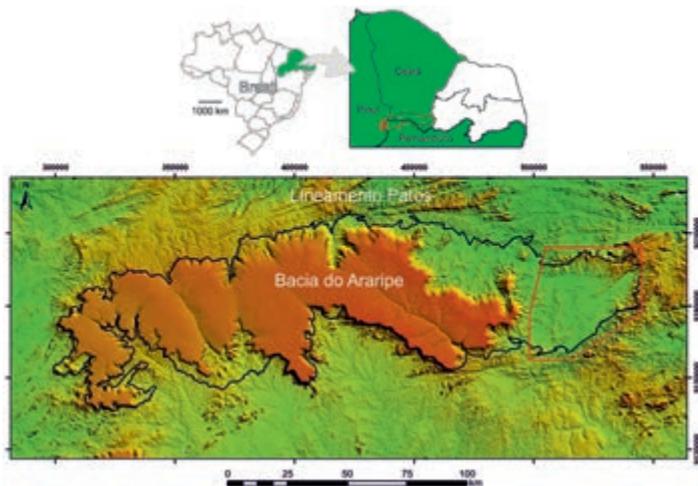


Fig. 1 – Localização da área de estudo, delimitada pelo polígono vermelho, na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. A linha a preto delimita a área ocupada pelas rochas sedimentares da bacia.

Figura criada a partir da imagem STRM da Bacia do Araripe, obtida através da página Global Land Cover Facility – University of Maryland.

## 2 – Caracterização macroscópica

Para a caracterização e delimitação do *Graben* de Palestina e domínios adjacentes, foram utilizados dados de gravimetria (Fig. 2c) e de reflexão sísmica (Figs. 2d e 4a), além do mapeamento utilizando fotografias aéreas e dados de campo (Fig. 2a). Através da análise dos mapas de anomalias de Bouguer e residuais e da inversão gravimétrica (Fig. 2c), verificou-se que existe um predomínio de lineamentos com direção aproximadamente NE, compondo uma estruturação da bacia em altos e baixos relacionados ao evento de rifteamento neocomiano. Na área de estudo, observa-se (Fig. 2d) a presença de dois depocentros significativos, separados por um alto. O *graben* localizado na porção leste/SE é designado de *Graben* de Palestina, com direção NE e apresentando maior profundidade próximo à sua borda falhada NW, com até 1,5 a 2 km de espessura sedimentar.

A partir da interpretação da seção sísmica (Figs. 2d e 4a), compatibilizada com os dados de superfície (Fig. 2a), foi possível identificar e/ou inferir duas feições importantes: (i) as superfícies que representam o topo do embasamento e das sucessivas unidades sobrepostas, sendo elas as formações Mauriti, Brejo Santo e as secções inferior e superior da Formação Missão Velha (Figs. 2c e 3); (ii) a presença de falhas, as de maior porte e rejeito afetando todas as unidades presentes na bacia, inclusive o embasamento cristalino, e falhas de menor porte e rejeito, que podem afetar todo o conjunto estratigráfico ou apenas as unidades sedimentares eocretáceas.

O *Graben* de Palestina exhibe uma geometria assimétrica do tipo semi-*graben*, e sua direção NE foi condicionada pela orientação aproximadamente NW-SE dos esforços de estiramento crustal eocretáceo. A borda sudeste (limite do Horst de Umburanas) é definida por falhas de menor rejeito e/ou pelo contato em não conformidade da unidade estratigráfica basal

(Formação Mauriti, da Tectonossequência Paleozóica) sobre o embasamento cristalino, ao estilo de uma margem flexural. A borda noroeste apresenta-se bem definida por um sistema de falhas com rejeito expressivo, evidenciado pelo mapa gravimétrico e linha sísmica, além do contato anômalo da Formação Abaiara com o alto estrutural adjacente. Essa falha principal controla o sentido dominante de basculamento no *graben*, para NW; e as unidades estratigráficas mais jovens estão sucessivamente empilhadas nesse sentido (Figs. 2d e 3). A terminação SW do *graben* é abrupta, denunciando a influência de falhas com provável orientação WNW-ESE; é também inferido um importante evento erosional associado à discordância de início do rifte, o qual promoveu a remoção da Formação Brejo Santo, resultando no recobrimento da Formação Mauriti diretamente pela Formação Missão Velha (Fig. 2a).

