

# FÁCIES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS NA ÁREA-TIPO DA FORMAÇÃO MISSÃO VELHA, BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL

Gelson Luís Fambrini<sup>1</sup>

Sidney Tesser Jr.<sup>2\*</sup>

Virgínio Henrique M.L. Neumann<sup>1</sup>

Bruno Yves Cavalcante de Souza<sup>3\*</sup>

Wellington Ferreira da Silva Filho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Depto. de Geologia/LAGESE/PPGEO-UFPE - PRH-26/ANP (e-mail: [g\\_fambrini@yahoo.com](mailto:g_fambrini@yahoo.com), [Neumann@ufpe.br](mailto:Neumann@ufpe.br)), <sup>2</sup>Weatherford International, <sup>3</sup>CPRH – Recife, <sup>4</sup>Depto. de Geologia/UFC, \*bolsistas PRH-26/ANP

## RESUMO

A Bacia do Araripe constitui-se na mais completa das bacias interiores do NE do Brasil. A origem e a evolução geológica da Bacia do Araripe relacionam-se com os eventos tectônicos que resultaram na ruptura do Supercontinente Gondwana e a abertura do Oceano Atlântico Sul. A BA 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 BA. Esta bacia comporta quatro seqüências deposicionais, a saber: (i) *seqüência sinéclise*, constituída pela Formação Mauriti representada por arenitos médios a grossos granodecrescentes; (ii) *seqüência pré-rifte*, de idade jurássica, composta pelas formações Brejo Santo e Missão Velha, dispõe-se em horstes e grabens em duas sub-bacias principais separadas pelo alto de Dom Leme: Cariri a leste e Serrolândia a oeste; (iii) *seqüência rifte*, constituída unicamente pela Formação Abaiara, com idade neocomiana; (iv) *seqüência pós-rifte*, separada em duas, pós-rifte I, de idade aptiano-albiana, constituída pelas formações Rio da Batateira, Crato, Ipubi e Romualdo e pós-rifte II, de idade albiano-cenomaniana, acha-se caracterizada por sedimentos aluviais das formações Arajara e Exu. Este trabalho enfoca a revisão da Formação Missão Velha, na área-tipo, por meio de análise de fácies, elementos arquiteturais, sistemas deposicionais e paleocorrentes. As fácies foram identificadas segundo a litologia predominante, geometria dos corpos, estruturas sedimentares e padrão de paleocorrentes. As principais fácies reconhecidas foram: (i) arenitos grossos a conglomeráticos, arco-seanos, localmente conglomerados de seixos, com abundantes troncos fósseis silicificados, formando ciclos granodecrescentes, diversas estratificações cruzadas acanaladas de grande e médio portes e geometria predominantemente lenticular; (ii) arenitos grossos a médios com grânulos, feldspáticos, localmente conglomeráticos de seixos, com abundantes troncos fósseis silicificados, formando ciclos granodecrescentes, com estratificações cruzadas acanaladas de médio e grande porte e geometria lenticular, (iii) arenitos médios com seixos esparsos, mal selecionados, com estratificação plano-paralela, e (iv) arenitos finos a muito finos, silticos, tabulares, bem estratificados, intercalados com (v) camadas

decimétricas de horizontes pelíticos com estratificação plano-paralela e com laminações cruzadas cavalgantes. Como característica comum destas fácies temos: granodecrescência ascendente, presença de camadas delgadas mais grossas, ocorrência de seixos esparsos subangulosos, truncamentos entre estratos cruzados (diastemas) e estratificação bem marcada. Estruturalmente, as camadas apresentam mergulho predominantemente para sul e sudeste. As paleocorrentes medidas possuem padrão de dispersão para SE e E e, subordinadamente, para SW. As fácies descritas foram interpretadas como geradas por sistemas aluviais representados por (i) sistemas fluviais entrelaçados de alta energia com as seguintes características: ciclos granodecrescentes, estratificações cruzadas acanaladas, truncamentos entre estratos cruzados, presença de corpos de arenitos de geometria lenticular, feições canalizadas, seixos esparsos e por (ii) sistemas fluviais meandantes pela presença de depósitos de planície de inundação (argilitos e outros sedimentos finos), de *crevasse splays* e de barras em pontal que os caracterizariam. Podem ocorrer também fácies de dunas eólicas geradas pelo retrabalhamento de depósitos aluviais.

