

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 ESTRATIGRÁFICA

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

F. M. C. Cardoso¹, E. F. Jardim de Sá²,
C. M. S. Scherer³ & V. C. Córdoba²

Resumo – O *Graben* de Palestina faz parte do conjunto de *Grabens* assimétricos com orientação NE-SW a ENE, na porção leste da Bacia do Araripe. A estratigrafia neste domínio é representada por três tectonossequências distintas, sendo que as duas primeiras fazem parte de um contexto precedente ao rifte eocretáceo, que moldou a margem continental leste brasileira. A Tectonossequência da Sinéclise Paleozóica corresponde à Formação Mauriti, relacionada a um sistema fluvial entrelaçado. A Tectonossequência Jurássica, representada pela Formação Brejo Santo, foi originada numa planície de inundação distal de canais fluviais efêmeros. A Tectonossequência Rifte inclui: (i) a secção inferior da Formação Missão Velha, associada a um sistema fluvial entrelaçado a meandrante grosso, numa etapa inicial o rifte; (ii) a secção superior da Formação Missão Velha, separada da anterior por uma importante discordância e relacionada a um sistema fluvial entrelaçado; e (iii) a Formação Abaiara, representando o clímax do rifte e originada por um sistema deltaico alimentado por um sistema fluvial meandrante.

Palavras-chave – Bacia do Araripe; NE Brasil; Fácies sedimentares

¹ 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

² 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; emanuel@ccet.ufrn.br; valeria.geo@ufrnet.br

³ Programa de Pós-Graduação e Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil; claiton.scherer@ufrgs.br

Abstract – *The Palestina Graben is one of the NE-trending asymmetric Grabens of the Araripe Basin, in the eastern portion of the Araripe Basin. The stratigraphy in this domain comprises three distinct tectonosequences, the older two preceding the Eocretaceous rifting that developed the Eastern Brazilian margin. The Paleozoic Syncline Tectonosequence corresponds to Mauriti Formation, related to a braided fluvial system. The Jurassic Tectonosequence, represented by the Brejo Santo Formation, was originated in a distal floodplain of ephemeral fluvial channels. The Rift Tectonosequence comprises: (i) the lower section of the Missão Velha Formation, associated to a braided to meandering fluvial system during an early rifting stage; (ii) the upper section of the Missão Velha Formation, separated from the former one by a major unconformity and related to a braided fluvial system; and (iii) the Abaiara Formation, representing the rift climax and originated by a deltaic system fed by a meandering fluvial system.*

Keywords – *Araripe Basin; NE Brazil; Sedimentary facies*

1 – Introdução

O *Graben* de Palestina compõe o conjunto de depocentros com orientação NE-SW a ENE, da Bacia do Araripe. Esta bacia foi implantada nos terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal (Província Borborema, Nordeste do Brasil), imediatamente a sul do Lineamento Patos. A mesma faz parte da província das Bacias Interiores do Nordeste, relacionadas à fragmentação do supercontinente Gondwana e abertura do Atlântico Sul (Fig. 1).

Como parte de um projeto financiado pela PETROBRAS/ANP, foi realizada uma análise estratigráfica desta área (CARDOSO, 2010), objeto desta contribuição.

2 – Análise estratigráfica

A Bacia do Araripe é composta por várias unidades litoestratigráficas. A área do presente trabalho abrange somente as rochas pertencentes às formações Mauriti, Brejo Santo, Missão Velha (secções inferior e superior) e Abaiara, as quais correspondem às tectonossequências da Sinéclise Paleozóica, Jurássica (contexto tectônico ainda impreciso) e do Rifte neocomiano. Na Fig. 2 são ilustrados os estágios tectônicos, tectonossequências, tratos de sistemas e unidades litoestratigráficas equivalentes, além das discordâncias envolvidas. No que diz respeito à Tectonossequência Rifte, a mesma foi dividida nos tratos de sistemas tectônicos (TST) de Início de Rifte e de Clímax de Rifte.

