

Análise estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas

Stratigraphic analysis of Brejo Santo Formation, Araripe Basin, Northeast Brazil: paleogeographic implications

Gelson Luís Fambrini¹, Virginio Henrique de Miranda Lopes Neumann^{1,4}, Cecilia Lima de Barros²,
Sonia Maria Oliveira Agostinho da Silva¹, Paulo Cesar Galm³, José Acioli Bezerra de Menezes Filho²

¹Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Avenida Acadêmico Hélio Ramos s/n - Cidade Universitária, CEP 50740-530, Recife, PE, BR (gelson.fambrini@ufpe.br; neumann@ufpe.br; sonia@ufpe.br)

²Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, PE, BR (cecilybarros@hotmail.com; joseacioli@gmail.com)

³Gerência de Laboratório (GELAB), PETROBRAS, Aracaju, SE, BR (pcgalm@petrobras.com.br)

⁴Bolsista de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Recebido em 12 de novembro de 2012; aceito em 25 de junho de 2013

Resumo

A Bacia do Araripe tem sido objeto de várias publicações nos últimos anos, notadamente a respeito do rico acervo paleontológico das formações Brejo Santo, Crato e Romualdo. Entretanto, trabalhos que abordem em detalhe a Formação Brejo Santo, do ponto de vista estratigráfico, são escassos. A Formação Brejo Santo, de idade mesozoica (Andar Dom João), é representada por espessa sucessão (até 450 m) predominantemente pelítica aflorante na porção leste da bacia. A Formação Brejo Santo repousa discordantemente sobre a Formação Cariri, de idade presumivelmente paleozoica, e faz contato gradacional com a sobrejacente Formação Missão Velha. Constitui-se de pelitos, tais como argilitos e folhelhos calcíferos castanho-avermelhados, maciços a laminados, com intercalações decimétricas de siltitos argilosos cinza-esbranquiçados a esverdeados e camadas centimétricas de folhelhos avermelhados mosqueados com nódulos calcários e, subordinadamente, arenitos finos calcíferos, abundantemente fossilíferos, e arenitos finos brancos com estratificação cruzada tabular. Paleocorrentes medidas possuem padrão de dispersão consistente para SE, SW e S, coerente com a instalação de ampla bacia aberta nesta direção. As fácies e associações de fácies descritas foram interpretadas como geradas por (i) sistemas lacustres nos quais periodicamente o nível dos lagos e/ou lagoas sofriam variações bruscas, cujas variações de coloração acham-se relacionadas às sazonalidades do nível do lago (períodos de exposição subaérea) e por (ii) sistemas fluviais efêmeros que alimentavam esses lagos. A ocorrência disseminada de organismos fósseis, tais como ostracodes não marinhos e conchostráceos, sugere que os sedimentos da Formação Brejo Santo teriam sido depositados em sistemas lacustres favoráveis à formação de camadas de *red beds* sob condições climáticas quentes e de estação seca bem definida, corroborando a interpretação deposicional.

Palavras-chave: Bacia do Araripe; Formação Brejo Santo; Andar Dom João; Fácies; Lacustre.

Abstract

The Araripe Basin has been the subject of several publications in the recent years, notably with respect to the rich paleontological collection of Brejo Santo, Crato and Romualdo Formations. However, papers detailing stratigraphic aspects of Brejo Santo Formation are scarce. The formation (Mesozoic era - Dom João Stage) is represented by a predominantly pelithic succession (up to 450 m thick) outcropping in eastern portion of the basin. The Brejo Santo Formation unconformably overlies the Cariri Formation, presumably of Paleozoic age, and makes gradational contact with the overlying Missão Velha Formation. It consists of pelithes, such as massive to laminated reddish-brown chinks and calciferous shales with decimetric intercalations of white to greenish-grey siltstones and centimetric layers of reddish mottled, speckled and striped shales, with calcareous nodules, and subordinately, muddy limestones and highly fossiliferous calciferous sandstones and fine sandstones with planar cross-stratifications. The measured paleocurrents have a consistent dispersion pattern for SE, SW and S, suggesting the installation of an open wide basin toward the south. The facies and facies associations described were interpreted as generated by (i) lake systems in which periodically the level of the lakes and/or ponds suffered sudden variations, causing

changes in coloration related to seasonal fluctuations in the level of the lake (periods of subaerial exposure) and (ii) ephemeral river systems which fed these lakes. The widespread occurrence of fossil organisms, such as non-marine ostracods and conchostracheans suggest that the sediments of Brejo Santo Formation were possibly deposited in lacustrine-fluviatile systems favorable to the formation of red beds layers, under hot climatic conditions with well-defined dry seasons, corroborating the depositional system interpretation.

Keywords: Araripe Basin; Brejo Santo Formation; Dom João Stage; Facies; Lacustrine.

INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe (Figura 1) tem sido objeto de várias publicações nos últimos anos, notadamente a respeito do rico acervo paleontológico das formações Brejo Santo, Crato e Romualdo. Entretanto, trabalhos que considerem em detalhe aspectos estratigráficos da Formação Brejo Santo são escassos (e.g. Cavalcanti e Viana, 1992), normalmente se tratando da unidade em conjunto com as demais. Um dos intervalos estratigráficos mais importantes da Bacia do Araripe é justamente aquele que engloba as formações Brejo Santo e Missão Velha, o chamado estágio pré-rifte de Ponte e Asmus (1978). O intervalo mencionado corresponde ao Neojurássico (Andar Dom João) e foi caracterizado com base na ostracofauna típica da biozona NRT-001 que, na Bacia do Araripe, caracteriza-se pela associação de espécies *Bisulcocypris pricei* e *Darwinula oblonga*, entre outras (Braun, 1966; Coimbra et al., 2002; Assine, 2007; Barros, 2010; Barros et al., 2011). Esse intervalo reveste-se de grande importância por ser comum a outras bacias do Nordeste do Brasil, tais como as bacias do rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá, a Bacia Sergipe-Alagoas e, possivelmente, outras ocorrências baciais menores como Cedro, Mirandiba e São José do Belmonte (Assine, 1992, 2007; Fambrini et al., 2011b, 2012b), bem como a contraparte africana, caso da Bacia do Gabão (e.g. Teisserenc e Villemain, 1989; Küchle et al., 2011).

O empilhamento sedimentar da Bacia do Araripe comporta quatro tectono-sequências deposicionais recém-redefinidas por Fambrini et al. (2010a, 2010b, 2011b), com base nos trabalhos de Prosser (1993), Assine (2007) e de Almeida et al. (2009), e adaptadas para este trabalho: (i) *Sequência Sinéclise*, constituída pela Formação Cariri, representada por arenitos médios a grossos granodrecrescentes; (ii) *Sequência de Início de Rifte a Climax de Rifte Inicial*, de idade neojurássica, composta pelos pelitos da Formação Brejo Santo e pelos arenitos da porção inferior da Formação Missão Velha; (iii) *Sequência de Climax de Rifte Intermediário a Climax de Rifte Tardio*, constituída pelos arenitos grossos da porção superior da Formação Missão Velha e pelos pelitos e arenitos da Formação Abaiara, de idade neocomiana. Essas sequências (ii e iii) dispõem-se em *horstes* e *grabens* em duas sub-bacias principais separadas pelo Alto de Dom Leme: Cariri a leste e Serrolândia a oeste (Assine, 1992); (iv) *Sequência pós-rifte*, separada em duas, Pós-Rifte Inferior, de idade aptiano-albiana, constituída pelas rochas

siliciclásticas e carbonáticas das formações Barbalha (Rio da Batateira), Crato, Ipubi, Romualdo e Araripina, e Pós-Rifte Superior, de idade albiano-cenomaniana, que se encontra caracterizada pelos arenitos da Formação Exu.

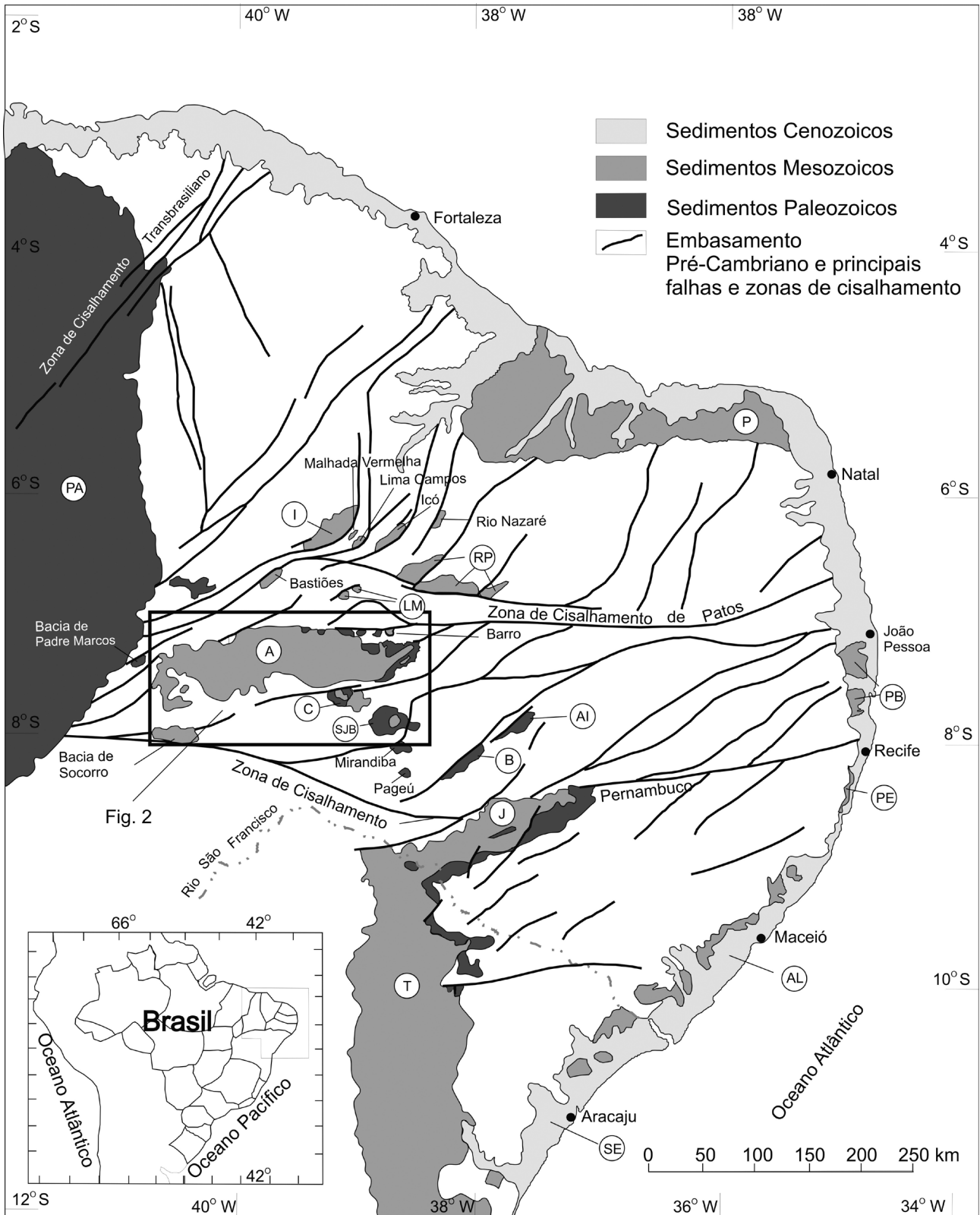
A Formação Brejo Santo, de idade mesozoica (Andar Dom João-Neojurássico), é representada por espessa sucessão (até 450 m) de depósitos com predomínio de litotipos pelíticos. Rochas vinculadas a essa unidade afloram na porção leste da bacia, especialmente no Vale do Cariri. A Formação Brejo Santo repousa discordantemente sobre a Formação Cariri, de idade presumivelmente paleozoica, e faz contato gradacional com a unidade sobrejacente, a Formação Missão Velha. Em termos litológicos, é constituída essencialmente por pelitos, tais como argilitos e folhelhos calcíferos castanho-avermelhados, maciços a laminados, siltitos cinza-esbranquiçados a esverdeados e, de forma subordinada, arenitos finos a muito finos argilosos laminados, por vezes de grã média com estratificações cruzadas. Intercalam-se nessa sucessão níveis delgados de calcário argiloso e, principalmente, arenitos calcíferos, abundantemente fossilíferos. Os folhelhos e argilitos avermelhados frequentemente se mostram mosqueados, manchados e listrados de verde claro a cinza esbranquiçado. Os folhelhos também apresentam nódulos calcários.

Essa proposição estratigráfica (Formação Brejo Santo) de Gasparly e Anjos (1964) tem sido seguida por praticamente todos os autores subsequentes (Mabesoone e Tinoco, 1973; Lima, 1978a, 1978b, 1979; Ghignone et al., 1986; Ponte e Appi, 1990; Assine, 1990, 1992, 1994, 2007; Cavalcanti e Viana, 1992; Ponte, 1992, 1994; Martill, 1993; Berthou, 1994; Ponte e Ponte-Filho, 1996a, 1996b; Neumann e Cabrera, 1999; Neumann et al., 2000; Arai et al., 2001; Valença et al., 2003; Arai, 2006; Fambrini et al., 2007, 2008, 2009a, 2009b, 2010a, 2010b, 2010c, 2011a, 2011b, 2011c, 2012b, 2013a, 2013b; Barros et al., 2011; Küchle et al., 2011; Batista et al., 2012).

O presente trabalho, com base na análise de aspectos sedimentológicos, faciológicos e paleontológicos, traz revisão e interpretação sobre a estratigrafia e a paleogeografia da Formação Brejo Santo, fase de início de rifte da Bacia do Araripe.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Bacia do Araripe situa-se sobre terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal da Província Borborema (Brito



Fonte: Fambrini et al. (2011b, 2012b).

A: Araripe; PA: Parnaíba; I: Iguatu; RP: Rio do Peixe; LM: Lavras da Mangabeira; C: Cedro; SJB: São José do Belmonte; B: Betânia; Al: Afogados da Ingazeira ou Fátima; J: Jatobá; T: Tucano; P: Potiguar; PB: Paraíba; PE: Pernambuco; AL: Alagoas; SE: Sergipe.

Figura 1. Esquema das bacias fanerozoicas da região nordeste do Brasil, com destaque para as bacias interiores das quais a Bacia do Araripe (no destaque) toma parte (modificado de Assine, 1992).

Neves et al., 2000; Santos et al., 2004), ao sul da Zona de Cisalhamento de Patos. Segundo Brito Neves et al. (2000), a província foi dividida em cinco grandes domínios tectônicos, diferenciados por meio de suas características litoestruturais e geocronológicas, sendo eles: Médio Coreauá, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Zona Transversal (ou Domínio Central), Domínio Sul e Craton do São Francisco.

A Bacia do Araripe está localizada a oeste do Domínio Central ou Zona Transversal, no Terreno Piancó-Alto Brígida, que constitui uma unidade geotectônica que se estende por 200 km desde a cidade de Ouricuri (PE) até Piancó (PB), com direção NE-SW (Santos et al., 2004). Esse terreno possui uma forma sinuosa e está compreendido entre duas zonas de cisalhamento (Z.C.) importantes de direção E-W: Z.C. de Patos, a Norte, e Z.C. de Pernambuco, a Sul (Figura 1).