**Palavras chave:** Bacia do Araripe, Formação Missão Velha, fácies, sistemas deposicionais

## ABSTRACT

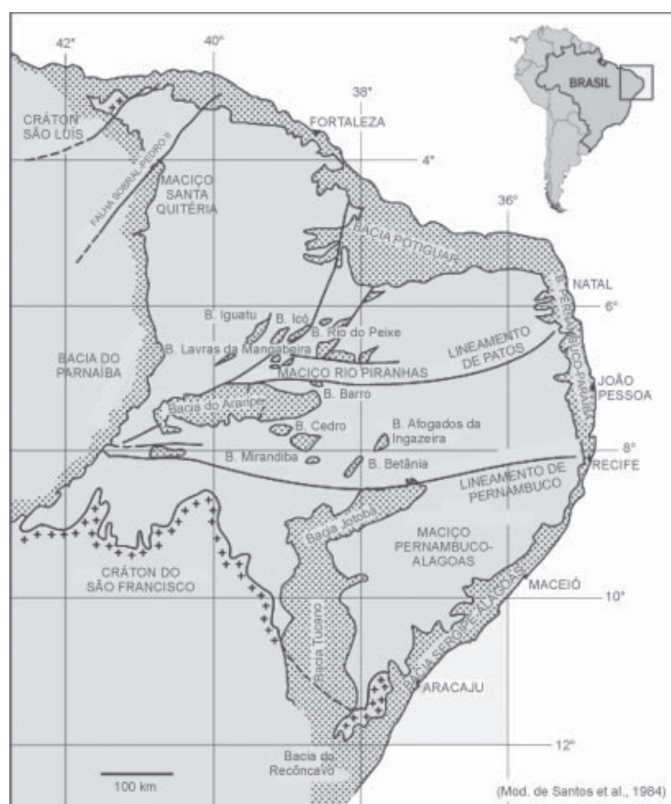
The Araripe Basin represents the most complete interior basin of the northeastern Brazil. The origin and geological evolution of the Araripe Basin are related to tectonic events that result in the Gondwana Supercontinent breakup, and also to the opening of the South Atlantic Ocean. The Araripe Basin involves four depositional sequences, namely: (i) synclisis sequence, formed by Mauriti Formation represented by large coarse-to-medium fining-upward sandstones; (ii) pre-rift sequence of Upper Jurassic age, composed by Brejo Santo and Missão Velha formations, available at horstes and grabens in two main sub-basins separated by the structural high of Dom Leme: Cariri at East and Serrolândia to the West; (iii) rift sequence formed solely by Abaiara Formation (Neocomian age); (iv) post-rift sequence, separated into two rift depositional sequences, post rift I sequence aged Aptian-Albian, constituted by the Rio da Batateira, Crato, Ipubi and Romualdo formations, and post rift II sequence, Albian-Cenomanian age, characterized by alluvial sediments of Arajara and Exu Formations. This paper focuses on revision of the Missão Velha Formation in the type-area through facies analysis, architectural elements, depositional systems and palaeocurrent data. The facies were identified in accordance with the predominant lithology, geometry of rock bodies, main sedimentary structures and palaeocurrent pattern. The main facies recognized can be summarized: (i) the coarse-grained feldspathic conglomeratic sandstones, locally pebbly conglomerates, with abundant silicified fossil trunks, organized in fining-upward cycles and several large-to-medium though cross-stratifications and predominantly lenticular geometry; (ii) lenticular coarse-to-medium arkosic sandstones with some granules, locally pebbly conglomerates, with abundant silicified fossil wood and trunks, arranged in fining-upward cycles; the main sedimentary structures are large-to-medium though cross-stratifications, cut-and fill and mud drapes at the foreset of cross-strata, (iii) poorly sorted medium-grained sandstones with sparse pebbles and with horizontal stratification, (iv) fine to very fine siltic sandstone, well stratified and laminated, interlayered with (v) decimetric pelithic layers with parallel stratification and climbing-ripple cross-lamination. Common features of these facies are: fining-upward cycles, presence of thin layers, subangular sparse pebbles, truncate cross-strata (diasthems) and well marked stratification. The layers dip predominantly towards south and southeast. The palaeocurrent measurements have a dispersion pattern to SE and SW. The facies described above were interpreted as generated by alluvial systems represented by (i) high energy braided river systems interlaced with the following characteristics: fining-upward cycles, though cross-strata, channelized features, truncate cross-strata (diasthems), presence of sandstone lenticular geometry, channeled sandstones, sparse pebbles and (ii) meandering river systems by the presence of flood plain deposits (claystones and other fine deposits), crevasse splays and point bars deposits. Aeolian dunes generated by the reworking of alluvial deposits also occur.