Visando caracterizar cada uma das unidades estratigráficas, para compreender melhor o cenário deposicional e a evolução estratigráfica desde o Paleozoico até o Neocomiano, os estudos envolveram a definição das fácies sedimentares, o estabelecimento dos elementos arquiteturais e a interpretação dos sistemas deposicionais. As interpretações levaram em consideração a proposta de MIALL (1996) para a classificação de fácies fluviais (ver legenda da Fig. 3).

Nos itens que se seguem é feita uma abordagem sobre o contexto deposicional concebido para cada tectonossequência (e formações associadas), com base nas fácies deposicionais e elementos arquiteturais interpretados.

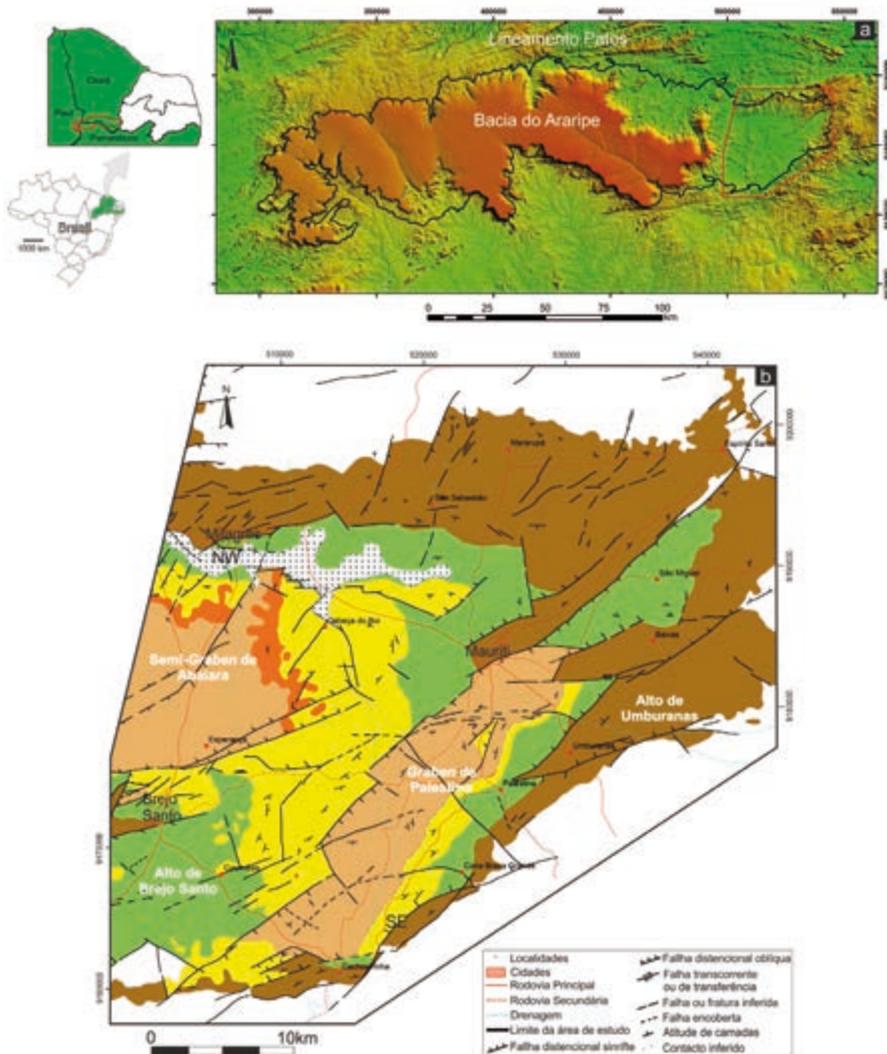


Fig. 1 – a) Mapa de localização da Bacia do Araripe, NE do Brasil; b) Distribuição das tectonossequências da Sinéclise Paleozóica, Jurássica e Rife na porção leste da bacia. O mapa foi elaborado como parte do Projeto Bacias Interiores, e a sua legenda pode ser consultada na Fig. 2.