A bacia assenta-se sobre rochas metamórficas do Terreno Piancó-Alto Brígida. Essa faixa é composta por dois grupos (Gomes et al., 1981): Grupo Cachoeirinha, constituído por filitos e mica xistos de baixo grau metamórfico, metagrauvascas, quartzitos, metavulcânicas ácidas, formações ferríferas, metacarbonatos e metaconglomerados; e Grupo Salgueiro, composto de micaxistos de fácies anfíbolito, paragneisses, mármore, quartzitos, anfíbolitos e metavulcânicas ácidas. Completam o quadro terrenos gnáissico-migmatíticos, do Grupo Bom Nome, e rochas granitoides diversas.

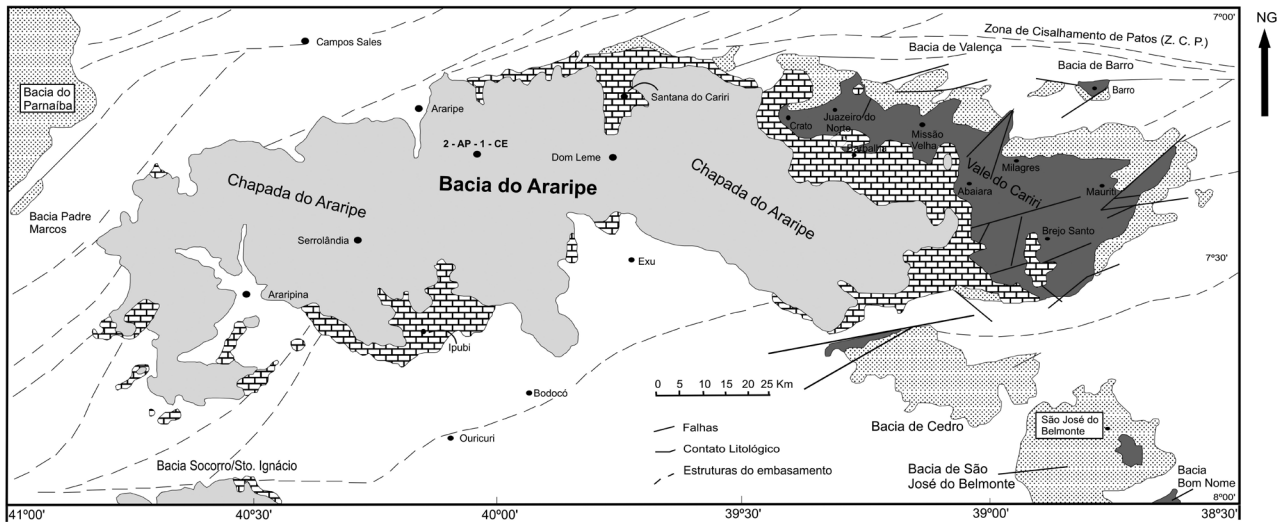
A Bacia do Araripe apresenta estruturação segundo as direções NE-SW a E-W e, subordinadamente, NW-SE, coincidentes com descontinuidades do embasamento pré-cambriano, reaproveitadas para a instalação da referida bacia (Brito Neves, 1990; Matos, 1992; Ponte, 1996; Ponte e Ponte-Filho, 1996a, 1996b). Na Bacia do Araripe, são encontradas quatro principais tectono-sequências deposicionais limitadas por discordâncias de caráter regional que atestam a superposição de bacias originadas em contextos tectônicos distintos (Assine, 1990, 1992, 2007; Ponte e Ponte-Filho, 1996a, 1996b; Neumann e Cabrera, 1999; Fambrini et al., 2007, 2008, 2009b), a saber (Figuras 2 e 3): (i) *Sequência Sinéclise*, constituída pela Formação Cariri, que se acha representada por arenitos médios a grossos granodecrescentes de idade siluro-devoniana (Beurlen, 1962; Assine, 1992, 2007; Arai, 2006); (ii) *Sequência Pré-Rifte*, de idade neojurássica, composta pelas formações Brejo Santo (predominantemente pelitos) e Missão Velha (arenitos grossos a finos e arenitos conglomeráticos); (iii) *Sequência Rifte*, constituída unicamente pela Formação Abaiara, de idade neocomiana, formada por sucessão de arenitos descontínuos lateralmente intercalados em folhelhos calcíferos de coloração variegada (Fambrini et al., 2012a); e (iv) *Sequência Pós-Rifte*, separada em duas, Pós-Rifte I e II (Assine, 2007).

A *Sequência Pós-Rifte I*, de idade aptiano-albiana, registra o início e representa a principal fase pós-rifte da bacia, sendo constituída pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo, que denota intervalo de tempo pequeno de um ciclo transgressivo-regressivo com ingressão marinha onde ocorre camada repleta de concreções carbonáticas fossilíferas e jazidas de gipsita (evaporitos) (Santos, 1982; Silva, 1983); por fim, *Sequência Pós-Rifte II*, de idade albiano-cenomaniana, caracterizada por sedimentos aluviais das formações Araripina e Exu, indicativos de reativação tectônica nesse intervalo de tempo. Recentemente, Fambrini et al. (2010a, 2010b) propuseram a redefinição desses estágios evolutivos para a Bacia do Araripe, a saber: (i) *Sequência Sinéclise* (provavelmente Paleozoico) composta pela Formação Mauriti (Cariri); (ii) *Sequência de Início de Rifte a Clímax de Rifte Inicial* (Neojurássico) organizada nas formações Brejo Santo e Missão Velha (porção inferior); (iii) *Sequência de Clímax de Rifte Intermediário a Clímax de Rifte Tardio* (Neocomiano) constituída pelas formações Missão Velha (porção superior) e Abaiara; e (iv) *Sequência Pós-Rifte* (Aptiano-Cenomaniano), conforme discutido anteriormente.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente análise estratigráfica da Formação Brejo Santo baseou-se no mapeamento geológico 1:50.000 na região do Vale do Cariri, fundamentada na descrição detalhada de mais de 70 afloramentos em 6 etapas de campo realizadas entre as estações de verão dos anos de 2008 e de 2011/2012, além da interpretação geológica de imagens de satélite da EMBRAPA (TM-Landsat 5) e de fotografias aéreas da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (escalas 1:65.000 e 1:40.000).

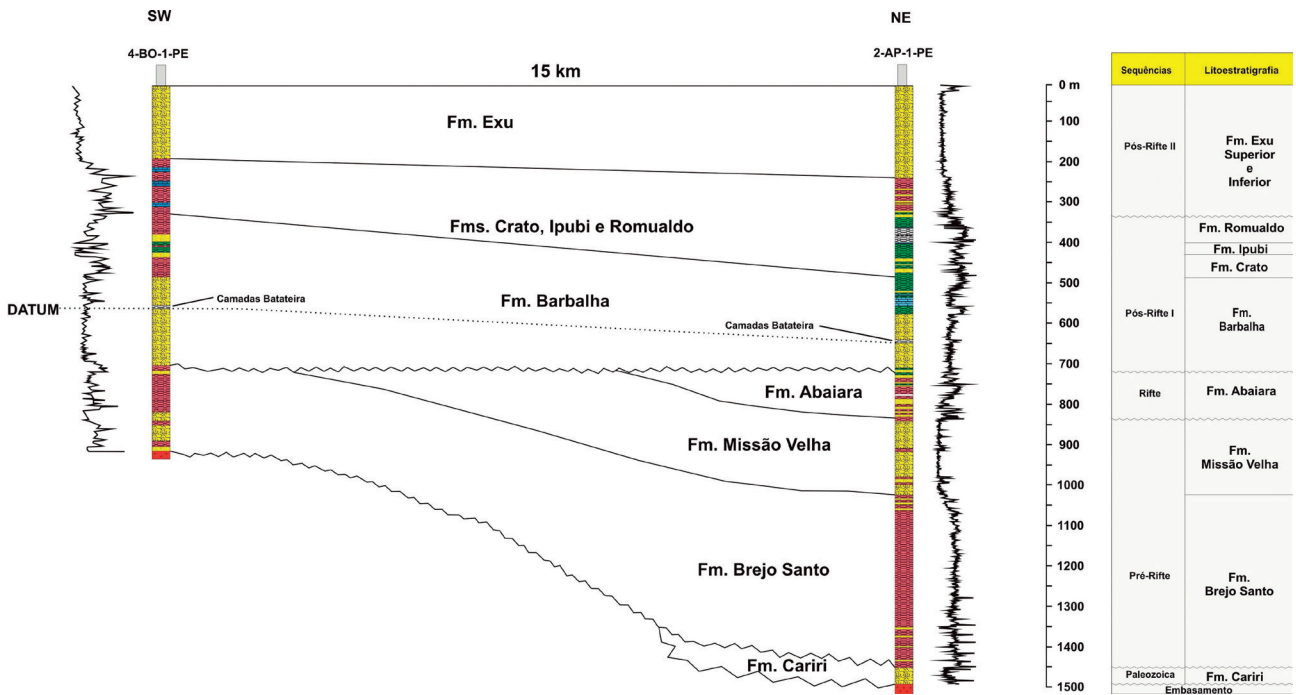
Os trabalhos de mapeamento geológico foram acompanhados por (i) levantamentos estratigráficos de detalhe, como aferição e confecção de seções colunares medidas segundo método de Selley (1987, 2000); (ii) análises de fácies, de acordo com os conceitos propostos por Walker e James (1992), Reading (1996) e Miall (1996, 2000); (iii) estabelecimento de litofácies sedimentares segundo a proposição de Miall (1978) e (iv) análises de elementos arquitetônicos conforme os conceitos de Miall (1985, 1991, 1996, 2000) e de Miall e Tyler (1991). Empregaram-se, ainda, conceitos sobre modelos de fácies para sistemas lacustres de Anadon et al. (1991), Talbot e Allen (1996), Bohacs et al. (2000), Cavinato et al. (2002) e Sáez e Cabrera (2002), sistemas fluvio-lacustres de Bordy e Catuneanu (2001), Jones et al. (2001), Malka et al. (2003), Scherer et al. (2007), entre outros. Nessa etapa da pesquisa, foram elaborados painéis fotográficos (fotomosaicos) com base em Sgavetti (1991) e Wisevic (1991) para auxílio na interpretação dos



Fase início de rifte a clímax de rifte (Neojurássico-Neocretáceo): Fm. Brejo Santo - Fm. Missão Velha - Fm. Abaiara
 Sequência Paleozoica: Fm. Cariri (Siluriano-Devoniano)
 Embasamento
 Fase pós-rifte II (Albiano-Cenomaniano): Fms. Araripina e Exu
 Fase pós-rifte I (Aptiano-Albiano): Grupo Santana: Fm. Barbalha - Fm. Crato - Fm. Ipubi - Fm. Romualdo

Fm: formação. Fonte: modificado de Assine (1992).

Figura 2. Mapa geológico simplificado da Bacia do Araripe.



Fm: Formação. Fonte: modificado de CPRM (2007).

Figura 3. Correlação entre os perfis estratigráficos verticais dos poços estratigráficos 2-AP-1-CE (Araripe Estratigráfico) e 4-BO-1-PE (Bodocó).

elementos arquitetônicos. Igualmente, foi realizada coleta de medidas de paleocorrentes em algumas das seções levantadas. A interpretação dos sistemas deposicionais, com base em Walker (1992), Schanley e McCabe (1994), Reading (1996), Selley (2000) e Davies e Gibling (2003),

o reconhecimento dos padrões de empilhamento e a caracterização das principais litologias levaram à interpretação de sistemas deposicionais (conforme Schanley e McCabe, 1994) e à proposição da evolução estratigráfica e paleogeográfica da Formação Brejo Santo aqui apresentada.

A análise de paleocorrentes baseou-se na medição sistemática de estruturas sedimentares indicadoras de paleofluxo, principalmente estratificações cruzadas acanaladas e tabulares, conforme métodos de Miall (1974, 1996, 2000), Potter e Pettijohn (1977) e Assine (1994).

Quando necessário, os dados coletados foram corrigidos de forma a se restabelecer a posição original de cada plano ou eixo antes da deformação e consequente basculamento das camadas.

Por meio da integração de todas as informações obtidas, foi possível realizar o reconhecimento dos padrões de empilhamento e a caracterização das principais unidades litoestratigráficas, o que permitiu elaborar a interpretação sobre os sistemas deposicionais pretéritos que contribuíram para a evolução estratigráfica e paleogeográfica Formação Brejo Santo.

FORMAÇÃO BREJO SANTO

Aspectos sedimentológicos, estratigráficos e litológicos

A Formação Brejo Santo apresenta exposições na Bacia do Araripe (Figura 2) que se concentram nas proximidades dos municípios de Brejo Santo (área-tipo), Abaiara, Mauriti, Milagres, Missão Velha e Juazeiro do Norte, no Vale do Cariri no Estado do Ceará. Essa unidade apresenta poucas áreas de bons e extensos afloramentos naturais. De forma geral, as exposições dessa unidade ocorrem sob a forma de ravinas naturais provocadas por rios efêmeros (Figura 4) ou de extensas superfícies arrasadas, cujo intemperismo e processos pedogenéticos resultaram em solos típicos caracterizados de textura psamo-pelítica de coloração vermelho-amarronzado (Figura 5). Novos cortes das obras em construção na região (Ferrovia Transnordestina e Transposição do Rio São Francisco) também foram descritos.

A designação da unidade deriva da localidade-tipo situada nos arredores da cidade de Brejo Santo, no Estado do Ceará, que, de acordo com Cavalcanti e Viana (1992), tem como seção-tipo afloramento em calha natural distante 6,6 km da entrada da cidade de Brejo Santo, na rodovia BR-116, a cerca de 200 m da estrada, no sentido de Milagres. A formação assenta-se discordantemente sobre a Formação Cariri (siluro-devoniana?) e é superposta, em contato concordante e brusco, pela Formação Missão Velha (Figura 6). O poço 2-AP-1-CE (Figura 3), realizado nas proximidades da cidade de Araripe (CE) na chapada homônima, perfurou 429 m dessa formação, no intervalo de 1.023 a 1.452 m de profundidade (Ponte e Appi, 1990).

A unidade foi definida por Gaspary e Anjos (1964), que a caracterizaram pela presença de folhelhos e argilitos bem estratificados de cor vermelha a marrom e de arenitos

calcíferos esverdeados. A unidade foi incluída originalmente na Formação Missão Velha de Beurlen (1962). A concepção original de Beurlen incluía, na parte inferior, arenitos médios a finos argilosos; na porção mediana, ocorreriam intercalações de camadas pelíticas (argilitos, folhelhos, siltitos e arenitos finos de coloração esverdeada a cinzenta) e, por fim, na porção superior, apareceriam arenitos com intercalações de conglomerados. O autor considerou a unidade de idade neocomiana com base na suposição de que a mesma constituísse uma sucessão ininterrupta do Cretáceo. Assim, a Formação Missão Velha, conforme Beurlen (1962, 1963), teria abrangência estratigráfica muito ampla, o que motivou diversas revisões do conceito. Com efeito, em seguida, Gaspary e Anjos (1964) limitaram a Formação Missão Velha à parte arenosa superior da definição original de Beurlen (1962, 1963) por meio do desmembramento da seção basal pelítica, denominando-a de Formação Brejo Santo. Gaspary e Anjos (1964) situaram cronoestratigraficamente ambas as unidades no Neojurássico.