**Keywords:** Araripe Basin, Missão Velha Formation, facies, depositional systems

## INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe constitui-se na mais completa e complexa das bacias interiores do NE do Brasil (Fig. 01). A origem e a evolução da Bacia do Araripe relacionam-se com os eventos tectônicos que resultaram na ruptura e fragmentação do Supercontinente Gondwana e na abertura do Oceano Atlântico Sul (Matos 1999, Assine 2007), apesar da evolução policíclica aventada por alguns autores para a bacia (e.g. Brito-Neves 1990, Hessel & Freitas 2009). 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 bacia. O em-

pilhamento sedimentar comporta quatro seqüências deposicionais: (i) *seqüência sinéclise*, constituída pela Formação Mauriti; (ii) *seqüência pré-rifte*, de idade jurássica, composta pelas formações Brejo Santo e Missão Velha, dispõe-se em horstes e grabens em duas sub-bacias principais separadas pelo alto de Dom Leme: Cariri e Serrolândia; (iii) *seqüência rifte*, constituída unicamente pela Formação Abaiara; (iv) *seqüência pós-rifte*, separada em duas (Assine 2007, Araujo *et al.* 2008), pós-rifte I, de idade aptiano-albiana, constituída pelas formações Rio da Batateira, Crato, Ipubi e Romualdo, e pós-rifte II, de idade albiano-cenomaniana, acha-se caracterizada por sedimentos aluviais das formações Arajara e Exu.



**Figura 1** - Esquema das bacias sedimentares do Nordeste do Brasil com destaque para as Bacias Interiores. Modificada de Arai (2006).



A coluna estratigráfica da Bacia do Araripe é algo controversa, não havendo consenso nas proposições. A Formação Missão Velha apresenta, igualmente, várias propostas estratigráficas distintas quanto à posição estratigráfica, espessura, abrangência e conteúdo litológico, razão principal da revisão aqui desenvolvida. No entanto, as propostas estratigráficas de Ponte & Appi (1990) e de Assine (1992), bem elaboradas e influentes, apresentam resultados bastante sólidos para o empilhamento sedimentar da bacia, particularmente para o intervalo de abrangência deste trabalho (Formação Missão Velha), o qual foi adotado. Neste trabalho, ao nível da bacia, a classificação estratigráfica de Neumann (1999) e de Neumann & Cabrera (1999) foi seguida, pois com relação à Formação Missão Velha segue a proposta de Ponte & Appi (1990) e de Assine (1992).

A Formação Missão Velha constitui-se, de acordo com a proposta de Ponte & Ponte Filho (1996<sup>a,b</sup>), em unidade arenosa principal da denominada Depressão Afro-Brasileira, conjunto de bacias e embacia-

mentos que caracterizaram o Jurássico Superior no início da fragmentação do Supercontinente Gondwana e que apresentam registros em várias bacias do Nordeste do Brasil (Ponte 1994). De acordo com estes autores a Formação Missão Velha representaria a fase pré-rifte na evolução das bacias da Depressão Afro-Brasileira.

Este trabalho enfoca a revisão da Formação Missão Velha por meio de análise de fácies e elementos arquiteturais, interpretação de sistemas deposicionais e medidas de paleocorrentes. A Formação Missão Velha (Fig. 2) compreende uma sucessão sedimentar dominada por arenitos, com rochas mais finas subordinadas, aflorante no Vale do Cariri, porção leste da Bacia do Araripe. A exposição natural mais conhecida da unidade, famosa pela abundância de troncos fósseis silicificados, a localidade-tipo (Ponte & Appi 1990), ocorre no sítio geológico da Grota Funda (Fig. 3), que foi objeto de análise de fácies e de sistemas deposicionais, assim como a região em torno, a área-tipo da Formação Velha.