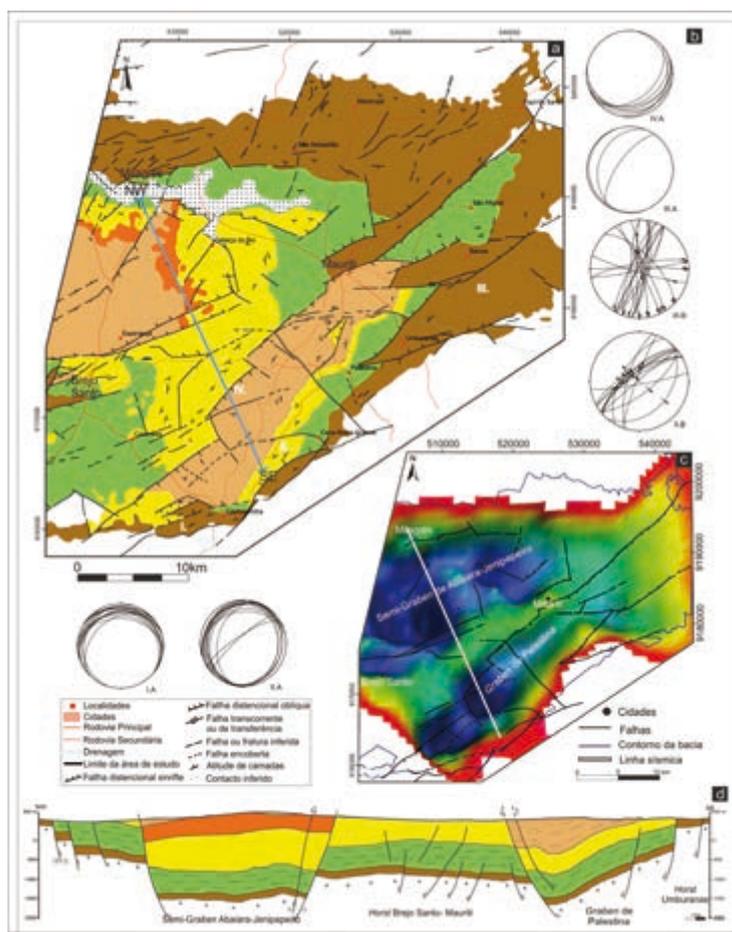


Fig. 2 – a) Mapa geológico da porção leste da Bacia do Araripe; legenda na Figura 3; b) Exemplos de estereogramas representando o acamamento (A) e falhas (B); c) Mapa de inversão gravimétrica da porção leste da Bacia do Araripe; d) Perfil geológico interpretado através da linha sísmica subparalela, projetado em azul no mapa (a).

Cronoestratigrafia			Litoestratigrafia		Estratigrafia Genética		
Período	Série	Andar	Simbologia	Unidade	Discordâncias	Tectonossequências	
Cretáceo	Neocomiano	Hauteriviense	[Cores: laranja, amarelo, verde, marrom]	Formação Abaiara	Pré-Alagoas	Rifte 3	
		Valanginiense		Seção superior da Fm. Missão Velha	Intra-Rio da Serra II	Rifte 2	Climax
		Berriassiano		Seção inferior da Fm. Missão Velha	Intra-Rio da Serra I	Rifte 1	
		Aralu inf.		Pré-Rio da Serra			
Jurássico	Superior	Tithoniano	[Cores: verde]	Formação Brejo Santo	Jurássica ?	Jurássica	
		Dom João	[Cores: verde]		Jurássica ?		
Jurássico-Triássico			[Cores: verde]			Sinéclise? Rifte?	
Siluriano-Devoniano			[Cores: marrom]	Formação Mauriti		Paleozóica	
Pré-Cambriano			[Cores: branco]	Embasamento	Pré-Siluriana	Sinéclise	

Fig. 3 – Coluna estratigráfica simplificada, ilustrando as unidades litoestratigráficas, discordâncias e tectonossequências reconhecidas na área de estudo.

### 3 – Estilos estruturais

Como foi observado nos mapas gravimétricos, fotografias aéreas e dados da literatura (PONTE & PONTE FILHO, 1996), os falhamentos predominantes estão agrupados em três conjuntos distintos, com direções NE, E-W e NW. Mais uma vez deve ser ressaltado que algumas destas orientações são herança das anisotropias do embasamento cristalino, zonas de cisalhamento e foliação dos terrenos que circundam a bacia sedimentar, as quais foram reativadas durante o rifteamento eocretáceo.