A Formação Brejo Santo apresenta espessura máxima verificada de 450 m, e a área de exposição da unidade restringe-se principalmente a norte e a nordeste da Bacia do Araripe. Representa a base da primeira fase lacustre da Bacia do Araripe, com alguma influência fluvial (Fambrini et al., 2007, 2008, 2010a, 2010b, 2011c, 2012b, 2013a).

Essa unidade exhibe predominantemente argilitos e folhelhos avermelhados com níveis de concreções calcárias intercalados com folhelhos verdes amarelados com lâminas de calcita. Arenitos argilosos calcíferos esbranquiçados presentes nos argilitos e folhelhos são encontrados de forma menos representativa, porém formam corpos mais proeminentes e reagem fortemente à presença de HCl diluído (Figura 7A). Usualmente, esses arenitos calcíferos são fossilíferos.

Em termos litológicos, é constituída principalmente por rochas de granulação fina, tais como (i) argilitos e folhelhos argilosos e calcíferos, de coloração castanho-avermelhada, compostos basicamente por argilominerais, granulometria muito fina, imaturos texturalmente devido à presença das argilas, estratos muitas vezes intensamente laminados, porém maciços também ocorrem, baixo grau diagenético, sendo a rocha friável; (ii) siltitos cinza-esbranquiçados a esverdeados e, subordinadamente, (iii) arenitos finos a muito finos argilosos laminados, por vezes de grã média, esbranquiçados (Figura 7B). Intercalados nos pelitos, ocorrem níveis delgados de calcário argiloso e, principalmente, arenitos calcíferos esbranquiçados, abundantes em restos de ostracodites, às vezes formando bancos decimétricos de puro ostracodite (Assine, 1992, 2007; Fambrini et al., 2011c, 2012b). Os próprios argilitos e folhelhos avermelhados são frequentemente ricos em carapaças desses crustáceos, o que os torna comumente calcíferos, achando-se presentes formas típicas do Andar Dom João, como *Bisulcocypris pricei* PINTO & SANGUINETTI e *Darwinula oblonga* ROEMER (Pinto



Figura 4. Ocorrência típica da Formação Brejo Santo, argilitos, folhelhos argilosos e siltitos de cor avermelhada em ravina natural a norte da cidade de Missão Velha.



Figura 5. Ocorrência típica da Formação Brejo Santo, caracterizada pela presença de solos argilosos de cor avermelhada resultantes de processo pedogenético que atuou sobre os depósitos da unidade. Gado como escala. Cercanias da cidade de Brejo Santo.

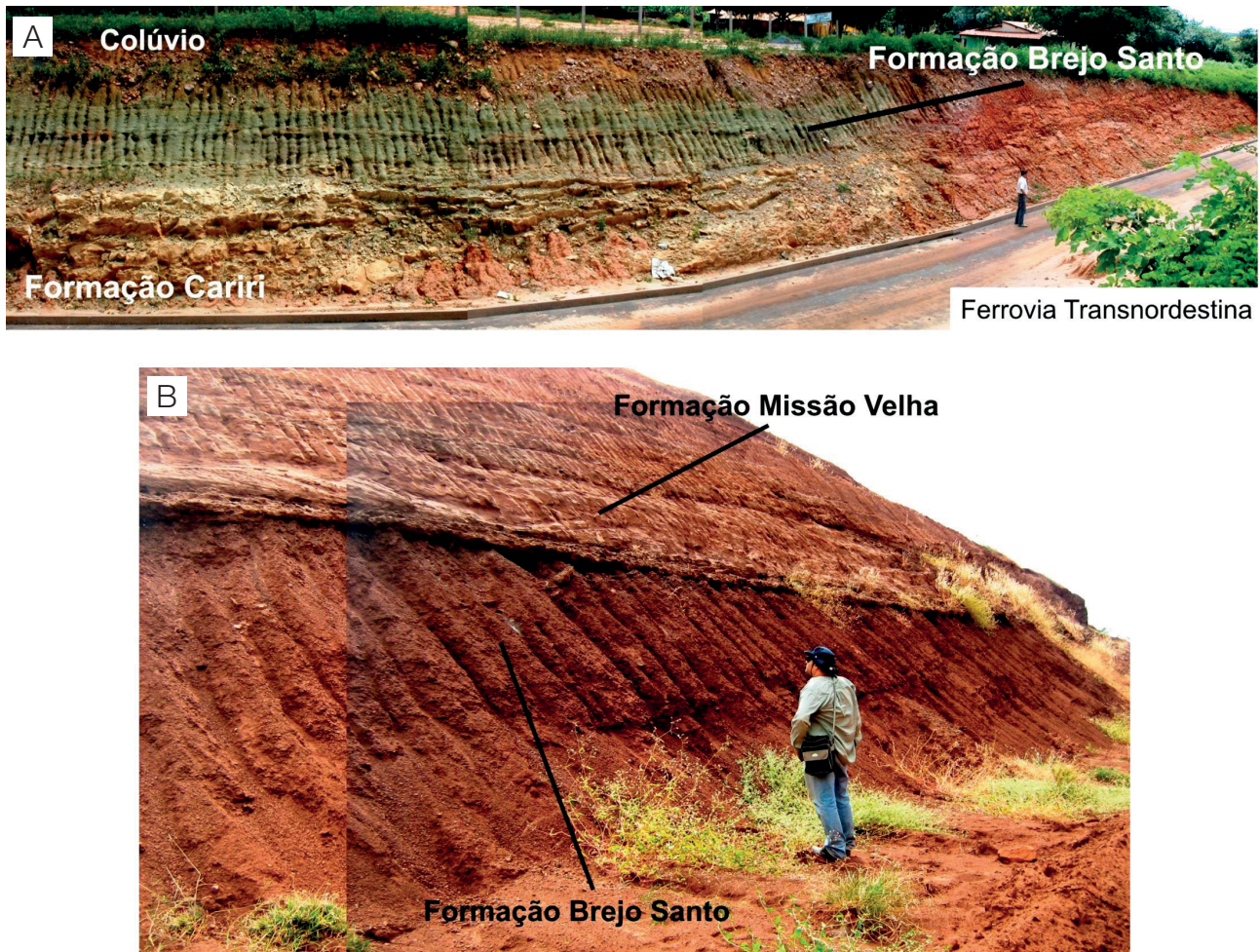


Figura 6. Relações de contato da Formação Brejo Santo. (A) Contato geológico por discordância entre arenitos da Formação Cariri (abaixo) e folhelhos cinza-esverdeados com intercalações de siltitos cinza-esbranquiçados da Formação Brejo Santo. Corte da Ferrovia Transnordestina a norte da cidade de Missão Velha. UTM: 9201182/0491412; (B) contato geológico brusco entre argilitos e folhelhos vermelho-amarronzados da Formação Brejo Santo e arenitos estratificados da Formação Missão Velha. Corte da Ferrovia Transnordestina próximo à cidade de Abaiara. UTM: 9188790/0497326.

e Sanguinetti, 1958, 1962; Assine, 1992, 2007; Coimbra et al., 2002), anteriormente constatadas por Braun (1966).

Os folhelhos e argilitos avermelhados frequentemente se mostram mosqueados, manchados e listrados de verde claro a cinza esbranquiçado (Assine, 1992), e apresentam nódulos calcários e níveis esbranquiçados que reagem fortemente à presença de HCl (Figura 7A). Em certos afloramentos, observou-se que os níveis calcíferos reagem fracamente e, em alguns casos, não reagem ao HCl devido ao forte intemperismo. Por vezes, a unidade mostra-se constituída de arenitos finos a médios, argilosos, siltitos e argilitos marrons e esverdeados, bem estratificados. O conjunto sedimentar mostra-se muito friável, empastilhado e intemperizado, notadamente os argilitos e folhelhos. Dentre as estruturas sedimentares presentes, destacam-se, além da laminação plano-paralela nos folhelhos e arenitos finos, laminação cruzada cavalgante (*climbing-ripples*) e gretas

de contração no topo das camadas dos arenitos. Por vezes, os argilitos também podem apresentar gretas de dessecação no topo das camadas. As gretas indicam períodos de exposição subaérea do substrato do(s) lago(s), mostrando a presença de estações secas e úmidas na região, que se alternavam. Corpos de arenitos intercalados na seção superior da unidade apresentam estratificações cruzadas tabulares de pequeno e médio porte.

Fraturas que afetam os folhelhos e argilitos avermelhados da unidade apresentam preenchimento por material carbonático (efervesce ao contato com HCl) que, de acordo com Braun (1966), seria de calcita, formando lâminas orientadas de acordo com a direção das fraturas (Figura 7C).

Medidas das atitudes dos acamadamentos dos depósitos de rochas finas exibem sentidos médios em conformidade com as falhas existentes, de acordo com a região investigada. No entorno da cidade de Brejo Santo e a sul

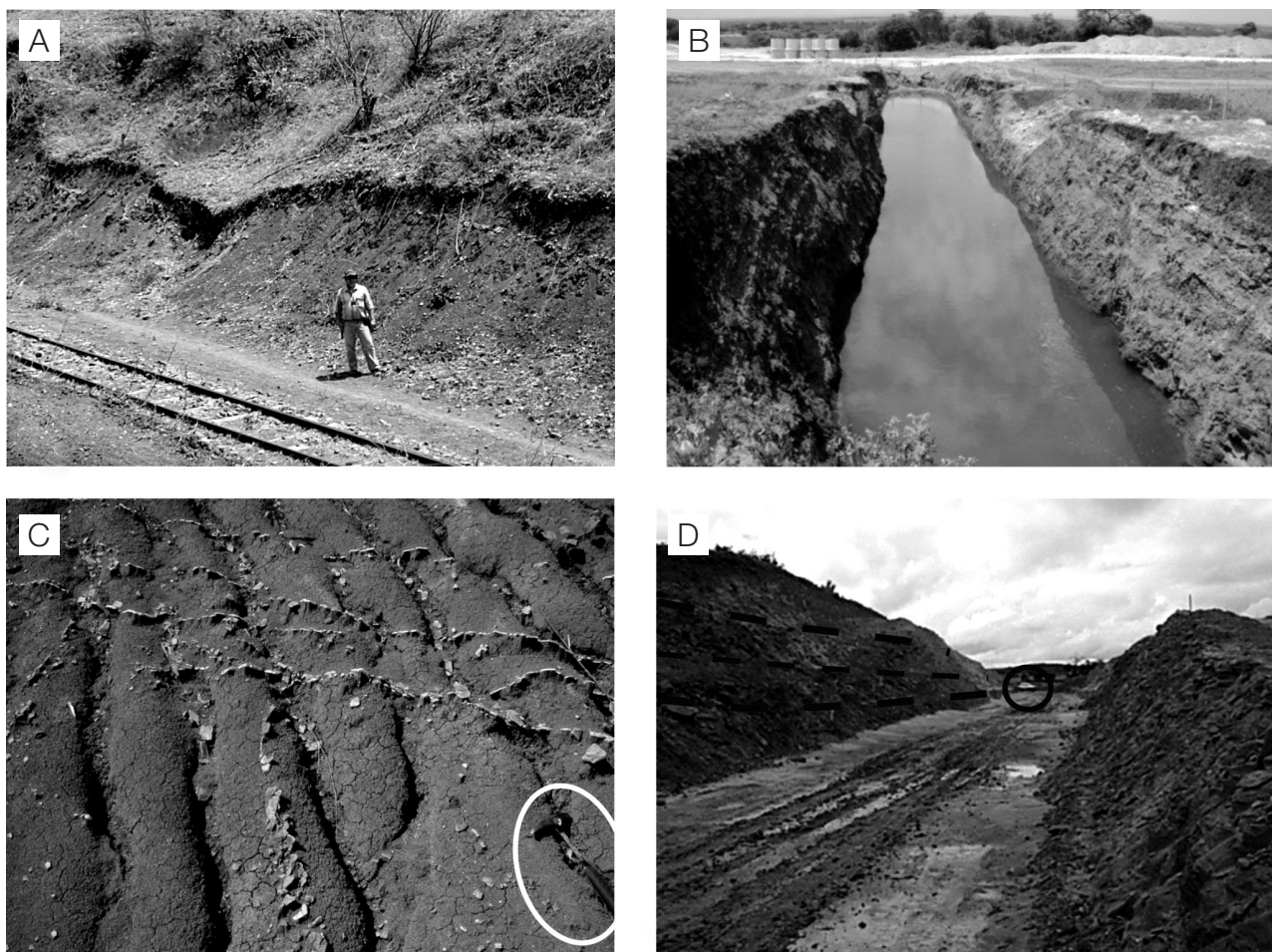


Figura 7. Exemplos de rochas e feições da Formação Brejo Santo. (A) Ocorrência típica constituída por folhelhos vermelho-amarronzados com intercalações de siltitos cinza-esbranquiçados. Corte de estrada de ferro a norte da cidade de Missão Velha. UTM: 9201514/0485549; (B) folhelhos com tonalidade roxo-avermelhada com intercalações de arenitos finos esbranquiçados com estratificações cruzadas planares e plano-paralelas. Corte de canal da Transposição do Rio São Francisco, município de Mauriti. UTM: 9170390/0524810; (C) lâminas de calcita preenchendo fraturas que afetam argilitos da Formação Brejo Santo. UTM: 9198756/0494884; D: visão geral de exposição da unidade na obra da Ferrovia Transnordestina nas cercanias da cidade de Brejo Santo. Notar mergulho das camadas para sul ($\sim 12^\circ$). UTM: 9179574/0498910.

da região de Abaiara, as atitudes das camadas apresentam mergulhos para sul (Figura 7D). A norte da região de Abaiara-Brejo Santo, o mergulho das camadas concentra-se segundo a direção norte, pelos quais possuem mergulhos altos quando estão próximos de zonas de falhas. Os mergulhos tornam-se rasos quando se situam fora das zonas de influência das falhas, comportamento comum (Figuras 8 e 9).

Análise de fácies da Formação Brejo Santo

As fácies foram identificadas segundo a litologia principal (sigla em português e correspondente em inglês), geometria dos corpos, estruturas sedimentares e padrão de paleocorrentes. Adicionalmente, os sistemas deposicionais foram também interpretados.

As principais fácies reconhecidas nos depósitos da Formação Brejo Santo, de acordo com os fatores utilizados para sua distinção, foram:

Fácies de argilitos maciços (Fmm)

A Fácies Fmm acha-se constituída de argilitos vermelho-arroxeados, maciços a pouco laminados (laminação pouco evidente), calcíferos, frequentemente empastilhados e alterados (friáveis). Juntamente com a Fácies Fl, é a mais abundante da Formação Brejo Santo. Pouco fossilífera.