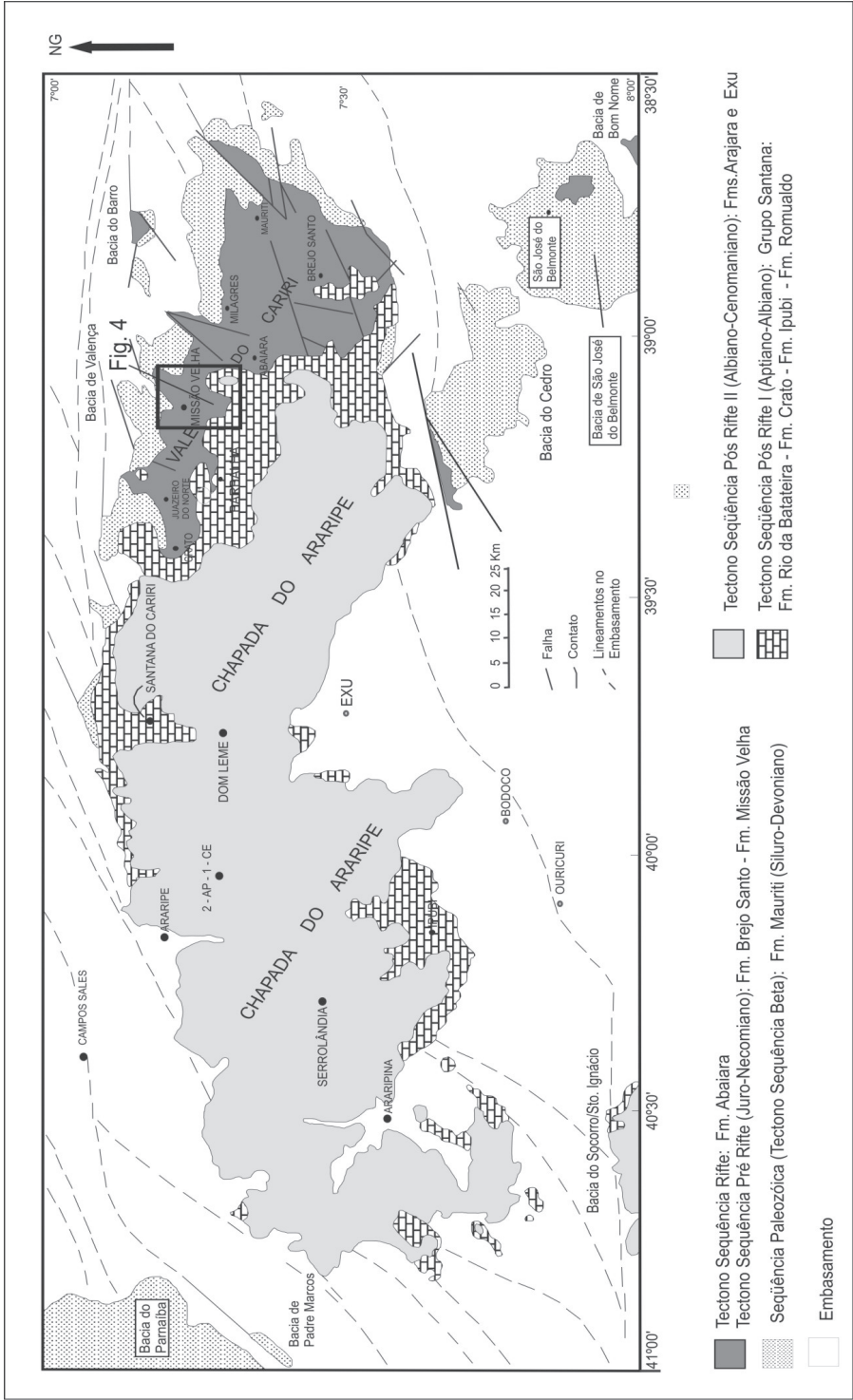


Figura 2 - Mapa Geológico da Bacia do Araripe (modificado de Assine 1992).



Figura 3 - Fotomontagem do afloramento da Grota Funda, seção-tipo da Formação Missão Velha (seta aponta escala).

## CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Bacia do Araripe situa-se sobre terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal da Província Borborema (Brito-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 através de suas características litoestruturais e geocronológicas, sendo eles: Médio Coreau, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Zona Transversal (ou Domínio Central), Domínio Sul e Cratón 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 Oricuri-PE até Piancó-PB, com direção aproximadamente NE-SW. Este 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.

A bacia assenta-se sobre rochas metamórficas do Terreno Piancó-Alto Brígida. Esta faixa é composta por dois grupos (Gomes *et al.* 1981): Grupo Cachoeirinha,

constituído por filitos e mica xistos de baixo grau, metagrauvascas, quartzitos, metavulcânicas ácidas, formações ferríferas, metacarbonatos e metaconglomerados, e Grupo Salgueiro composto de micaxistos de fácies anfibolito, paragneisses, mármore, quartzitos, anfibolitos e metavulcânicas ácidas.