O caráter paralelo das discordâncias pré-eocretáceas (base das formações Brejo Santo e Missão Velha) indica que as estruturas pré-rifte são de reduzida expressão. Um registro peculiar em afloramento do topo da Formação Mauriti, na localidade tipo, sugere que esta unidade sofreu expressiva litificação e soterramento (possivelmente envolvendo a carga de outras unidades paleozóicas) antes da deposição da Formação Brejo Santo.

Para a caracterização do estágio rifte de evolução da bacia, foram amostradas fraturas em escala macroscópica, extraídas de fotografias aéreas, junto com interpretações de escala mesoscópica. Foram identificados dois tipos de estruturas (falhas ou bandas de

deformação) principais, cada uma das quais com feições de comportamento cataclástico ou hidroplástico predominantes. Em adição, essas estruturas exibem cinemática distinta, (i) normais ou oblíquas ou (ii) de rejeito direcional (transcorrências ou zonas de transferência), como pode ser observado nos estereogramas representados na Fig. 2b. Em escala macroscópica, a falha da borda NW do *graben* exibe uma dobra de arrasto, que inverte o mergulho das camadas, com ângulo relativamente elevado (Fig. 4).

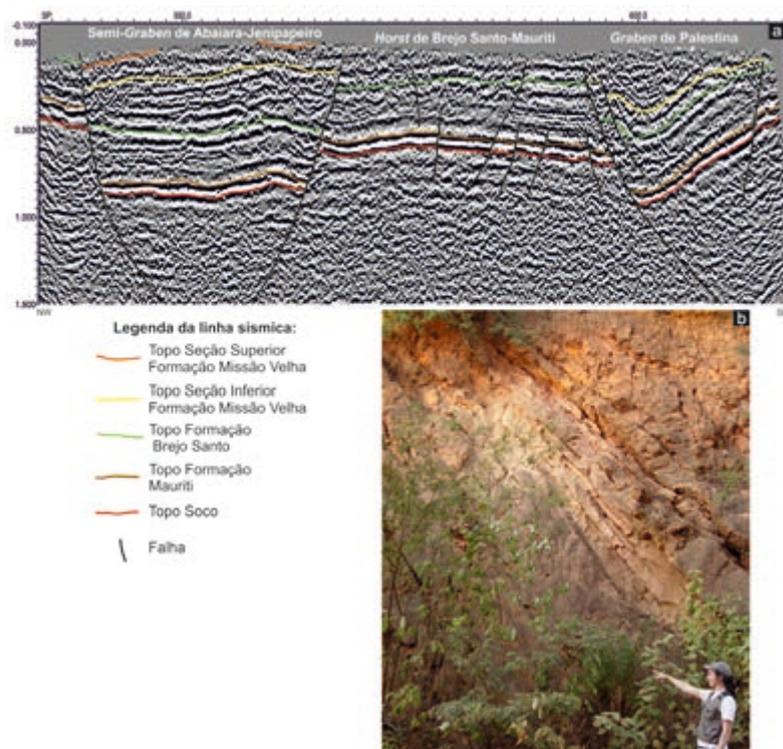


Fig. 4 – a) Linha sísmica localizada no Vale do Cariri (ver localização na Fig.2a. e corte interpretativo na Fig. 2d); Na porção SE da linha é visível o sinclinal de arrasto (dobra de propagação de falha) associado ao rejeito da falha principal na borda NW do Graben de Palestina; b) Forte mergulho das camadas da Formação Abaiara, no flanco da dobra associada à falha da borda NW do *graben*.

As falhas (ou bandas de deformação) com rejeito normal são as estruturas que predominam na área de estudo. Apresentam um mergulho próximo ou superior a  $60^\circ$ , podendo também ser observadas falhas normais de baixo ângulo, provavelmente constituindo estruturas precoces rotacionadas, junto com o acamamento. Apresentam direções preferenciais que variam de NNE a NE (Fig. 2b). Várias dessas falhas podem apresentar uma componente direcional, classificando-se como falhas normais oblíquas.

O comportamento cataclástico dessas estruturas é evidenciado pelos planos de falhas discretos, com *slickenlines* bem desenvolvidos e seixos fraturados (Fig.5a,c). As falhas

hidroplásticas exibem planos espessos (bandas cimentadas) e *slickenlines* mal definidos, além de feições de arrasto ou estruturas S-C (Fig. 5b, e).