Fácies de folhelhos laminados (Fl)

A Fácies Fl consiste de folhelhos argilosos e calcíferos, laminados, de coloração castanho-avermelhada, compostos

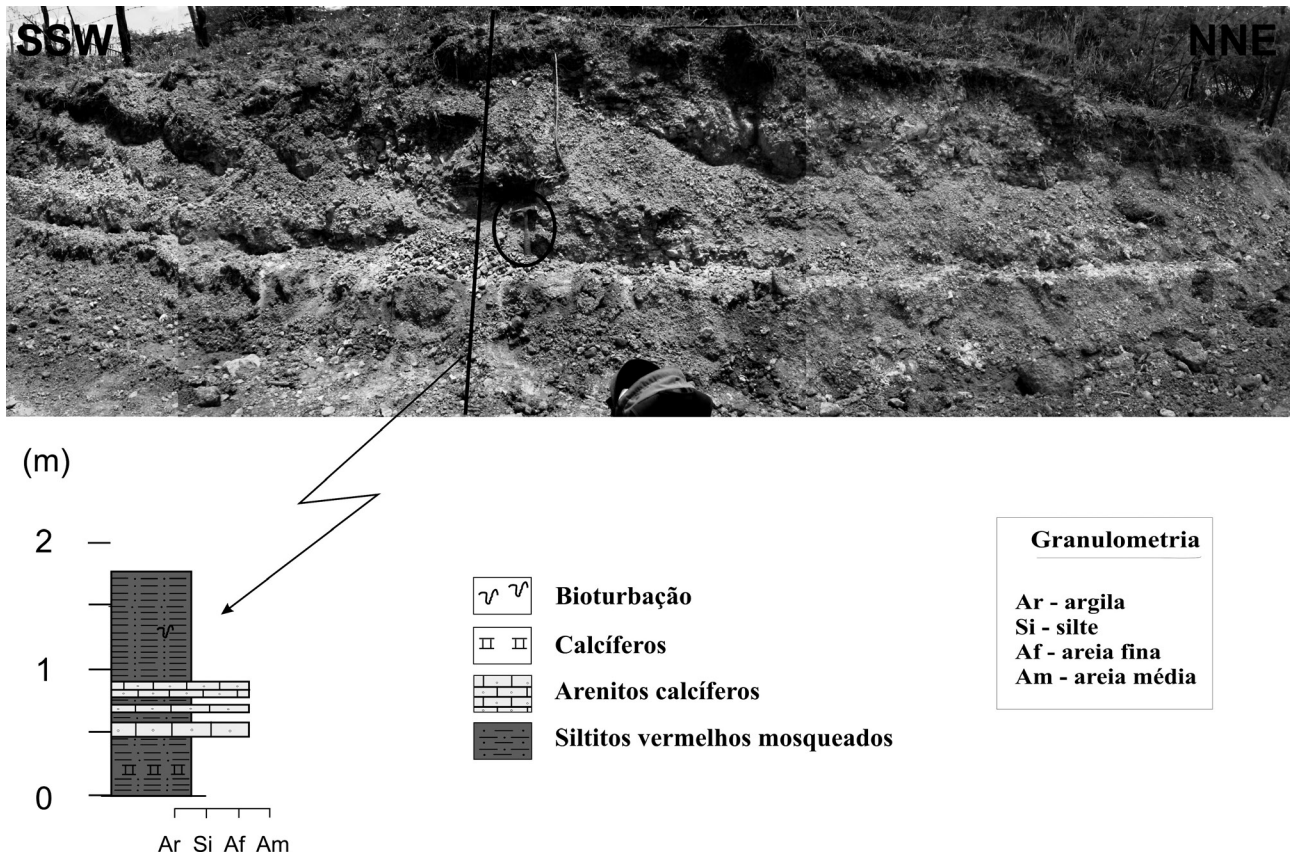


Figura 8. Seção colunar de detalhe do afloramento BAR-76 (UTM: 9200500/0484856) onde foram amostrados 3 níveis de arenitos calcíferos da Formação Brejo Santo. Estrada para a Cachoeira de Missão Velha. Notar martelo estratigráfico como escala.

basicamente por argilominerais, granulometria muito fina, imaturos texturalmente devido à presença das argilas, estratos muitas vezes intensamente laminados. Os folhelhos laminados apresentam intercalações decimétricas de siltitos argilosos esverdeados a cinza-esbranquiçados com camadas centimétricas de folhelhos avermelhados mosqueados com “nódulos calcários” e arenitos finos calcíferos. É a segunda fácies em importância.

Fácies de argilitos maciços (Fml)

A Fácies Fml acha-se constituída de argilitos vermelho-acastanhados, maciços, calcíferos, comumente empastilhados e algo alterados (friáveis). É comum a presença de concreções carbonáticas de dimensões até decimétricas. Pode conter fósseis, tais como restos de peixes (escamas, dentes e ossos).

Fácies de siltitos maciços (Fm)

Esta fácies compõe-se de siltitos cinza-esbranquiçados a esverdeados, maciços, formando camadas irregulares em meio aos argilitos e folhelhos. Normalmente são estéreis.

Fácies de arenitos calcíferos (Acl)

A Fácies Acl compreende arenitos finos calcíferos dispostos em camadas ou níveis intercalados tanto nos argilitos como nos folhelhos (Figura 8). Esses arenitos podem apresentar como estruturas sedimentares marcas onduladas e gretas de contração no topo das camadas, laminações cruzadas cavalgantes (*climbig-ripples*), laminação plano-paralela e estrutura maciça. Esta fácies notabiliza-se pelo conteúdo fossilífero (vide adiante), assim como a Fácies de calcários argilosos, discutida a seguir.

Fácies de calcários argilosos (Lc)

A Fácies Lc constitui-se de camadas de calcários argilosos, calcíticos, normalmente maciços, formando crostas duras (calcretes), abundantemente fossilíferos. Podem representar horizontes pedogenéticos.

Fácies de arenitos finos laminados (Sh)

Esta fácies compõe-se de arenitos finos a muito finos argilosos laminados, ou com estratificação

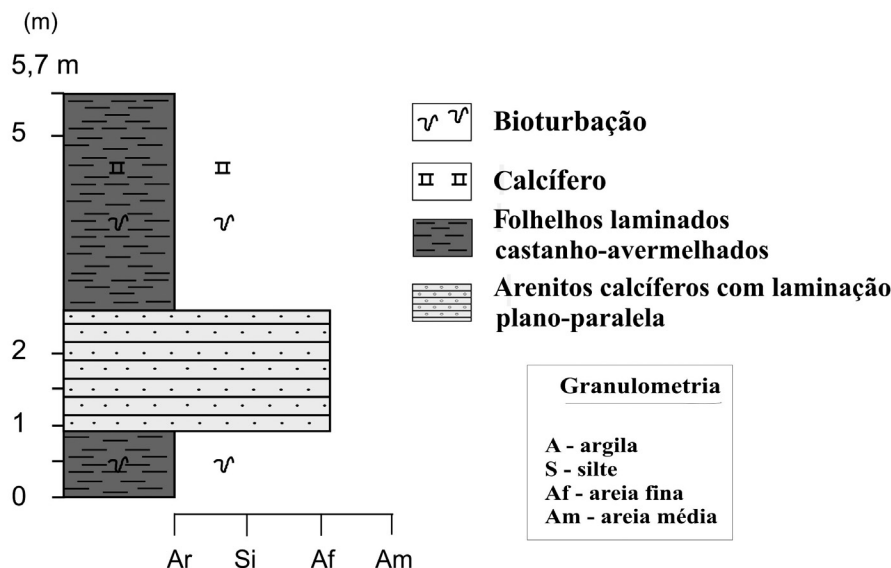


Figura 9. Fotomontagem de parte do afloramento BAR- 152. Folhelhos avermelhados com intercalação de arenitos calcíferos ricos em ostracodes da Formação Brejo Santo. Ligeiramente basculados para NW (esquerda da foto). Corte da Ferrovia Transnordestina (UTM: 9198118/0495439).

plano-paralela, por vezes de grã média, esbranquiçados (Fácies Sh (Ap)). Subordinadamente, ocorrem níveis decimétricos (40 – 80 cm) de arenitos muito finos argilosos.

Fácies de arenitos com estratificação cruzada acanalada (St)

A Fácies St (Aa) consiste de arenitos brancos, médios a finos, com estratificação cruzada acanalada. Esta fácies acha-se subordinada e ocorre na seção superior da Formação Brejo Santo, muitas vezes perto do contato com a Formação Missão Velha, superior.

Fácies de arenitos com estratificação cruzada tabular (Sp)

A Fácies Sp (At) compõe-se de arenitos finos de coloração amarelo esbranquiçada, com estratificação cruzada tabular de pequeno porte.

As paleocorrentes medidas nas fácies de arenitos (Fácies St e Sp) possuem padrão de dispersão consistente para SE e S e, subordinadamente, SW.

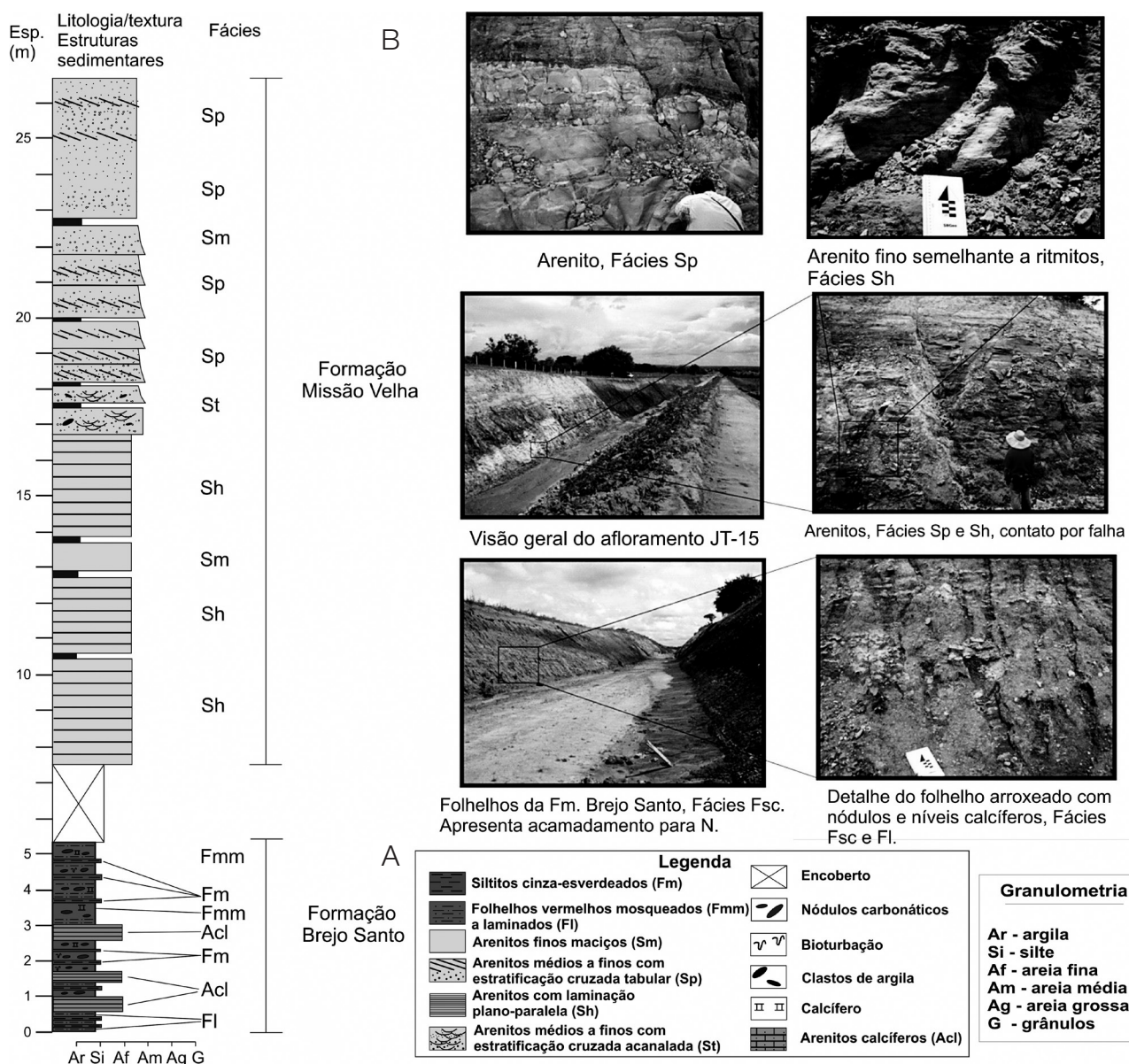
Nos afloramentos estudados, procedeu-se à construção de seções colunares com o detalhamento das associações de fácies presentes (Figuras 8 a 10). Na base das seções, encontram-se argilitos e folhelhos da fácies Fmm e Fl intercalados com arenitos finos que apresentam estratificação plano-paralela da fácies Sh. Também se acham expostas rochas relacionadas à Formação Missão Velha (Figura 10), não discutidas neste trabalho.

Conteúdo paleontológico

Nos pelitos da Formação Brejo Santo, são encontrados horizontes delgados de calcário argiloso e, principalmente, arenitos calcíferos esbranquiçados, abundantes em restos de ostracodes, às vezes formando bancos decimétricos de puro ostracodito (Assine, 1992, 2007;

Fambrini et al., 2012b), conchostráceos, vertebrados e ossos (Figura 11). Os próprios pelitos são frequentemente ricos em carapaças de ostracodes, o que os torna comumente calcíferos, achando-se presentes formas típicas do Andar Dom João. A Formação Brejo Santo notabiliza-se por conter nessa sucessão restos fósseis de vertebrados, notadamente peixes ósseos (Assine, 1990, 1992), dentes de tubarão, conchostráceos tais como *Bairdetheria mawsoni* e *Paleolimnadiopsis barbosa* R.C. (Braun, 1966) e escassa microflora, como raros exemplares de *Classopolis*, *Araucariacites*, *Triletes* e

Dissacados (Arai et al., 1989). Na porção de topo da sucessão, em camadas delgadas intercaladas nos pelitos compostas de calcário argiloso, arenitos calcíferos e, principalmente, calcarenitos, destacam-se abundantes restos de crustáceos do grupo *Ostracodia* que chegam a formar bancos decimétricos de puro ostracodito (Ponte e Appi, 1990; Assine, 1990, 1992) (Figuras 12 e 13). Nos pelitos da Formação Brejo Santo, são abundantes carapaças desses organismos, tornando-os muito calcíferos, com formas típicas do Andar Dom João, tais como *Bisulcoypris pricei* Pinto e Sanguinetti e



Fonte: modificada de Araújo (2009).

Figura 10. Seção estratigráfica de detalhe de exposição da Ferrovia Transnordestina nas cercanias da cidade de Brejo Santo (UTM: 9173948/0499581). Folhelhos da base são pertencentes à Formação Brejo Santo.

Darwinula oblonga ROEMER (Brito, 1987; Arai et al., 1989, 2001; Ponte e Appi, 1990; Assine, 1990, 1992, 2007; Srivastava e Cavalcante, 2001; Coimbra et al., 2002; Barros, 2010; Barros et al., 2011), previamente relatadas e descritas por Braun (1966).