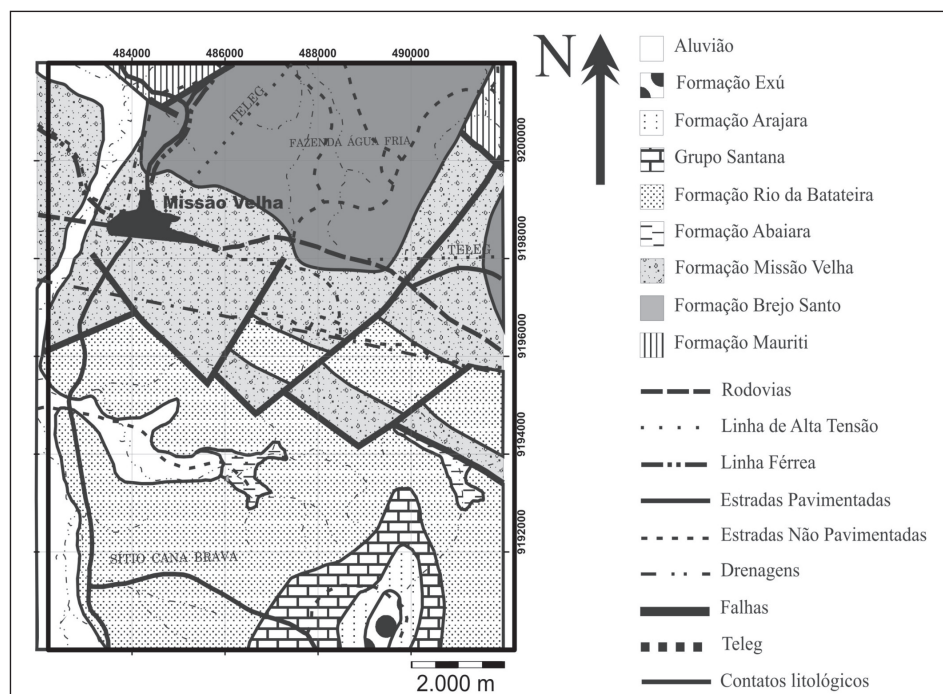
A Bacia do Araripe apresenta estruturação segundo as direções NE-SW a E-W e, subordinadamente, NW-SE, coincidentes com descontinuidades do embasamento pré-cambriano, reaproveitadas para a instalação da BA (Brito-Neves 1990, Matos 1992, Ponte & Ponte Filho 1996<sup>a,b</sup>). Na Bacia do Araripe são encontradas quatro principais seqüências deposicionais limitadas por discordâncias de caráter regional que atestam a superposição de bacias originadas em contextos tectônicos distintos (Assine 1990, 1992, Ponte & Ponte Fo. 1996, Neumann & Cabrera 1999, Assine 2007, Fambrini *et al.* 2007, 2008, Hessel & Freitas 2009), a saber: (i) *seqüência sinéclise*, constituída pela Formação Mauriti representada por arenitos médios a grossos granodécrescentes; (ii) *seqüência pré-rifte*, de idade jurássica, composta pelas formações Brejo Santo e Missão Velha, dispõe-se em horstes e grabens em duas sub-bacias

principais separadas pelo alto de Dom Leme: Cariri a leste e Serrolândia a oeste; (iii) *seqüência rifte*, constituída unicamente pela Formação Abaiara de idade neocomiana formada por sucessão de arenitos descontínuos lateralmente intercalados em folhelhos variegados calcíferos, (iv) *seqüência pós-rifte*, separada em duas, pós-rifte I e II (Araujo *et al.* 2008). A seqüência pós-rifte I, de idade aptiano-albiana, registra o início e a principal fase pós-rift da bacia, sendo constituída pelas formações Rio da Batateira, Crato, Ipubi e Romualdo, que denota intervalo de tempo pequeno de um ciclo transgressivo-regressivo com ingresso marinha onde ocorre camada repleta de concreções carbonáticas fossilíferas e jazidas de gipsita (evaporitos); por fim, seqüência pós-rifte II, de idade albiano-cenomaniana, acha-

se caracterizada por sedimentos aluviais das formações Arajara e Exu, indicativos de reativação tectônica nesse intervalo de tempo. Com relação à litoestratigrafia adotou-se neste trabalho a proposta de Neumann (1999) e de Neumann & Cabre-  
ra (1999).

## MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

O estudo da área-tipo da Formação Missão Velha baseou-se no mapeamento geológico 1:50.000 da unidade na Bacia do Araripe, fundamentado na descrição detalhada de mais de 100 afloramentos em três etapas de campo, além da interpretação de imagens de satélite da EMBRAPA e fotografias aéreas da CPRM (escalas 1:65.000 e 1:40.000), que resultaram no mapa geológico da Fig. 4.



**Figura 4** - Mapa Geológico da área-tipo da Formação Missão Velha na Bacia do Araripe (Tesser Jr. 2008).

Os trabalhos de mapeamento foram acompanhados por (i) levantamentos estratigráficos de detalhe, como confecção de seções colunares medidas tipo Selley; (ii) análises de fácies sedimentares; (iii) estabelecimento de fácies sedimentares segundo a proposição de Miall (1978), e de elementos arquiteturais conforme Miall (1985, 1991, 1996) e Miall & Tyler (1991) e por meio da elaboração de painéis fotográficos (mosaicos) com base em Sgavetti (1991) e Wisevic (1991); (iv) coleta de medidas de paleocorrentes ao longo de cada seção levantada e, por fim, (v) análises petrográficas, não inclusas nesse trabalho. A interpretação dos sistemas deposicionais, com base em Walker (1992), Reading (1996) e Davies & Gibling (2003), o reconhecimento dos padrões de empilhamento e a caracterização das principais unidades litoestratigráficas levaram à interpretação de sistemas deposicionais (de acordo com Schanley & McCabe 1994) e à proposição da evolução estratigráfica da Formação Missão Velha aqui apresentada.