2.1 – A Tectonossequência da Sinéclise Paleozóica

Esta sequência corresponde litoestratigraficamente à Formação Mauriti, a qual representa a unidade basal da coluna estratigráfica da Bacia do Araripe, assentando diretamente em não conformidade sobre o embasamento pré-cambriano. A mesma corresponde a um contexto de sinéclise paleozóica, provavelmente incluindo outras unidades sobrepostas, posteriormente erodidas no intervalo pré-Juro-Triássico.

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

Fig. 2 – Coluna estratigráfica simplificada, ilustrando as unidades litoestratigráficas, discordâncias e tectonossequências reconhecidas na área de estudo. A distribuição das unidades é ilustrada na Fig. 1.

A Formação Mauriti é caracterizada predominantemente por arenitos quartzosos e/ou feldspáticos, e níveis conglomeráticos associados. Tais litótipos apresentam cores claras, variando de bege, cinza, rosa a verde; o tom esverdeado, segundo FEITOSA (1987 *in* ASSINE, 2007), deve-se à presença do mineral paligorskita. Os arenitos, na sua maioria, exibem estratificações cruzadas e mostram-se bem silicificados, o que facilita a sua preservação e a formação de relevos em cuesta.

Em termos de estruturas sedimentares, os arenitos desta unidade exibem estratificações cruzadas acanaladas e, subordinadamente, tabulares planares, ambas de médio a grande porte, dispostas em estratos com espessura decimétrica a métrica. Tais litótipos enquadram-se nas fácies Aa e Ap, respetivamente; de forma local, podem ocorrer arenitos maciços.

Observa-se que os estratos exibem comumente gradação normal, iniciando com um nível conglomerático na base e culminando com arenitos médios no topo. Observa-se

também que os estratos ocorrem de forma amalgamada e que inexistem, ou são restritos, níveis pelíticos. Com base nestes aspetos é possível inferir que os níveis conglomeráticos correspondem a *lags* residuais de fundo de canal e que o conjunto de estratos representa barras fluviais amalgamadas, provavelmente dos tipos transversal e longitudinal, constituindo portanto elementos arquiteturais de preenchimento de canal fluvial. A ausência de níveis pelíticos e a granulometria mais grossa permite, em primeira análise, afirmar tratar-se de um sistema fluvial entrelaçado. O sentido preferencial das paleocorrentes é para N/NE.

2.2 – A Tectonossequência Jurássica

Esta tectonossequência é formada exclusivamente pelos litótipos da Formação Brejo Santo, interpretados na literatura (e.g. ASSINE, 2007) como parte de um contexto de sinéclise, precedente ou no estágio inicial do rifteamento neocomiano (pertencente ao Trato de Sistemas Tectónico de Início do Rife).

A Formação Brejo Santo é separada da Formação Mauriti por uma importante discordância erosiva, caracterizada em diferentes localidades. Litologicamente, esta formação caracteriza-se pelos folhelhos em tons avermelhados ou arroxeados, apresentando ainda níveis esverdeados ou esbranquiçados, tonalidades também observadas como manchas no interior da rocha, resultantes de processos de pedogênese. Tais litótipos são enquadrados na litofácies Pm. Em alguns afloramentos ocorrem arenitos de cor creme, finos a médios, feldspáticos e, por vezes, micáceos, bem selecionados, com estratificação incipiente, que se intercalam com os folhelhos, sendo correlacionados às fácies Am e Amo; de forma bastante localizada, foram observados arenitos com estratificações cruzadas acanaladas, correlacionados à fácies Aa.

A presença da fácies Pm indica um ambiente deposicional com condições de baixa energia, que possibilitou a deposição dos sedimentos por decantação. A associação das fácies Pm, Amo e Am permitiu interpretar que o cenário deposicional da Formação Brejo Santo seria representado por planícies de inundações distais, alimentadas por canais fluviais efêmeros. Embora com dados comparativamente restritos, o sentido preferencial das paleocorrentes é para sul.