Sedimentos da parte superior da Formação Brejo Santo (Neojurássico) apresentam localmente (Figura 14) camadas muito enriquecidas de restos esqueléticos de vertebrados – os *bone beds*, com cerca de 20 m de espessura (Viana et al., 2002). No referido trabalho, e neste, foram identificadas quatro feições preservacionais (FP), promovidas pela intensidade do transporte que os ossos sofreram: FP1 – fragmentos de ossos isolados (Figura 14A) ou ossos inteiros semiarticulados de peixes grandes (maiores que 70 cm), ainda angulosos (com extremidades intactas) (Figura 14F); FP2 – dentes de répteis e de peixes isolados de diversos tamanhos (0,05 – 1,5 cm), exibindo estrias e cristas pontiagudas (Figura 14B), ou escamas isoladas do tipo *Lepidotes*; FP3 – placas dérmicas desarticuladas e fragmentadas e algo corroída nas bordas (Figuras 14C e 14D); e FP4 – fragmentos relativamente pequenos (máximo 3 cm) de ossos, arredondados, ovalados ou discoides, muito retrabalhados. Além disso, ocorrem ainda registros de invertebrados, cuja energia de transporte foi muito fraca ou nula, como acumulações de conchas articuladas de ostracodes e conchostráceos, contendo variedade de estágios ontogenéticos, sugerindo mortandade em massa. Também são frequentes icnofósseis, pertencentes à icnofácies lacustre *Mermia*, que representam acumulações *in situ* (Viana et al., 2002). Dessa forma, sugere-se, além da preservação *in situ*, caracterizando esse ambiente lacustre, com relativa oxigenação, a existência de três outras fontes de aporte dos ossos de vertebrados que representariam incursões fluviais nesse lago: 1) aporte de material proveniente de local mais distante (FP4); 2) aporte de material proveniente de local não muito distante (FP3 e FP2); e 3) aporte de material proveniente de local mais próximo (FP1).

Exposições da Formação Brejo Santo tiveram amostras coletadas para análises bioestratigráficas (Figuras 13 a 15), analisadas por Barros (2010) e Barros et al. (2011). Com a coleta das amostras, foi possível identificar a ocorrência dos ostracodes com lupa com lente de 3.4 µm (Tabela 1). Das 17 amostras estudadas, identificou-se a presença dos microfósseis ostracodes em 15. Desse universo, 3 amostras são eminentemente de puro ostracodito (1, 2 e 9). A ocorrência de ostracodes apresentou um padrão de comportamento com homogeneidade no que se refere à disposição desses crustáceos nas diferentes frações granulométricas, fato que pode ser evidenciado nas amostras 2 a 8, 10 a 12 e 15 a 16, com a franca presença de ostracodes nas três peneiras utilizadas (sendo 250, 180 e 75 µm), ocorrendo o mesmo nas

amostras 13 e 14, com a ausência de microfósseis ostracodes nas três frações.

Interpretação dos sistemas deposicionais e idade da Formação Brejo Santo

A análise estratigráfica implementada neste trabalho constatou a presença de cinco fácies pelito-carbonáticas na Formação Brejo Santo. Estas possuem como mecanismo de deposição principal suspensão em ambiente subaquoso calmo sujeito a evapotranspiração (presença de gretas de dessecação nos argilitos e folhelhos). Tais constatações evidenciam deposição em lago(s) sujeito(s) à exposição subaérea intermitente provocada por fenômenos climáticos e tectônicos. Tal fenômeno de evaporação foi responsável pela precipitação de camadas de calcários argilosos calcíticos na forma de crostas duras (tipo calcretes), associados aos argilitos e folhelhos, e corresponderiam a possíveis horizontes pedogenéticos. Entretanto, tais lagos recebiam aporte de sedimentos via rios efêmeros de baixa descarga (exemplificados pelas fácies arenosas finas presentes na unidade), mas que contribuíam com a formação dos lagos. Assim, uma possibilidade para esses lagos seria a paleogeografia de sistemas de *playa-lake*.

A Formação Brejo Santo é interpretada como depositada em sistemas lacustres nos quais periodicamente o nível dos lagos e/ou lagoas sofriam variações bruscas. As variações de coloração acham-se relacionadas às sazonalidades do nível do lago (períodos de exposição subaérea). Os sedimentos finos de coloração avermelhada são compostos de lama que se oxida devido às variações do nível do lago, em depressões amplas e rasas, condições propícias à formação de camadas vermelhas (*red-beds*). Isso fica comprovado pelas gretas de dessecação nos pelitos e arenitos calcíferos que demonstram a exposição do fundo lacustre e, principalmente, pela presença de fósseis de conchostráceos de água doce (Carvalho e Arai, 2001). A presença de camadas de arenitos, lenticulares ou de maior extensão lateral, com estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, sugere a entrada do material arenosos através de rios efêmeros (sistema fluvial) que sustentavam o sistema lacustre da unidade.

Nos argilitos e folhelhos da Formação Brejo Santo, são abundantes fósseis de conchostráceos de duas valvas de carapaça quitinosa que usualmente habitam lagos efêmeros (intermitentes) sob condições climáticas quentes e de estação seca bem definida. Esses organismos, em função do ciclo de vida, necessitam da diminuição do nível do lago, normalmente causada por intensa evapotranspiração, pois colocam as ovas somente nos períodos secos. O registro de organismos exclusivamente não marinhos (tais

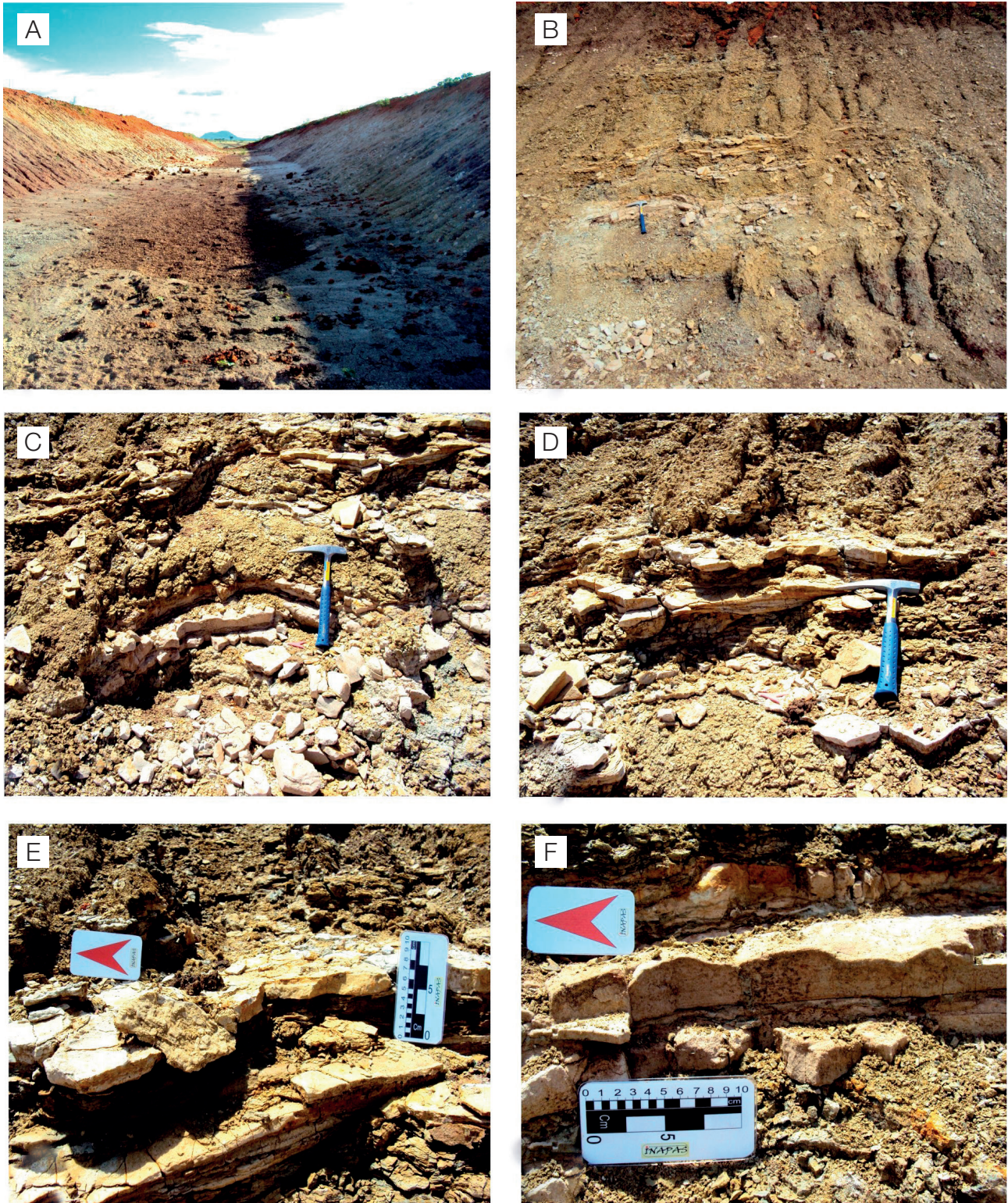


Figura 11. Afloramentos fossilíferos da Formação Brejo Santo. (A) Aspecto geral de corte de canal da Transposição do Rio São Francisco, município de Mauriti; (B a F) níveis de arenitos calcíferos e calcários argilosos calcíticos formando crostas duras (calcretes) de onde foram encontrados restos fósseis de vertebrados e moluscos. Notar arenitos com laminações cruzadas em E e com marcas onduladas em F.

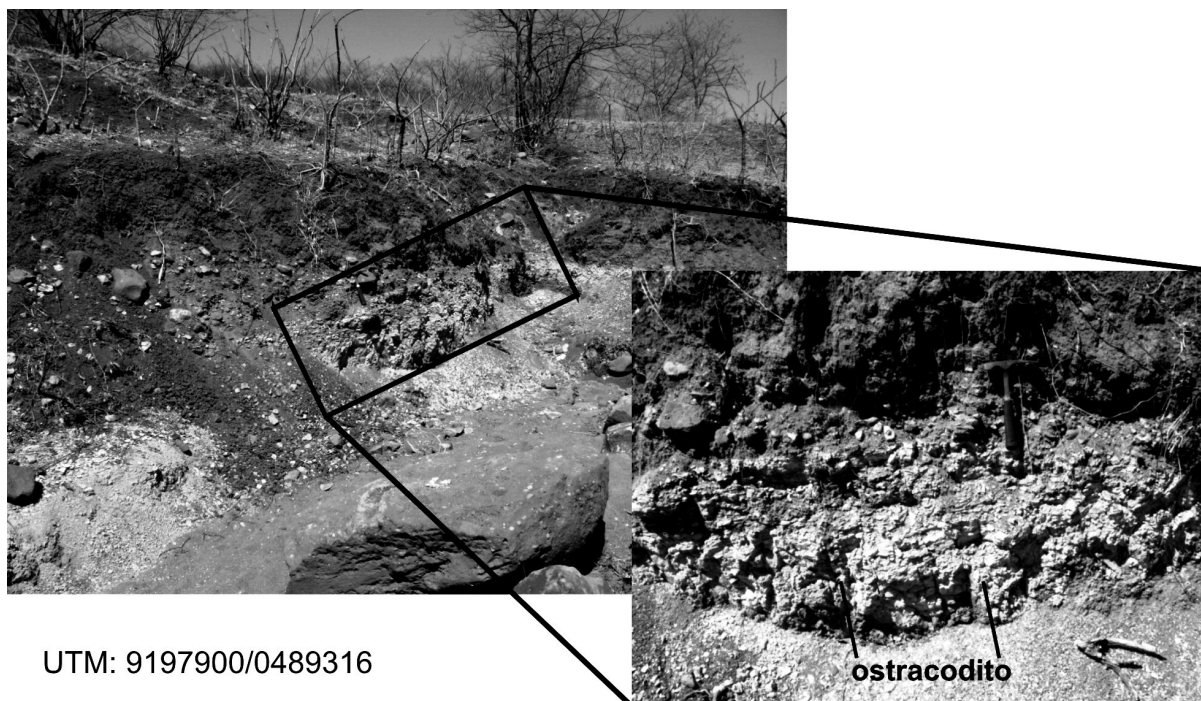


Figura 12. Aspecto geral do afloramento BAR-24 onde se observam folhelhos de cor avermelhada a marrom com intercalações de lâminas de calcário argiloso rico em ostracodes (puro ostracodito) da Formação Brejo Santo; em destaque, os locais amostrados de níveis de calcarenitos. Ravina à beira da rodovia CE-293.

como conchostráceos e ostracodes) sugere sedimentação continental (Assine, 1992, 2007; Whatley, 1983; Palacios-Fest et al., 1994) em sistemas lacustres favoráveis à formação de *red beds*. Assim, o sistema deposicional da Formação Brejo Santo é interpretado como continental lacustre tipo *playa-lake*, com aporte de sedimentos trazidos por rios efêmeros, formado por lagos e/ou lagoas intermitentes que evaporam por condições climáticas e tectônicas (variações do nível do lago). Essas variações do nível lacustre associam-se tanto à tectônica da bacia como às modificações climáticas. Em períodos de maior subsidência, ocorria maior preenchimento dos lagos, culminando em profundidades maiores, o que era propício à presença de peixes. Em períodos de clima mais seco e de quiescência tectônica, haveria a evaporação quase completa dos lagos, possibilitando a exposição do fundo e a formação de estruturas de dessecação, local ideal para a existência dos conchostráceos exemplificados.

O sistema lacustre compõe o paleoambiente da Formação Brejo Santo, sendo caracterizado pela existência dos supracitados ostracodes que se encontram concentrados em níveis de arenitos calcíferos cinza-esverdeados, os quais se intercalam nos argilitos e folhelhos avermelhados (*red-beds*) da referida unidade.

Assine (1992) observou que o registro de formas exclusivamente não marinhas indicaria sedimentação continental para a unidade, em depressões amplas e rasas, onde

se desenvolveram sistemas aluviais/fluviais/lacustres caracterizados por condições oxidantes, propícias para a formação de camadas vermelhas (*red-beds*).

Fambrini et al. (2007, 2008, 2010a, 2010b, 2011c, 2012b) associaram os pelitos da Formação Brejo Santo à deposição lacustre sob influência fluvial, considerando a unidade como a primeira fase lacustre da Bacia do Araripe, corroborando estudos prévios (e.g. Ponte, 1994; Neumann, 1999).

Todas as espécies de ostracodes identificadas são não marinhas; portanto, pode-se inferir o mesmo para o ambiente deposicional das seções da Formação Brejo Santo ora estudadas (Barros, 2010).

A idade da Formação Brejo Santo é situada no Jurássico Superior (Andar Dom João) em função da presença de organismos ostracodes não marinhos, formas típicas desse andar, tais como *Bisulcocypris priceii* e *Darwinula oblonga* (Braun, 1966; Coimbra et al., 2002). Além dos fósseis de ostracodes não marinhos e conchostráceos de água doce, ocorrem peixes, ossos de tubarão de água doce e plantas. Coimbra et al. (2002) reportaram, ainda, a ocorrência de associações palinológicas indicativas da *Zona Dicheiropollis sp. A/Leptolepidites ssp.* que apontam para idade domjoanina (Biozona RT-001 da PETROBRÁS, *sensu* Viana et al., 1971; Moura, 1972, andar local do Neojurássico - Tithoniano) à unidade, como corroborado pelo resultado obtido recentemente na análise por ostracodes efetuada por Barros (2010) e Barros et al. (2011).