As falhas ou bandas de deformação com rejeito direcional ocorrem com menor frequência, em geral na forma de pares conjugados. As falhas dextrais apresentam orientação que varia de NNW a NE (setor III.B, Fig. 2b e Figura 5e). Já as falhas com cinemática sinistral variam de direção entre E-W a ENE (ou WNW; setores II.B e III.B, Fig. 2b e Fig. 5d). O conjunto permite inferir uma direção de distensão NW, compatível com aquela das falhas normais. O comportamento reológico similar (estilos hidroplástico e cataclástico) sugere que estes dois grupos de estruturas (normais e transcorrentes) são penecontemporâneos, provavelmente relacionados a uma permutação no eixo de tensões vertical. Também ocorrem estruturas com orientação NW, interpretadas como falhas de transferência, ou de acomodação de rejeito diferencial (Fig. 2a).

Tendo em vista a similaridade na orientação, parte dessas falhas deve representar uma herança das estruturas do embasamento, que foram reativadas durante o rifteamento eocretáceo.



Fig. 5 – Algumas feições que caracterizam as falhas com rejeitos normais e oblíquos. a) Plano de falha com *slickenlines* bem definidos na Formação Abaiara, sugestivo de deformação pós-litificação. b) Microfalhas normais hidroplásticas na Formação Missão Velha inferior, estilo compatível com deformação pré a sinlitificação. c) Seixos fraturados, evidenciando o seu estiramento ao longo dos slickenlines do rifteamento eocretáceo. d) Banda de deformação E-W cataclástica, transcorrente sinistral, na Formação Mauriti (plano horizontal do afloramento). e) Foliações S-C em bandas de deformação N-S/NNE dextrais.

#### 4 – Considerações Finais

40

No contexto descrito, para este e outros depocentros orientados NE-SW, no Araripe e em outras bacias vizinhas, os modelos clássicos da geometria de *grabens* em distensão (tipo vale do Reno) não podem ser aplicados diretamente. Por outro lado, o modelo *pull-apart* pode ser afastado, uma vez que o *Graben* de Palestina não é limitado, nas suas extremidades, por zonas transcorrentes E-W de maior expressão, como deveria ser o caso. A distensão NW eocretácea reativou estruturas no embasamento com orientação variada, gerando falhas normais com orientação NE, ou com rejeito oblíquo ou transcorrente, no caso das estruturas com orientação E-W ou NNE/NNW, de idade similar e afetando a cobertura sedimentar. Ambos os conjuntos são contemporâneos, compatíveis com a distensão NW, e evidenciam uma permutação nos demais eixos de tensões/de *strain* (Y variando entre vertical a sub-horizontal NE), ainda a ser adequadamente esclarecida.

#### Referências Bibliográficas

- ASSINE, M. L. (2007) – Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, 15, p. 371-389.
- CARDOSO, F. M. C. (2010) – O *Graben* de Palestina: Contribuição à Estratigrafia e Estrutura do Estágio Rife na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- CARDOSO, F. M. C., JARDIM DE SÁ E. F., SCHERER C. M. S. & CÓRDOBA V. C. (2012) – O *Graben* de Palestina (Bacia do Araripe, NE Brasil): Análise Estratigráfica, I Congresso Internacional “Geociências na CPLP”, Universidade de Coimbra, 12 a 19 de Maio, p. 106.
- MATOS, R. M. D. (1992) – The Northeastern Brazilian rift system. *Tectonics*, 11, p. 776-791.
- MATOS, R. M. D. (1999) – History of the Northeast Brazilian rift system: implications for the breakup of Brazil and West Africa. In: Cameron, N. R., Bate, R. & Clure, V. (eds.). *The Oil and Gas Habitats of the South Atlantic*. Geol. Soc. Londn, Spec. Publ., 153, p. 55-73.
- PONTE, F. C., HASHIMOTO A. T. & DINO, R. (coords.) (1991) – Geologia das bacias sedimentares mesozóicas do interior do Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES/DIVEX/SEBIPE, 278 p.
- PONTE, F. C. & PONTE-FILHO, F. C. (1996) – Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Departamento Nacional de Produção Mineral, 4º./10º, Distritos Regionais, Relatório Interno, p. 68.
- <http://glcf.umd.edu/> (Global Land Cover Facility – University of Maryland).