2.3 – A Tectonossequência Rife

Esta tectonossequência engloba formações Missão Velha e Abaiara. A secção inferior da Formação Missão Velha está sobreposta à Formação Brejo Santo em contato brusco, caracterizado como uma discordância. Na terminação SW do *Graben* de Palestina, a erosão associada a esta discordância deve ser a responsável pela ausência da Formação Brejo Santo nesse local; neste caso, os arenitos Missão Velha capeiam diretamente a Formação Mauriti.

Este intervalo é constituído principalmente por arenitos médios a muito grossos, moderadamente a bem selecionados, de cores claras, por vezes com tons creme a amarelados, os quais foram associados à fácies Aa. Subordinadamente, ocorrem arenitos muito finos a finos, com estratificação cruzada tabular planar. De forma mais rara, podem ser encontrados

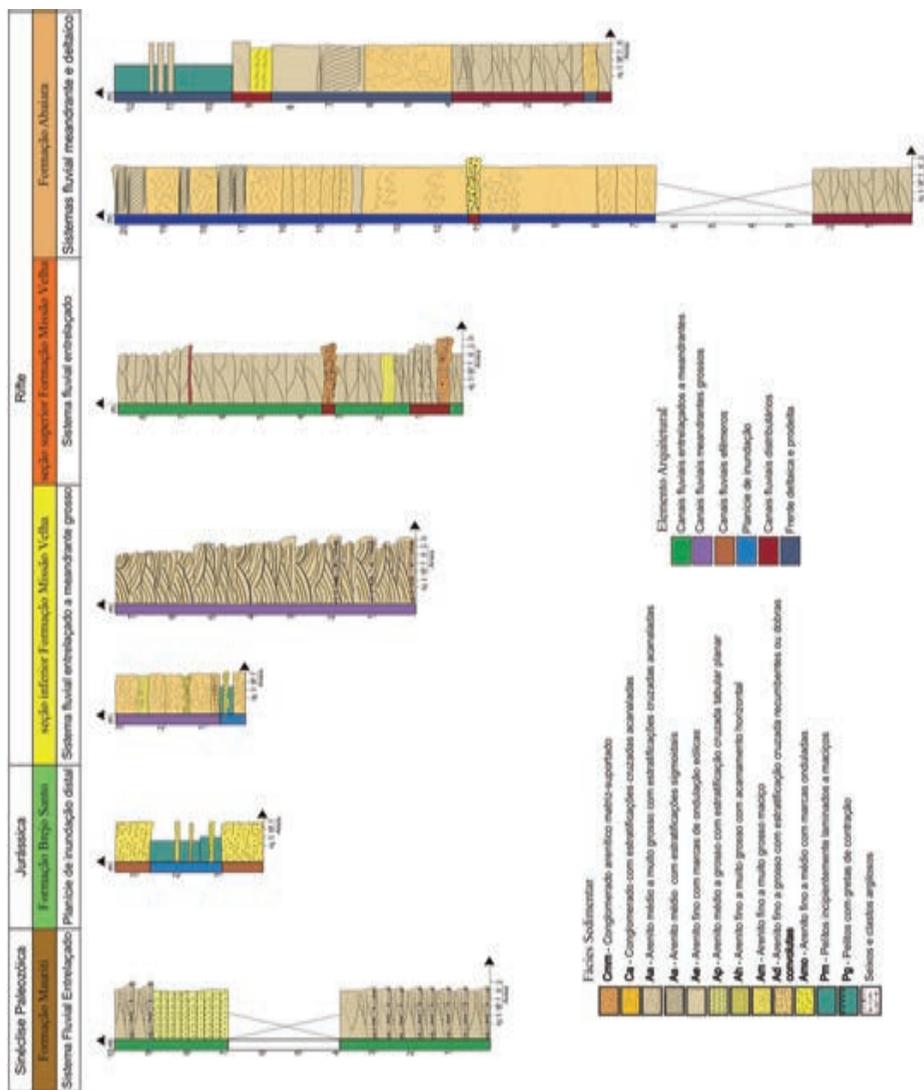


Fig. 3 – Secções colunares referentes às várias formações representadas na área de estudo e as respetivas fácies sedimentares.

arenitos com estratificação planoparalela e arenitos cuja estratificação não é visível ou encontra-se deformada, enquadrados nas fácies Am e Ad, respetivamente.