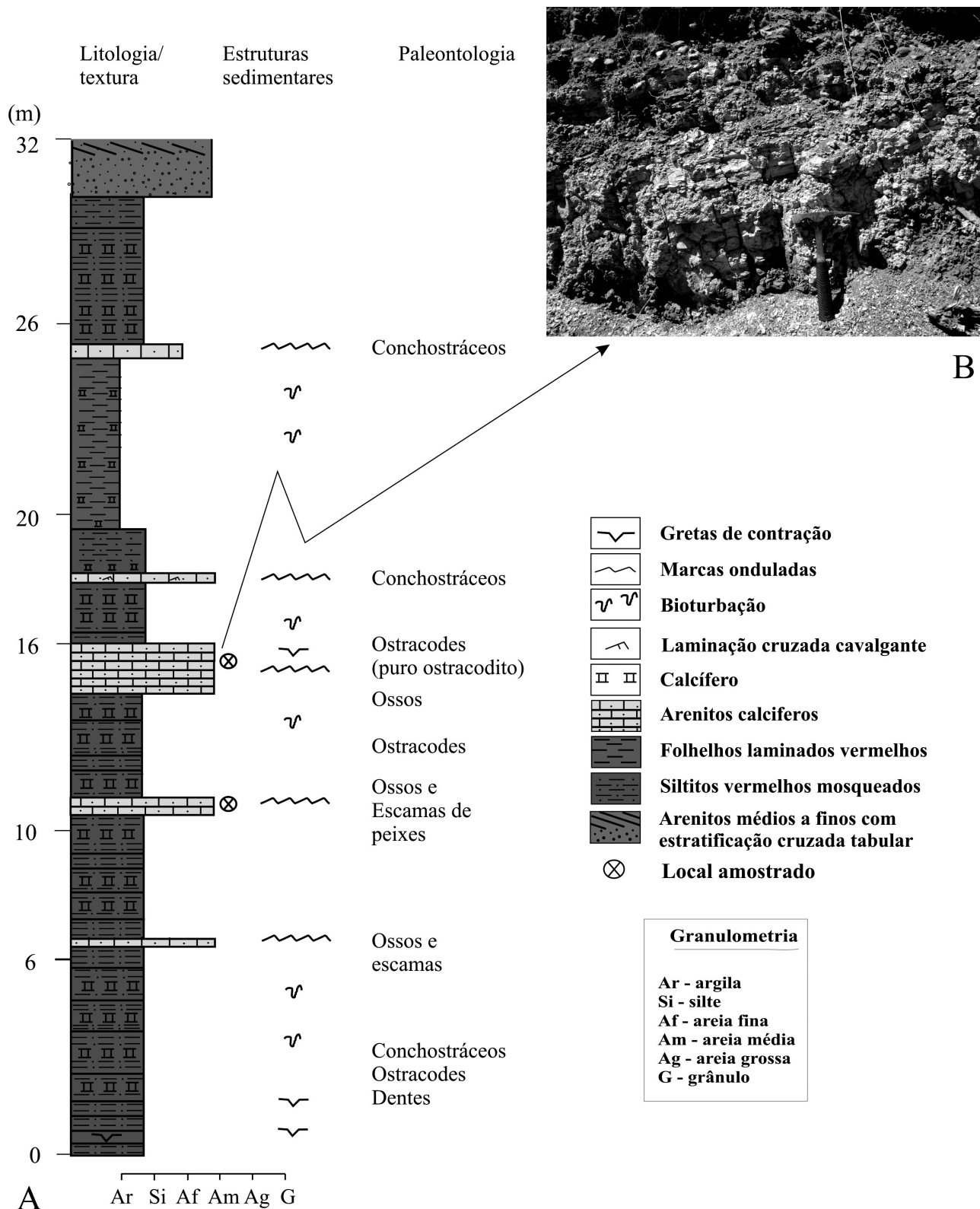


Figura 13. Afloramento BAR-24 na localidade de Olho D'água do Comprido. (A) Seção colunar de detalhe mostrando os locais amostrados de níveis de arenitos calcíferos ricos em ostracodes da Formação Brejo Santo. O conteúdo paleontológico é mostrado igualmente no nível estratigráfico correspondente; (B) foto evidenciando nível de arenito calcífero rico em ostracodes. O mesmo da Figura 12.

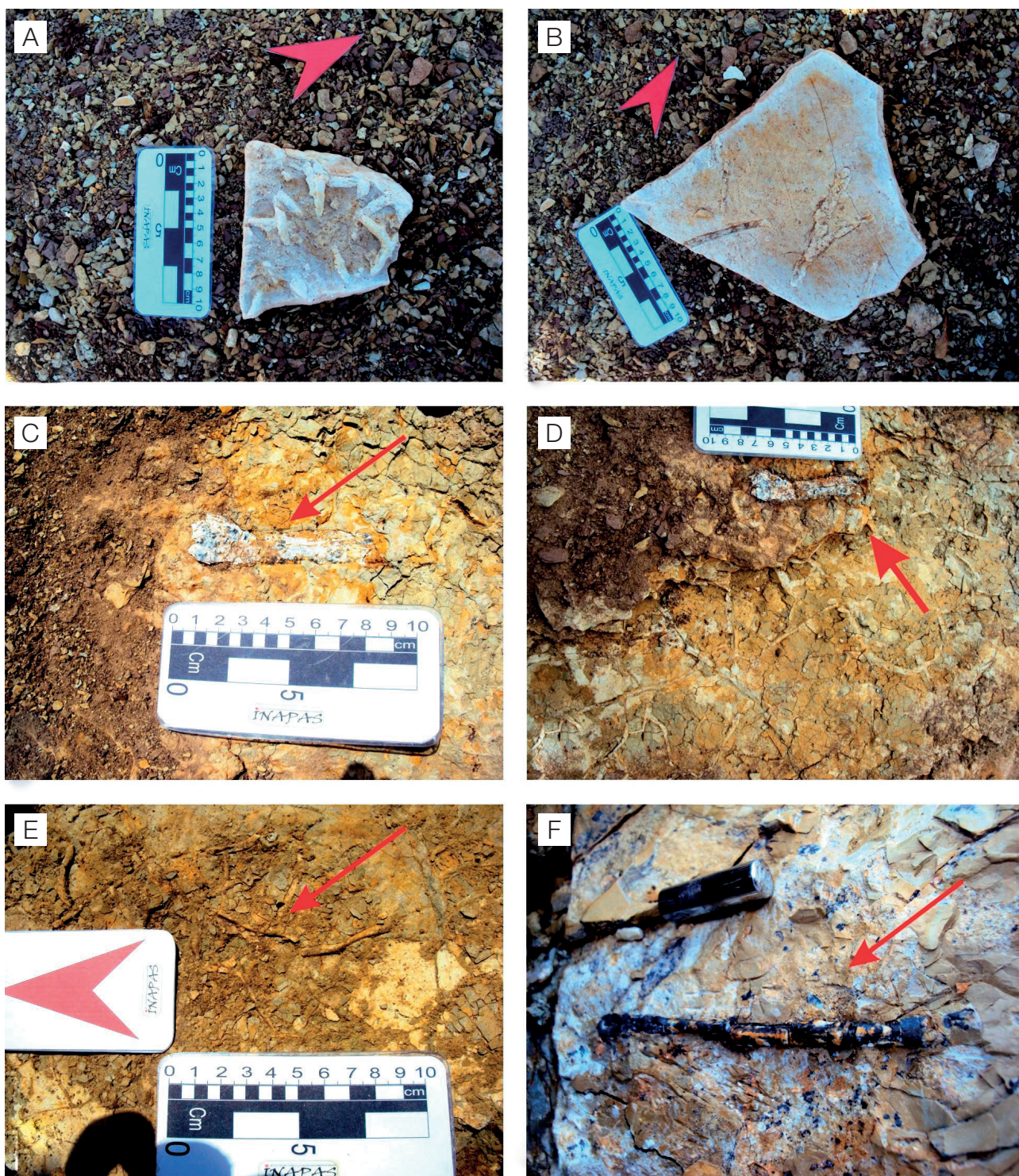


Figura 14. Alguns fósseis de vertebrados encontrados nas camadas de *bone beds* da Formação Brejo Santo. Setas apontam fragmentos ósseos. (A) Fragmentos de ossos isolados e dentes de répteis e peixes; (B) provável fragmento osso de réptil, além de dentes e pequenos ossos de peixes; (C e D) placas dérmicas desarticuladas e fragmentadas e algo corroidas nas bordas; (E) fragmentos ósseos pequenos em horizonte com gretas de contração; (F) fragmentos de ossos isolados ou ossos inteiros semiarticulados de peixes grandes (maiores que 70 cm).

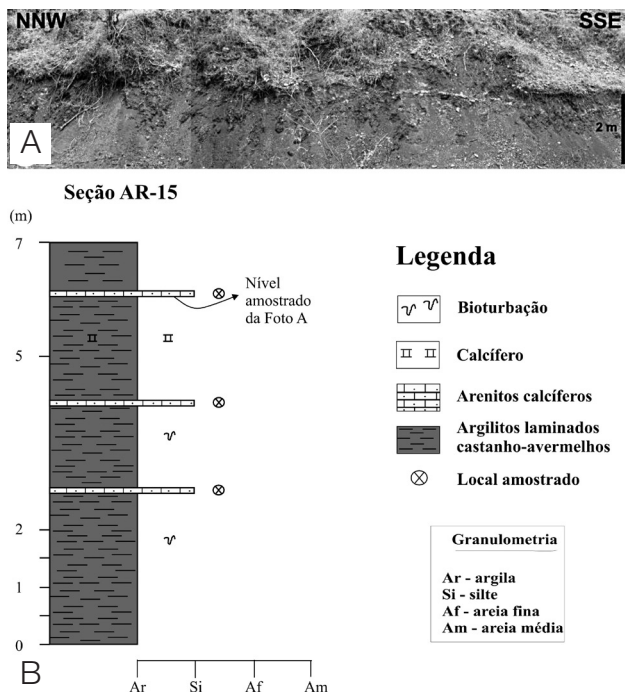


Figura 15. Aspecto geral do afloramento AR-15 onde foram amostrados níveis de arenitos calcíferos da Formação Brejo Santo. Corte da ferrovia Missão Velha-Crato. UTM: 9201597/0485663.

PALEOGEOGRAFIA, CORRELAÇÕES E DISCUSSÃO

O *Estágio de Início de Rifte a Clímax de Rifte Inferior* de idade neojurássica, composto pela Formação Brejo Santo e porção inferior da Formação Missão Velha, dispõe-se em *horstes* e *grabens* em duas sub-bacias principais separadas pelo alto de Dom Leme: Cariri a leste (o principal do estágio) e Serrolândia a oeste (Fambrini et al., 2010a, 2010b, 2011b). As rochas eminentemente siliciclásticas deste estágio repousam sobre a discordância pré-jurássica, recobrin-do tanto a sucessão do Estágio Sinéclise quanto rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino. Possivelmente, logo no Neojurássico, iniciou-se a instalação da chamada Depressão Afro-Brasileira, conjunto de bacias interiores rasas e extensas que caracterizaram o Jurássico Superior no início da fragmentação do Supercontinente Gondwana. Essa depressão estendia-se desde a Bacia de Almada (sul da Bahia) até a Bacia do Araripe e congêneres no Brasil (pois prosseguiria até a África Ocidental), sendo interrompida pelo alto relevo formado ao longo da Zona de Cisalhamento de Patos (Ponte e Ponte Filho, 1996a, 1996b), excluindo-se, portanto, as bacias de Iguatu e Rio do Peixe a norte, por exemplo. A Formação Brejo Santo constitui-se, de acordo com a proposta de Ponte e Asmus (1978) e de Ponte e Ponte Filho (1996a, 1996b),

em unidade pelítica principal da denominada Depressão Afro-Brasileira, conjunto de bacias que caracterizaram o Jurássico Superior no início da fragmentação do Supercontinente Gondwana. Esse evento acha-se registrado em várias bacias do Nordeste do Brasil (Ponte, 1994), como as Bacias do Recôncavo-Tucano-Jatobá e de Sergipe e Alagoas. No entendimento dos mencionados autores, a Formação Brejo Santo representaria a fase pré-rifte na evolução tectono-sedimentar das bacias da Depressão Afro-Brasileira.

A Formação Brejo Santo é composta por depósitos de sistemas lacustres, caracterizados pela presença de moluscos de água doce concentrados em níveis carbonáticos (arenitos calcíferos e calcários argilosos) cinza-esverdeados que se intercalam em folhelhos e argilitos avermelhados (*red-beds*). Corpos de arenitos com estratificações cruzadas são indicativos de influência fluvial no sistema lacustre, corroborada pela presença de restos de ossos de peixes retrabalhados.

As fácies e associações de fácies descritas foram interpretadas como geradas por (i) sistemas lacustres nos quais ocorriam variações bruscas e periódicas do nível d'água dos lagos e/ou lagoas; e (ii) sistemas fluviais efêmeros que alimentavam esses lagos. O quadro completo representa um sistema continental lacustre tipo *playa-lake*, com aporte de sedimentos trazidos por rios efêmeros.

As variações de coloração das camadas podem estar relacionadas às variações sazonais do nível do lago (períodos de exposição subaérea). Os estratos de granulometria fina de coloração avermelhada possivelmente representavam depósitos de lama que se oxidaram devido às variações bruscas do nível do lago. Por outro lado, os níveis de rochas finas de coloração esverdeada representariam fases mais profundas do nível do(s) lago(s). No entanto, tais hipóteses necessitam ser comprovadas por análises químicas dos sedimentos.

A ocorrência abundante de organismos fósseis, tais como ostracodes não marinhos e conchostráceos, sugere que os sedimentos da Formação Brejo Santo teriam sido depositados, possivelmente, em condições climáticas quentes e de estação seca bem definida, corroborando a interpretação deposicional. O registro de formas exclusivamente não marinhas (tais como conchostráceos e ostracodes) sugere sedimentação continental em sistemas lacustres. A presença de níveis delgados carbonáticos com feições de dessecação pode evidenciar a ocorrência de evaporitos e, assim, ser favorável à formação de camadas de *red-beds*.

Assim, o paleoambiente de deposição da Formação Brejo Santo era composto por sistemas lacustres, com aporte de sedimentos trazidos por rios efêmeros, formado por lagos e/ou lagoas intermitentes que sofriam evaporação periódica. Com a redução da lâmina d'água devido às

Tabela 1. Identificação e classificação dos ostracodes (Barros et al., 2011).