A análise de paleocorrentes baseou-se na medição sistemática de estruturas sedimentares indicadoras de paleofluxo, principalmente estratificações cruzadas acanaladas e tabulares conforme trabalhos de Miall (1974, 1996, 2000) e de Assine (1994). Os dados coletados foram corrigidos de forma a se restabelecer a posição original de cada plano ou eixo antes da deformação e conseqüente basculamento das camadas, quando necessário.

#### **FORMAÇÃO MISSÃO VELHA – BREVE HISTÓRICO E PROPOSTA ESTRATIGRÁFICA DESTA TRABALHO**

O termo Formação Missão Velha foi introduzido por Beurlen (1962, 1963) para englobar todo o pacote sedimentar

correlativo ao “Arenito Inferior” de Small (1913). Este autor propôs a primeira divisão estratigráfica da Bacia do Araripe (Tabela 1) separando o pacote sedimentar em “Conglomerado Basal” (Formação Mauriti), “Arenito Inferior” (equivalente às formações Brejo Santo, Missão Velha, Abaiara e Rio da Batateira), Calcários de Santana (Formação Santana) e Arenito Superior (Formação Exu). Nos trabalhos de Beurlen (1962, 1963) o autor discriminou as áreas de ocorrência, composição litológica, variações de fácies e notou a presença abundante de troncos fósseis *in situ*. A Formação Missão Velha, na concepção original de Beurlen, incluía na parte inferior arenitos com estratificações cruzadas; 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, ainda, a unidade de idade neocomiana. Assim, a Formação Missão Velha conforme Beurlen (1962, 1963) teria abrangência estratigráfica muito ampla.

Logo depois, Gaspary & 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. Os pelitos basais foram denominados pelos autores de Formação Brejo Santo, restringindo assim a definição original de Beurlen (1962, 1963). De acordo com esta nova proposição os autores situaram cronoestratigraficamente ambas unidades no Jurássico Superior.

Pouco depois, Braun (1966) empregou para esta unidade a designação de Formação Sergi do Grupo Brotas, correlata das bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. Desta feita, os pelitos basais relacionados à Formação Brejo Santo por

Gasparly & Anjos (1964) foram correlacionados à Formação Aliança do mesmo grupo. E para os arenitos com madeira silicificada e troncos fósseis o autor atribuiu a denominação Formação Sergi, emprestada igualmente das bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. Com isso, Braun restringiu assim ainda mais a abrangência desta unidade litoestratigráfica. No entanto, Braun (1966) não percebeu que, através desta correlação com as formações

Aliança e Sergi, eliminou toda a parte superior da Formação Missão Velha, conforme originalmente sugerida por Small (1913) e formalmente proposta por Beurlen (1962). Esta proposição estratigráfica foi seguida por Mabesoone & Tinoco (1973), Lima (1978<sup>a</sup>, 1979) e Silva (1983, 1986) (Tabela 1).

Beurlen (1971) manteve sua definição original de 1962 para a Formação Missão Velha.



**Tabela 1** – Quadro comparativo com as principais propostas estratigráficas formuladas para a Bacia do Araripe (modificada de Lima 1979 e Assine 1992).

[illegible]



Proposições modificadoras da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe e, em especial, da Formação Missão Velha, somente vieram à tona no final da década de 1980 (Ghignone *et al.* 1986, Berthou *et al.* 1988) e, principalmente, no início da década de 1990 (Ponte *et al.* 1990, Berthou 1990, Cavalcante & Viana 1992, Ponte & Appi 1990, Assine 1990, 1992, Martill 1993).

Dentre estas propostas merece destaque o trabalho de Ponte & Appi (1990) no qual realizaram profunda revisão da coluna litoestratigráfica da bacia. No que se refere à Formação Missão Velha, os autores separaram em três unidades o conjunto de arenitos e, subordinadamente, conglomerados e pelitos sobrejacentes à Formação Brejo Santo. Para a porção inferior mantiveram a denominação tradicional Formação Missão Velha ao se referirem aos arenitos grossos portadores de troncos e madeira fósseis silicificados posicionando-os no Andar Dom João. Para a parte intermediária atribuíram a denominação Formação Abaiara para reunir sucessão de arenitos finos a médios com intercalações de siltitos e folhelhos que apresentam ostracodes fósseis típicos das biozonas indicativas dos andares Rio da Serra/Aratu, ou seja, do Neocomiano. Para o topo da unidade designaram de Formação Rio da Batateira ao conjunto sedimentar constituído por arenitos médios a finos intercalados com folhelhos negros a cinza, onde se destaca nível delgado de folhelho betuminoso (Camadas Batateira de Hashimoto *et al.* 1987). Esta unidade foi posicionada no Andar Alagoas (Aptiano Superior) através de datações por polens e ostracodes. A Formação Missão Velha nesta proposição apresentaria como seção-tipo afloramento distante 6 km da cidade de Abaiara conhecido como Morro do Cruzeiro.