Em vários afloramentos foram observadas intercalações de pelitos nos arenitos acima descritos, bem como alguns níveis de conglomerados com seixos de feldspatos, quartzo e argilitos. É comum encontrar troncos e fragmentos de madeira silicificada, de várias dimensões, atribuídos à conífera *Dadoxylonbenderi* (citados em trabalhos de BRITO, 1987 *in* ASSINE, 1992, 2007).

As fácies areníticas e conglomeráticas descritas anteriormente compõem estratos com gradação normal os quais, quando empilhados verticalmente, formam ciclos com afinamento textural para o topo. A associação destas fácies permite inferir que as mesmas representam elementos arquiteturais de canais fluviais entrelaçados a meandranes grossos, arenosos e cascalhosos. Os níveis de conglomerados presentes na base de alguns dos estratos podem ser relacionados a *lags* residuais de fundo de canal. Por sua vez, níveis pelíticos relacionados à fácies Pm, que ocorrem por vezes intercalados aos estratos das fácies areníticas, podem ser interpretados como depósitos de planície de inundação. Ainda é possível inferir que, dado à presença de troncos de madeira fossilizados, as porções de cabeceira destes rios deviam ser cobertas por extensas florestas de coníferas, situadas mais a N/NW (DA ROSA & GARCIA, 1995, 2000; GARCIA *et al.*, 2005; ASSINE, 2007), como indica o sentido preferencial das paleocorrentes, para S/SE.

A base da secção superior da Formação Missão Velha é limitada por uma importante discordância erosional, marcada por uma superfície bastante irregular, sobre a qual se dispõe um nível de conglomerado maciço. Na região de Abaiara, este conglomerado, relacionado à fácies Cmm, é composto por blocos de arenitos, troncos de madeira fóssil retrabalhados e clastos arenosos e argilosos, além de seixos de quartzo e de rochas do embasamento, conforme ilustrado no trabalho de AQUINO (2009).

Na área abordada neste trabalho, esta secção tem uma distribuição mais restrita. Remanescentes do conglomerado basal, bem característico, foram observados no alto que bordeja, a oeste, o *Graben* de Palestina, sobrepostos aos arenitos da secção inferior desta formação. Outra ocorrência significativa é observada nos arredores da Vila de Palestina, bem como na borda oriental (rampa direcional) do *Semi-Graben* de Abaiara-Jenipapeiro.

Esta secção é constituída por arenitos predominantemente médios a grossos, que exibem estratificações cruzadas acanaladas que se enquadra nas fácies Aa. Associados aos arenitos ocorrem níveis de conglomerados maciços, com grânulos de quartzo e clastos argilosos, relacionados à fácies Cmm. De forma mais localizada ainda ocorrem arenitos maciços ou incipientemente estratificados, relacionados às fácies Am e Ah.

Os arenitos da fácies Aa estão dispostos em estratos amalgamados, com gradação normal, que juntamente com níveis de conglomerados da fácies Cmm compõem ciclos de afinamento textural para o topo; eventualmente, compondo a porção mediana desses ciclos, ocorrem estratos com arenitos da fácies Ah. A ocorrência desta associação de fácies e o tipo de ciclo gerado permite inferir que a mesma representa depósitos arenosos e cascalhosos de preenchimento de canais fluviais. A presença da fácies Ah, embora de forma bastante localizada, indica um aumento na energia do fluxo trativo, que pode mudar momentaneamente durante a deposição para um fluxo torrencial.

A presença de depósitos de preenchimento de canais fluviais, com níveis gerados por fluxos torrenciais e a ausência de depósitos de planície de inundação, permitem inferir que

as rochas que integram a secção superior da Formação Missão Velha tenham sido geradas a partir de um sistema fluvial de estilo entrelaçado. Com relação ao sistema deposicional vigente durante a deposição da secção inferior desta formação, o sistema fluvial interpretado para a secção superior se estabeleceu em condições de mais alta energia e seus rios, de acordo com as paleocorrentes, passaram a correr predominantemente para SW, quando antes, na época da deposição da secção inferior, corriam para S e SE.