Afloramentos	Amostras	Identificação das amostras	Ostracodes
01	1	BAR 148-3 Nível C7	<i>Darwinula oblonga</i> <i>Darwinula leguminella</i> <i>Bisulcocypris pricei</i> <i>Theriosynoecum miritiensis</i> <i>Theriosynoecum quadrinodosum</i>
	2	BAR 148-4 Nível C7	<i>Darwinula oblonga</i> <i>Darwinula leguminella</i> <i>Bisulcocypris pricei</i> <i>Theriosynoecum miritiensis</i> <i>Theriosynoecum quadrinodosum</i>
02	3	JT15a	SRO
	4	JT 15b	SRO
	5	JT15c	SRO
03	6	D 12	SRO
04	7	D 13	SRO
05	8	BAR 152	<i>Theriosynoecum aff. miritiensis</i> <i>Darwinula oblonga</i> <i>Darwinula leguminella</i> <i>Reconcavona ? incertae</i>
06	9	DO 1	SRO
07	10	BAR 24	<i>Darwinula oblonga</i> <i>Darwinula leguminella</i> <i>Reconcavona ? incertae</i>
	11	BAR 24	<i>Darwinula oblonga</i> <i>Darwinula leguminella</i> <i>Reconcavona ? incertae</i>
08	12	BAR 76-1	<i>Reconcavona ? incertae</i>
	13	BAR 76-2	<i>Darwinula sp.</i>
	14	BAR 76-3	SRO
09	15	BAR 15	<i>Theriosynoecum sp.</i>

SRO: sem recuperação de ostracodes.

condições climáticas e tectônicas relacionadas às fases de rifteamento, que atuavam na formação de uma grande bacia denominada por Ponte e Asmus (1978) de Depressão Afro-Brasileira, desenvolvida no Andar Dom João, tais lagos puderam se originar.

A Formação Brejo Santo representa o início do processo de subsidência formador da Depressão Afro-Brasileira, sendo responsável pelo registro de aproximadamente 450 m de sedimentos finos lacustres. No entendimento de Fambrini et al. (2007, 2008), a unidade estabeleceria o desenvolvimento do primeiro sistema lacustre completo da Bacia do Araripe, resultando na deposição de até 1.300 m de sedimentos pelíticos lacustres (devido à compactação de minerais de argila constituintes dos pelitos).

A Formação Brejo Santo representa a sedimentação continental inicial do preenchimento da Bacia do Araripe após os fenômenos geológicos que ocasionaram a ruptura e fragmentação do Gondwana.

A paleogeografia da Formação Brejo Santo inclui a presença de amplo sistema lacustre (Figura 16), com aporte de sedimentos trazidos por rios efêmeros, formado por lagos e/ou lagoas intermitentes que evaporavam devido às condições climáticas e tectônicas reinantes (variações do nível do lago), formando a Depressão Afro-Brasileira desenvolvida no Andar Dom João (Biozona RT-001 da PETROBRAS, *sensu* Viana et al., 1971; Moura, 1972), andar local do Neojurássico (Tithoniano).

A Formação Brejo Santo é a unidade lacustre da grande bacia denominada de Depressão Afro-Brasileira desenvolvida no Andar Dom João que apresenta correlatos no rifte abortado Recôncavo-Tucano-Jatobá (Formação Aliança, Membro Capianga, Scherer et al., 2007, Kùchle et al., 2011) e nas bacias de Sergipe (Formação Bananeiras) e de Camamu (Formação Aliança, Membro Capianga). Esse grande lago, incluindo-se a contraparte africana, recebeu a denominação de Lago Capianga (Kùchle et al., 2011).

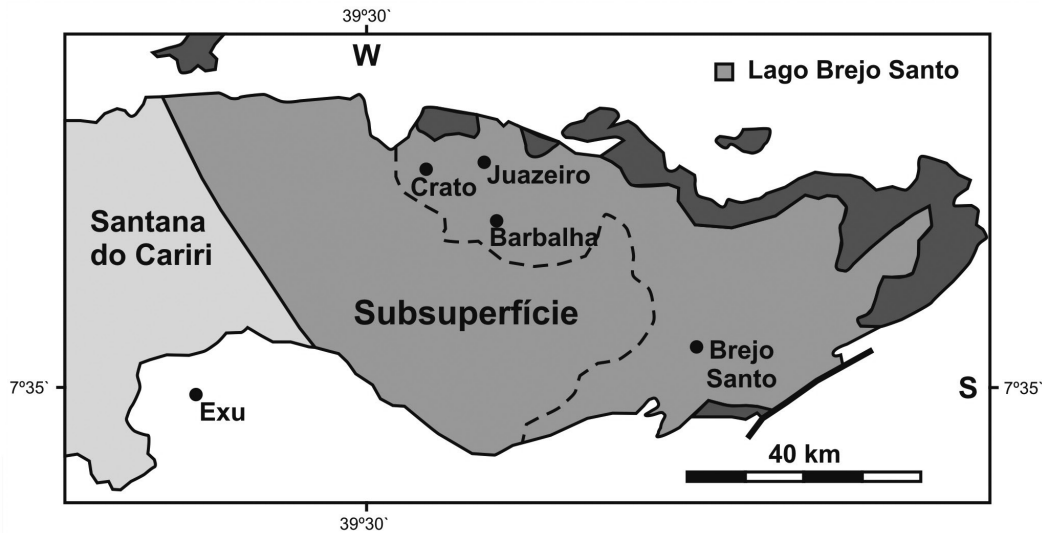


Figura 16. Área de expansão dos sistemas lacustres da Formação Brejo Santo na Bacia do Araripe. Fonte: modificada de Neumann (1999); Neumann et al. (2008).

CONCLUSÕES

A Formação Brejo Santo representa o início do processo de subsidência formador da Depressão Afro-Brasileira, sendo responsável pelo registro de aproximadamente 450 m de sedimentos finos lacustres. No entendimento de Fambrini et al. (2007, 2008) e de Neumann et al. (2008), a unidade estabelecerá o desenvolvimento do primeiro sistema lacustre completo da Bacia do Araripe, resultando na deposição de até 1.300 m de sedimentos pelíticos lacustres (devido à compactação de minerais de argila constituintes dos pelitos).

As fácies e associações de fácies descritas foram interpretadas como geradas por (i) sistemas lacustres nos quais periodicamente o nível dos lagos e/ou lagoas sofria variações bruscas. As variações de coloração acham-se relacionadas às sazonalidades do nível do lago (períodos de exposição subaérea) e por (ii) sistemas fluviais efêmeros que alimentavam esses lagos. A ocorrência disseminada de organismos fósseis, tais como ostracodes não marinhos e conchostráceos, sugere que os sedimentos da Formação Brejo Santo teriam sido depositados, possivelmente, em condições climáticas quentes e de estação seca bem definida, corroborando a interpretação deposicional. O registro de formas exclusivamente não marinhas (tais como conchostráceos e ostracodes) sugere sedimentação continental em sistemas lacustres favoráveis à formação de camadas de *red-beds*. Assim, a paleogeografia da Formação Brejo Santo inclui a presença de sistema lacustre (*playa-lake*), com aporte de sedimentos trazidos por rios efêmeros,

formado por lagos e/ou lagoas intermitentes que evaporaram sob condições climáticas e tectônicas (variações do nível do lago) formando grande bacia denominada de Depressão Afro-Brasileira desenvolvida no transcorrer do Andar Dom João.

A Formação Brejo Santo é a unidade lacustre da grande bacia denominada de Depressão Afro-Brasileira desenvolvida no Andar Dom João que apresenta correlatos no rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá (Formação Aliança) e na Bacia Sergipe-Alagoas (Formação Bananeiras), onde então recebe a denominação Lago Capianga (Küchle et al., 2011).

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são devidos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Processo Universal nº 476232/2006-6 concedido em nome de G.L. Fambrini), pela bolsa de produtividade de Virginio H.M.L. Neumann e pela bolsa de mestrado de C.L. Barros. Os autores agradecem à empresa PETROBRAS, em particular a James Vitor Ferreira, gerente do setor de Sedimentologia e Estratigrafia da Unidade de Operações de Sergipe-Alagoas (UO-SEAL/EXP/SE), PETROBRAS, no Estado de Sergipe, pela confiança, oportunidade e colaboração no desenvolvimento deste trabalho. Ao Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESE) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pela infraestrutura disponibilizada para

realização deste trabalho. Ao PRH-26/ANP/FINEP/UFPE, pela bolsa de graduação/pós-graduação do estudante José Acioli B. Menezes Filho, bem como pelo auxílio nos trabalhos de campo. Ao Prof. Visitante Dr. Haydon Mort (UFPE) pela revisão do *Abstract*. Os autores externam ainda agradecimentos aos geólogos Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho (Departamento de Geologia – DGEO da Universidade Federal do Ceará – UFC), Prof. Dr. Alexandre Magno Feitosa Sales (Universidade Regional do Cariri – URCA/CE), Prof. Dr. Álamo Saraiva (biólogo – URCA/CE), Jadson Trajano de Araújo (Petrobras – Natal, RN), Sidney Tesser Jr. (Weatherford Int.) e Diógenes Ribeiro de Lemos (Caraíba Metais – BA), pela assistência nos trabalhos de campo. Alunos da disciplina Geologia de Campo 1 (Graduação em Geologia – UFPE) dos anos de 2007 a 2012 auxiliaram em parte os trabalhos de campo desenvolvidos. Os autores reconhecem o empenho da Chefe de Seção de Publicações do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), Sra. Nanci Iurico Assakura, e dos editores pela prestação e auxílio em várias fases da publicação deste trabalho. Os revisores anônimos recebem igualmente nossos agradecimentos pelas valiosas sugestões e pela exímia revisão que muito aprimoraram o manuscrito original.

REFERÊNCIAS

- Almeida, R. P., Janikian, L., Fragoso-Cesar, A. R. S., Marconato, A. (2009). Evolution of a rift basin dominated by subaerial deposits: The Guaritas Rift, Early Cambrian, Southern Brazil. *Sedimentary Geology*, 217, 30-51.
- Anadon, P., Cabrera, L., Kelts, K. (Eds.) (1991). *Lacustrine facies analysis* (v. 13). Special Publication of the International Association of Sedimentologists. Amsterdam: Blackwell Scientific Publication.
- Arai, M. (2006). Revisão estratigráfica do Cretáceo Inferior das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil. *Geociências*, 25(1), 7-15.
- Arai, M., Coimbra, J. C., Silva-Telles Júnior, A. C. (2001). Síntese Bioestratigráfica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). *II Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, n. 1, 109-117. Crato: SBG (Coleção Chapada do Araripe).
- Arai, M., Hashimoto, A. T., Uesugui, N. (1989). Significado cronoestratigráfico da associação microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 3(1/2), 87-103.
- Araújo, J. T. (2009). *Mapeamento geológico e faciológico das unidades pré-rifte e rifte da Bacia do Araripe na região de Brejo Santo – CE*. Monografia de Graduação. Recife: UFPE.
- Assine, M. L. (1990). *Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.
- Assine, M. L. (1992). Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3), 289-300.
- Assine, M. L. (1994). Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 24(4), 223-232.
- Assine, M. L. (2007). Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2), 371-389.
- Barros, C. L. (2010). *Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojúrrassico?), Sub-Bacia leste do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações bioestratigráficas*. Dissertação (Mestrado). Recife: UFPE.
- Barros, C. L., Fambrini, G. L., Galm, P. C., Agostinho S. (2011). Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojúrrassico?), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleoambientais e sistemática paleontológica. *Estudos Geológicos (UFPE)*, 21(1), 105-122.
- Batista, Z. V., Valença, L. M. M., Fambrini, G. L., Silva, S. M. A., Neumann, V. H. M. L., Santos, C. A., Barros, C. L. (2012). Análise de fácies da Formação Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos (UFPE)*, 22(1), 3-20.
- Berthou, P. Y. (1994). Critical analysis of the main publications about the stratigraphical framework of the Paleozoic and Mesozoic sedimentary deposits in the Araripe Basin (Northeastern Brazil). *3º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 123-126. Rio Claro: UNESP.
- Beurlen, K. (1962). A geologia da Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 34(3), 365-370.
- Beurlen, K. (1963). Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. *XVII Congresso Brasileiro de Geologia*, 1-47. Recife: SBG/SUDENE. (Suplemento).
- Bohacs, K. M., Carroll, A. R., Neal, J. E., Mankiewicz, P. J. (2000). Lake-basin type, source potential, and hydrocarbon character: an integrated sequence-stratigraphic-geochemical framework. In: E. H. Gierlowski Kordesch, K. R. Kelts (Eds.), *Lake basins through space and time* (v. 46, 3-34). Tulsa: AAPG.

- Bordy, E. M., Catuneanu, O. (2001). Sedimentology of the upper Karoo fluvial strata in the Tuli Basin, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 33(3-4), 605-629.
- Braun, O. P. G. (1966). *Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Inferior da Região Nordeste do Brasil (Bacias do Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe)*. Rio de Janeiro: DNPM/DGM. (Boletim 236).
- Brito, L. M. (1987). As unidades litoestratigráficas da passagem Jurássico-Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 17(2), 81-85.
- Brito Neves, B. B. (1990). A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. *I Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do Nordeste*, 21-33. Crato: DNPM.
- Brito Neves, B. B., Santos, E. J., Van Schmus, W. R. (2000). Tectonic history of the Borborema Province. In: U. G. Cordani, E. J. Milani, A. Thomaz Filho, D. A. Campos (Eds.), *Tectonic evolution of the South America* (151-182). Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress.
- Carvalho, I. S., Arai, M. (2001). Os fósseis da Bacia de Sergipe-Alagoas. Os crustáceos: conchostráceos. *Fundação Paleontológica PHOENIX*, 3(29), 1-2.
- Cavalcanti, V. M. M., Viana, M. S. S. (1992). Revisão estratigráfica da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 6(2), 155-168.
- Cavinato, G. P., Carusi, C., Dall'Asta, M., Miccadei, E., Piacentini, T. (2002). Sedimentary and tectonic evolution of Plio-Pleistocene alluvial and lacustrine deposits of Fucino Basin (central Italy). *Sedimentary Geology*, 148(1-2), 29-59. References and further reading may be available for this article. To view references and further reading you must purchase this article.
- Coimbra, J. C., Arai, M., Carreño, A. L. (2002). Lower Cretaceous microfossils from Araripe basin, Northeastern Brazil: an stratigraphical approach. *Geobios*, 35(6), 687-698.
- Davies, S. J., Gibling, M. R. (2003). Architecture of coastal and alluvial deposits in an extensional basin: the Carboniferous Jogjins Formation of eastern Canada. *Sedimentology*, 50(3), 415-440.
- Fambrini, G. L., Araújo, J. T., Lemos, D. R., Neumann, V. H. M. L., Tesser Jr., S., Souza, B. Y. C., Silva-Filho, W. F. (2009a). A Formação Missão Velha na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Fácies e Sistemas Depositionais. *XXIII Simpósio de Geologia do Nordeste*, v. único, Boletim nº 21, 34. Fortaleza: SBG/Núcleo NE. CD-ROM.
- Fambrini, G. L., Batista, Z. V., Valença, L. M. M., Neumann, V. H. M. L., Valença, L. M. M., Agostinho, S. M., Menezes-Filho, J. A. B. (2013a). Sedimentary facies analysis of Cariri Formation, Sineclisis stage, Araripe Basin, Northeast Brazil. *VI Latin American Sedimentological Congress*, 26. São Paulo: Universidade de São Paulo. CD-ROM.
- Fambrini, G. L., Buarque, B. V., Menezes-Filho, J. A. B., Valença, L. M. M., Araújo, J. T., Neumann, V. H. (2012a). Análise estratigráfica da Formação Abaiara (Neocomiano), Bacia do Araripe, NE do Brasil: implicações para a implantação da fase rifte das bacias fanerozóicas brasileiras. *XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia*, v. único. Santos: SBG. CD-ROM.
- Fambrini, G. L., Lemos, D. R., Menezes-Filho, J. A. B., Silva-Filho, W. F., Neumann, V. H. M. L., Lima-Filho, M., Buarque, B. V. (2011a). Análise da Tectônica Rifte na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações para a Geração e Acumulação de Hidrocarbonetos. *VI Congresso Brasileiro em P&D em Petróleo e Gás Natural*. Florianópolis: ABGP. CD-ROM.
- Fambrini, G. L., Lemos, D. R., Tesser Jr., S., Araújo, J. T., Silva-Filho, W. F., Souza, B. Y. C., Neumann, V. H. M. L. (2011b). Estratigrafia, Arquitetura Depositional e Faciologia da Formação Missão Velha (Neojurássico-Eocretáceo) na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: exemplo de sedimentação de Estágio de Início de Rifte a Clímax de Rifte. *Geologia USP (Série Científica)*, 11(2), 55-87.
- Fambrini, G. L., Neumann, V. H. M. L., Barros, C. L., Agostinho, S. M., Galm, P. C., Araújo, J. T., Lemos, D. R. (2011c). Análise de fácies da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. *XXIV Simpósio de Geologia do Nordeste*, v. único, 267. Aracaju: SBG.
- Fambrini, G. L., Neumann, V. H. M. L., Barros, C. L., Agostinho, S. M., Galm, P. C., Araújo, J. T., Menezes-Filho, J. A. B. (2012b). Análise de fácies da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. *Estudos Geológicos (UFPE)*, 22, 131-155.
- Fambrini, G. L., Neumann, V. H. M. L., Buarque, B. V., Menezes-Filho, J. A. B., Silva-Filho, W. F. (2013b). Facies and depositional systems of Missão Velha Formation (Neojurassic-Eocretaceous), Araripe Basin, Northeast