Outra proposta litoestratigráfica digna de nota é o trabalho de Assine (1992).

De acordo com este autor a Formação Missão Velha envolve única e exclusivamente os arenitos com madeira silicificada, situados logo acima dos folhelhos da Formação Brejo Santo.

Conforme demonstrado na Tabela 1, o contato entre as formações Brejo Santo e Missão Velha é concordante, segundo Assine (1990, 1992) marcado por uma passagem gradual de fácies pelíticas avermelhadas para fácies psamíticas sobrepostas, que denotam pouca variação granulométrica na vertical, ilustrada pelo padrão em caixa observado no intervalo 837 a 1.023m do poço estratigráfico 2-AR-I-CE (Assine, 1992). Deste modo, a Formação Missão Velha, na concepção de Assine (1992), comportaria arenitos finos na base que gradam para arenitos médios até grossos nas partes superiores, cuja espessura é de cerca de 200m, mantendo-se constante ao longo da bacia. Tal homogeneidade litológica, de acordo com o autor, é também observada na área de afloramentos ao longo do Vale do Cariri, onde a unidade caracterizar-se-ia por arenitos quartzosos, ligeiramente feldspáticos e/ou caolínicos, às vezes conglomeráticos, portadores de abundantes troncos e fragmentos de madeira silicificada, tentativamente atribuídos à conífera *Dadoxylon benderi* por Brito (1987), Ponte *et al.* (1990) e, mais recentemente, Freitas *et al.* (2008). Os arenitos contêm estratos comumente decimétricos, com estratificações cruzadas tabulares ou acanaladas na maior parte das vezes (Assine, 1990, 1992). Por vezes, níveis descontínuos, decimétricos a métricos, de siltitos arroxeados podem ocorrer intercalados. O perfil estratigráfico vertical, mostrando granocrescência ascendente gradual dos pelitos avermelhados da Formação Brejo Santo para os arenitos da Formação Missão Velha, permite interpretar um empilhamento sedimentar progradante, onde lagos rasos e/ou planícies aluviais distais úmidas foram colmatadas

por sistemas fluviais, através de rios entrelaçados de pequeno a médio porte, mas de alta energia a julgar pela composição litológica e dimensões dos estratos. Ponte (1991) admitiu como sistema deposicional gerador dos arenitos da Formação Missão Velha um sistema fluvial predominantemente entrelaçado (na revisão de sistemas fluviais de Lavina, 1984 e anastomosado (?) típico para Ponte, 1991), cuja progradação sobre as áreas lacustres teria incitado seu assoreamento. Este autor sugeriu a predominância de climas mais úmidos no ambiente deposicional, com base na abundância de troncos silicificados significando a presença de florestas nas áreas fontes.

Estes sedimentos correlacionam-se, ao nível regional, com aqueles das formações Sergi, da Bacia do Recôncavo-Tucano (Brito, 1987, Ponte, 1991, 1994, Assine 1992, Valença *et al.* 2003, Arai 2006), e Serraria, da Bacia de Sergipe-Alagoas (Assine 1992, Da Rosa & Garcia 2000, Arai 2006).

Recentemente Assine (2007) e Araújo *et al.* (2008) propuseram a redefinição da Formação Abaiara na qual incluíram exposições da Formação Missão Velha tais como a da Grota Funda, uma das mais tradicionalmente relacionadas à unidade, e do Morro do Cruzeiro. Argumentaram os autores que a presença de troncos fósseis silicificados não definem a unidade, pois estes poderiam ser retrabalhados e se depositarem nos arenitos da Formação Abaiara. No entanto, os autores não cartografaram individualmente as unidades Missão Velha e Abaiara e nem demonstraram a nova redefinição litoestratigráfica através de datações bioestratigráficas.