A Formação Abaiara, a unidade mais jovem da Tectonossequência Rifte, separa-se da anterior (a secção superior da Formação Missão Velha) por uma discordância erosional interna a essa tectonossequência, evidenciada em corte de ferrovia imediatamente a oeste da área na Fig. 1 (AQUINO, 2009).

Esta unidade é composta por uma sucessão de rochas pelíticas intercaladas com arenitos. Os pelitos apresentam normalmente cor vermelha, mas pontualmente podem ser encontrados pelitos com tons escuros, indicando alto teor de matéria orgânica. Tais pelitos são maciços o que os enquadra na fácies Pm. Por vezes, estes pelitos apresentam gretas de contração (fácies Pmg). Os arenitos, de coloração bege a cinza, são normalmente finos a médios, bem selecionados, em alguns casos incluindo níveis conglomeráticos com grânulos de quartzo e feldspatos. Quanto às estruturas sedimentares, tais arenitos mostram-se maciços, fluidizados ou apresentam estratificações cruzadas acanaladas e, localmente, estratificações cruzadas sigmoidais, o que permite enquadrá-los nas fácies Am, Ad, Aa e As, respetivamente. Foram também observados, de forma local, arenitos com marcas onduladas eólicas, associadas à fácies Ae.

As fácies descritas para esta formação se associam de forma a compor quatro associações de fácies distintas: (1) Associação de canais fluviais meandantes, (2) Associação de planície de inundação, (3) Associação de canais fluviais distributários e (4) Associação de frente deltaica e prodelta.

A primeira associação é caracterizada pela ocorrência de estratos amalgamados, formados por arenitos médios a grossos, maciços, ou com estratificações cruzadas, predominantemente acanaladas (fácies Aa e Am). A presença de intervalos formados por estratos de arenitos com estratificações cruzadas acanaladas, ou maciços, que evoluem para intervalos relacionados à associação de planície de inundação, constituída predominantemente por estratos pelíticos, permite interpretar esta associação como representativa de depósitos de preenchimento de canais fluviais meandantes, caracterizados por barras em pontal. Por vezes, observa-se a presença de estruturas sedimentares diagnósticas da ação eólica, como laminações transladantes de marcas onduladas eólicas, o que permite interpretar que localmente as barras em pontal foram retrabalhadas pelo vento.

A segunda associação, de planície de inundação, é representada dominantemente por pelitos, por vezes, com gretas de contração, intercalados com arenitos finos maciços ou incipientemente estratificados. Esta associação é interpretada como formada por depósitos finos, produto da deposição por decantação, e por camadas tabulares e delgadas de arenitos que representam depósitos de transbordamento, relacionados a um sistema fluvial meandrante arenoso.

A terceira associação, de canais fluviais distributários, é caracterizada pela ocorrência de estratos amalgamados, com gradação normal, de arenitos médios com estratificações cruzadas acanaladas. Tais características permitem inferir inicialmente que tal associação corresponda a depósitos fluviais. A ocorrência da mesma, juntamente com a associação de frente deltaica e prodelta, possibilita concluir que tais depósitos fluviais correspondem a

canais fluviais distributários que compõem, juntamente com as baías interdistributárias (não individualizadas neste estudo), uma região de planície deltaica.

A associação de frente deltaica e prodelta diferencia-se das demais por compor sucessões de arenitos médios com abundantes estruturas deformacionais, notadamente convolutas (fácies Ad), além de arenitos com estratificações cruzadas acanaladas e sigmoidais (fácies Aa e As); pelitos e arenitos finos maciços (fácies Pm e Am) ocorrem associados. Apesar de não terem sido observadas sucessões com engrossamento textural para o topo, critério diagnóstico dos depósitos de frente deltaica, a presença frequente de estruturas deformacionais permite interpretar tais depósitos como barras de desembocadura e distais associadas a lamas de prodelta. Tais associações caracterizam assim um sistema deltaico, provavelmente dominado por processos fluviais.