- Brazil: paleogeographic and tectonic implications. *6th Latin American Sedimentological Congress*, 25. São Paulo: Universidade de São Paulo. CD-ROM.
- Fambrini, G. L., Neumann, V. H. M. L., Lemos, D. R., Araújo, J. T., Lima-Filho, M. F., Tesser Jr., S. (2010a). Stratigraphy and sedimentology of Rift Initiation to Rift Climax stages of the Araripe Basin, Northeastern Brazil: new considerations. *XVIII International Sedimentological Congress*, v. único, 104. Mendoza: IAS/PETROBRAS.
- Fambrini, G. L., Neumann, V. H. M. L., Lemos, D. R., Araújo, J. T., Lima-Filho, M. F., Tesser Jr., S. (2010b). Facies and architectural elements of Missão Velha Formation (Upper Jurassic-Eocretaceous), Araripe Basin, Northeastern Brazil. *XVIII International Sedimentological Congress*, v. único, 332. Mendoza: IAS/PETROBRAS.
- Fambrini, G. L., Neumann, V. H. M. L., Silva-Filho, W. F., Tesser Jr., S., Valença, L. M. M., Lima-Filho, M. F., Araújo, J. T., Souza, B. Y. C., Lemos, D. R. (2008). Eventos de subsidência e instalação de sistemas lacustres na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*, v. único, 118. Curitiba: SBG.
- Fambrini, G. L., Neumann, V. H. M. L., Silva-Filho, W. F., Valença, L. M. M., Lima-Filho, M. F., Barbosa, J. A., Tesser Jr., S., Souza, B. Y. C. (2007). Sistemas lacustres da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: resposta à subsidência e tectônica de bacias rifte. *XXII Simpósio de Geologia do Nordeste*, v. único, 101. Natal: SBG.
- Fambrini, G. L., Tesser Jr., S., Neumann, V. H. M. L., Souza, B. Y. C., Silva Filho, W. F. (2009b). Fácies e Sistemas Depositionais na área-tipo da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe, CE. *Estudos Geológicos (UFPE)*, 19(1), 163-191.
- Fambrini, G. L., Tesser Jr., S., Neumann, V. H. M. L., Souza, B. Y. C., Silva-Filho, W. F., Araújo, J. T., Lemos, D. R. (2010c). Sedimentary facies analysis and depositional systems of Missão Velha Formation in the type-area, Araripe Basin, northeastern Brazil: reservoir implications. *Rio Oil & Gas Expo and Conference*. Rio de Janeiro: ABGP. CD-ROM.
- Gaspary, J., Anjos, N. F. R. (1964). *Estudo Hidrogeológico de Juazeiro do Norte - Ceará* (v. 3, Série Hidrogeologia). Recife: SUDENE.
- Ghignone, J. I., Couto, E. A., Assine, M. L. (1986). Estratigrafia e estrutura das Bacias do Araripe, Iguatu e Rio do Peixe. *XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 1, 271-285. Goiânia: SBG.
- Gomes, J. R. C., Gatto, C. M. P. P., Souza, G. M. C., Luiz, D. S., Pires, J. L., Teixeira, W. (1981). Geologia e mapeamento regional. In: Brasil. Ministério de Minas e Energia (MME). *Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25, Jaguaribe/Natal* (v. 23, 27-176, Levantamento de Recursos Naturais). Rio de Janeiro: MME.
- Jones, J., Frostick, L. E., Aston, T. R. (2001). Braided stream and flood plain architecture: the Rio Vero Formation, Spanish Pyrenees, *Sedimentary Geology*, 139(3-4), 229-260.
- Küchle, J., Scherer, C. M. S., Born, C. C., Alvarenga, R. S., Adegas, F. A. (2011). A contribution to regional stratigraphic correlations of the Afro-Brazilian depression – The Dom João Stage (Brotas Group and equivalent units – Late Jurassic) in Northeastern Brazilian sedimentary basins. *Journal of South American Earth Sciences*, 31(4), 358-371.
- Lima, M. R. (1978a). *Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)*. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- Lima, M. R. (1978b). Estudo palinológico preliminar de um folhelho betuminoso da Formação Missão Velha, Chapada do Araripe. *Boletim IG-USP*, 9, 136-139.
- Lima, M. R. (1979). Considerações sobre a subdivisão estratigráfica da Formação Santana - Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 9(2), 116-121.
- Mabesoone, J. M., Tinoco, I. M. (1973). Paleogeology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 14(2), 87-118.
- Malka, M., Olsen, P. E., Christie-Blick, N. (2003). Lacustrine facies typology in the Triassic-Jurassic rifts of eastern North America and Greenland compared to that of the Eocene Green River Formation of Wyoming. *Northeastern Section - 38th Annual Meeting* (March 27-29, 2003). The Geological Society of America (GSA), Session No. 6--Booth# 35.
- Martill, D. M. (1993). *Fossil of the Santana and Crato formations, Brazil* (n. 5). London: The Paleontological Association.
- Matos, R. M. D. (1992). The Northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, 11(4), 766-791.

- Miall, A. D. (1974). Palaeocurrent analysis of alluvial sediments: a discussion of directional variance and vector magnitude. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 4, 1174-1185.
- Miall, A. D. (1978). Lithofacies types and vertical profile models in braided-rivers deposits: a summary. In: A. D. Miall (Ed.), *Fluvial Sedimentology* (v. 5, 597-604). Calgary: Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir.
- Miall, A. D. (1985). Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*, 22, 261-308.
- Miall, A. D. (1991). Hierarchies of architectural units in terrigenous clastic rocks, and their relationship to sedimentation rate. In: A. D. Miall, N. Tyler (Eds.), *The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery* (v. 3, 6-12, Concepts in Sedimentology and Paleontology). Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- Miall, A. D. (1996). *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin: Springer.
- Miall, A. D. (2000). *Principles of sedimentary basin analysis* (3rd ed.). New York: Springer-Verlag.
- Miall, A. D., Tyler, N. (1991). *The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery* (v. 3, Concepts in Sedimentology and Paleontology). Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- Moura, J. A. (1972). Algumas espécies e subespécies novas de ostracodes da bacia Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da Petrobras*, 15(8), 245-263.
- Neumann, V. H. M. L. (1999). *Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de Araripe (Nordeste de Brasil)*. Tesis (Doctorado). Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Neumann, V. H. M. L., Aragão, M. A. N. F., Valença, L. M. M., Leal, J. P. (2008). Ambientes lacustres. In: A. J. C. L. Pedreira da Silva, M. A. N. F. Aragão, A. J. C. Magalhães (Eds.), *Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil* (132-169). São Paulo: Beca/BALL edições.
- Neumann, V. H., Cabrera, L. (1999). Una Nueva Propuesta Estratigráfica para la Tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil. *Boletim do 5º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e 1º Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur*, 279-285. Serra Negra; Rio Claro/SP: UNESP.
- Neumann, V. H. M. L., Mabesoone, J. M., Viana, M. S. S. (2000). Late Jurassic to Mid-Cretaceous Lacustrine Sequences in the Araripe-Potiguar Depression of Northeastern Brazil In: E. Gierlowski-Kordesch, K. R. Kelts, *Lake Basins through Space and Time* (46th ed., 197-208, AAPG Studies in Geology). Tulsa: The American Association of Petroleum Geologists.
- Palacios-Fest, M., Cohen A., Anadon, P. (1994). Use of Ostracodes as Paleoenvironmental Tools in the Interpretation of Ancient Lacustrine Records. *Revista Española de Paleontología*, 9, 145-164.
- Pinto, I. D., Sanguinetti, Y. T. (1958). *Bisulcocypriis*: a new Mesozoic genus and preliminary notes about its relation with *Metacypris* and allied forms. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 7, 75-90.
- Pinto, I. D., Sanguinetti, Y. T. (1962). A complete revision of the genera *Bisulcocypriis* and *Theriosynoecum* (Ostracoda) with the world geographical and stratigraphical distribution (including *Metacypris*, *Elphidium*, *Gomphocythere* and *Cytheridella*). *Escola de Geologia de Porto Alegre (Publicação Especial)*, 4, 1-165.
- Ponte, F. C. (1992). Sistemas deposicionais na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *II Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras*, 81-84. Rio Claro: SBG.
- Ponte, F. C. (1994). Extensão paleogeográfica da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. *III Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, v. único, 131-135. Rio Claro: SBG.
- Ponte, F. C. (1996). Arcabouço estrutural da Bacia do Araripe. *IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, v. único, 169-177. Águas de São Pedro: UNESP/IGCE.
- Ponte, F. C., Appi, C. J. (1990). Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. *XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 1, 211-226. Natal: SBG.
- Ponte, F. C., Asmus, H. E. (1978). Geological framework of the Brazilian continental margin. *Geologische Rundschau*, 67, 201-235.

- Ponte, F. C., Ponte-Filho, F. C. (1996a). *Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe*. Recife: DNPM/DMME (Pernambuco e Ceará).
- Ponte, F. C., Ponte-Filho, F. C. (1996b). Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. *IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, v. único, 123-133. Águas de São Pedro: UNESP/IGCE.
- Prosser, S. (1993). Rift-related Linked Depositional Systems and Their Seismic Expression. *Geological Society (Special Publication)*, 71(1), 35-66.
- Potter, P. E., Pettijohn, F. J. (1977). *Paleocurrents and basin analysis* (2nd ed.). New York: Springer-Verlag.
- Reading, H. G. (Ed.) (1996). *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. New Jersey: Blackwell Science.
- Sáez, A., Cabrera, L. (2002). Sedimentological and palaeohydrological responses to tectonics and climate in a small, closed, lacustrine system: Oligocene as Pontes Basin (Spain). *Sedimentology*, 49(5), 1073-1094.
- Santos, E. J., Nutman, A. P., Brito-Neves, B. B. (2004). Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da Zona Transversal, Província Borborema. *Geologia USP (Série Científica)*, 4(1), 1-12.
- Santos, M. E. M. (1982). Ambiente deposicional da Formação Santana, Chapada do Araripe (PE/PI/CE). *XXXII Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 4, 1412-1426. Salvador: SBG.
- Schanley, K. W., McCabe, P. J. (1994). Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *AAPG Bull.*, 78, 544-568.
- Scherer, C. M. S., Lavina, E. L. C., Dias-Filho, D. C., Oliveira, F. M., Bongiolo, D. E., Aguiar, E. S. (2007). Stratigraphy and facies architecture of the fluvial-aeolian-lacustrine Sergi Formation (Upper Jurassic), Recôncavo Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 194, 169-193.
- Selley, R. C. (1987). *Ancient sedimentary environments*. London: Chapman & Hall.
- Selley, R. C. (2000). *Applied sedimentology environments: a brief survey*. London: Academic Press.
- Sgavetti, R. (1991). Photostratigraphy of ancient turbidite systems. In: P. Weimer, M. H. Link (Eds.), *Seismic facies and sedimentary process of submarine fans and turbidite systems* (107-125). New York: Springer-Verlag.
- Silva, M. A. M. (1983). *The Araripe Basin, Northeastern Brazil: Regional Geology and Facies Analysis of a Lower Cretaceous Evaporitic Depositional Complex*. Tese (Doutorado). New York: Columbia University.
- Srivastava, N. K., Cavalcante, J. C. (2001). Bacia de Sitiá (Ceará): uma reavaliação. *II Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 118-125. Crato: SBG.
- Talbot, M. R., Allen, P. A. (1996). Lakes. In: H. G. Reading (Ed.), *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy* (83-124). New Jersey: Blackwell Science.
- Teisserenc, P., Villemin, J. (1989). Sedimentary Basin of Gabon - Geology and oil systems. In: J. D. Edwards, P. A. Santogrossi (Eds.), *Divergent/passive margin basins* (v. 48, 117-199, Memoir Series). Tulsa: AAPG.
- Valença, L. M. M., Neumann, V. H. M. L., Mabesoone, J. M. (2003). An overview on Callovian-Cenomanian intracratonic basins of Northeastern Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. *Geologica Acta*, 1(3), 261-275.
- Viana, C. F., Gama Jr., E. G., Simões, L. A., Moura, J. A., Fonseca, J. R., Alves, R. J. (1971). Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da Petrobras*, 14, 157-192.
- Viana, M. S. S., Ferigolo, J., Ribeiro, A. M., Goin, F., Silva, M. C., Agostinho, S. M. (2002). Feições preservacionais de *bone beds* do Jurássico da Bacia do Araripe. *PALEO 2002 – Nordeste*, 3. Aracaju: SBP.
- Walker, R. G. (1992). Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: R. G. Walker, N. P. James (Eds.), *Facies Models: response to sea level change. Geotext 1* (1-14). Waterloo, Ontario: Geological Association of Canada.
- Walker, R. G., James, N. P. (1992). *Facies models: response to sea level change. Geotext 1*. Waterloo, Ontario: Geological Association of Canada.
- Whatley, R. C. (1983). The application of Ostracoda to paleoenvironmental analysis. In: R. F. Maddocks (Ed.), *Applications of Ostracoda. Eighth*

International Symposium on Ostracoda, 51-77. Houston: Department of Geosciences, University of Houston.

Wisevic, M. C. (1991). Photomosaics of outcrops: useful photographic techniques. In: A. D. Miall, N. Tyler (Eds.),

The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery (v. 3, 22-24, Concepts in Sedimentology and Paleontology). Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.