Deste modo, o cenário deposicional idealizado para a Formação Abaiara inclui, nas porções mais distais, um sistema deltaico individualizado em suas porções de planície deltaica, bem caracterizada pelos depósitos de canais fluviais distributários, e as de frente deltaica e prodelta. Alimentando este sistema deltaico e ocorrendo mais a montante ocorre um sistema fluvial de carga arenosa e estilo meandrante.

3 – Considerações finais

Em relação à estratigrafia, as diversas unidades presentes na área foram caracterizadas a nível litofaciológico, e enquadradas em três tectonossequências.

A Tectonossequência da Sinéclise Paleozóica é constituída pela Formação Mauriti, a qual representa a unidade basal da coluna estratigráfica da Bacia do Araripe. Considera-se que esta unidade seja remanescente de uma sucessão que deveria incluir outras unidades, a exemplo daquelas encontradas na secção eopaleozóica da Bacia do Parnaíba.

A Tectonossequência Jurássica é composta exclusivamente pela Formação Brejo Santo, e separa-se da anterior por uma discordância erosiva. Esta formação, de idade neojurássica/Andar Dom João, ou mais antiga (Juro-Triássica, sendo que esta segunda possibilidade é levantada pelas relações entre uma unidade similar com diques básicos datados na região de Lavras da Mangabeira). Além da sua idade, encontram-se em aberto questões com respeito a seu contexto tectônico: uma sinéclise pré-rifte ou depósitos iniciais do rifte neocomiano?

A Tectonossequência Rifte é composta pelas Formações Missão Velha e Abaiara. Sobreposta à Formação Brejo Santo através da discordância designada de Pré-Rio da Serra, ocorre a secção inferior da Formação Missão Velha. Em relação à Tectonossequência Jurássica, esta secção inferior denuncia o rejuvenescimento do relevo no entorno dos depocentros neocomianos em desenvolvimento, correspondendo ao Trato de Sistemas Tectônico de Início de Rifte.

O Trato de Sistemas Tectônico de Clímax de Rifte ocorre basicamente restrito aos depocentros neocomianos. O mesmo é composto, na sua porção inferior, pela secção superior da Formação Missão Velha. Na base desta secção é definida uma importante discordância erosional, designada de intra-Rio da Serra I. O clímax do rifte é também representado pela Formação Abaiara, a qual consiste em intercalações de arenitos com folhelhos cinzas, vermelhos e verdes, comumente fluidizados; sua base corresponde à discordância intra-Rio da Serra II.

Referências Bibliográficas

110

- AQUINO, M. M. (2009) – A formação Abaiara e o Arcabouço Tectonoestratigráfico da Região de Abaiara-Brejo Santo, Bacia do Araripe, NE do Brasil. Monografia de Graduação, Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- ASSINE, M. L. (1992) – Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 22, p. 289-300.
- ASSINE, M. L. (2007) – Bacia do Araripe. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, 15, 3p. 71-389.
- 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.
- DA ROSA, A. A. S. & GARCIA, A. J. V. (1995) – Reanálise da sequência continental pré-rife na margem norte da Depressão Afro-Brasileira. Geociências, USP, 14, p. 105-120.
- DA ROSA, A. A. S. & GARCIA, A. J. V. (2000) – Palaeobiogeographic aspects of northeast Brazilian basins during the Berriasian before the break up of Gondwana. Cretaceous Res., 21, p. 221-239.
- GARCIA, A. J. V., DA ROSA, A. A. S. & GOLDBERG, K. (2005) – Paleoenvironmental and paleoclimatic control on early diagenetic processes and fossil record in Cretaceous continental sandstones of Brazil. Jour. of South American Earth Sciences, 19, p. 243-258.
- MIALL, A. D. (1996) – The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology, Berlin, Springer-Verlag, 586 p.