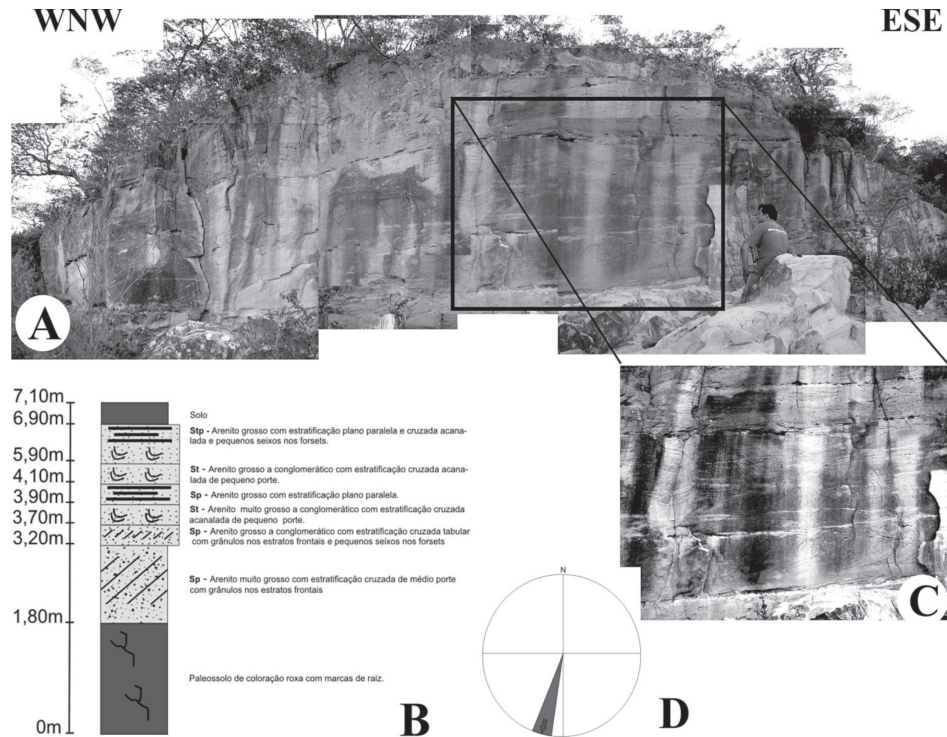
Mais recentemente ainda, Freitas *et al.* (2008) mantiveram a definição de Formação Missão Velha relacionada à presença de corpos de arenitos variados que portam troncos fósseis. E Fambrini *et al.* (2009) elaboraram análise de fácies, paleo-

ocorrentes e sistemas deposicionais para individualizar as unidades Missão Velha e Abaiara, seguindo a proposição de Ponte & Appi (1990), Assine (1992) e Freitas *et al.* (2009). Tentativamente os autores individualizaram ambas unidades em mapa com base em critérios estratigráficos, paleontológicos, de paleocorrentes e de sistemas deposicionais (Figura 04).

Neste trabalho, foi adotada a definição de Formação Missão Velha de Ponte & Appi (1990), seguida por Assine (1992), Neumann (1999), Neumann & Cabrera (1999) e revisada por Arai (2006), na qual esta unidade é constituída predominantemente por corpos arenosos amalgamados, lateralmente contínuos e portadores de abundantes troncos fósseis, onde os pelitos subordinam-se (Fambrini *et al.* 2009). Isto fica evidenciado nos novos cortes da construção da Ferrovia Transnordestina, não abordados neste artigo.

## ANÁLISE DE FÁCIES SEDIMENTARES E ELEMENTOS ARQUITETURAIS

A análise de fácies sedimentares, conjugada com a análise de sistemas deposicionais discutida a seguir, proporcionou melhor compreensão da distribuição e da evolução das rochas sedimentares da Formação Missão Velha, tendo sido realizado o detalhamento dos conjuntos previamente identificados, o reconhecimento de alguns sistemas deposicionais de menor abrangência anteriormente não observados e uma correlação mais clara das transições laterais dos sistemas deposicionais. Nesse sentido, o afloramento da Grota Funda (Fig. 3) foi analisado em detalhe através de montagem de painel fotográfico (Fig. 5A), levantamento de seção colunar de detalhe (Fig. 5B) e análise e interpretação das fácies com coleta de medidas de paleocorrentes (Fig. 5C).



**Figura 5** - Afloramento da Grotta Funda, seção-tipo da Formação Missão Velha. A: Fotomontagem de detalhe do afloramento, B: Seção colunar do afloramento (modificada de Tesser Jr. 2008), C: Detalhe de A (arenitos exibindo estratificações cruzadas), onde se coletou medidas de paleocorrentes (D) em estratos cruzados tabulares e acanalados.

As principais fácies reconhecidas foram: (i) Fácies Ce: fácies de Conglomerados Estratificados composta por conglomerados com estratificação plano-paralela; (ii) Fácies Acg: fácies de Arenitos Conglomeráticos formada de arenitos grossos a conglomeráticos com estratificações cruzadas acanaladas e plano-paralela e abundantes fósseis de troncos e madeira silicificados; (iii) Fácies Aa: fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Acanalada composta de arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas acanaladas; (iv) Fácies At: fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Tabular composta de arenitos médios com seixos esparsos, mal selecionados, com estratificações cruzadas

tabulares; (v) Fácies Ap: fácies de Arenitos com Estratificação Plano-Paralela constituída de arenitos médios com seixos esparsos, mal selecionados, com estratificação plano-paralela; (vi) Fácies Ac: fácies de Arenitos com Laminações Cruzadas Cavalgantes formada por arenitos finos a muito finos, silticos, tabulares, bem estratificados, intercalados com horizontes pelíticos, camadas decimétricas, com estratificação plano-paralela e com laminações cruzadas cavalgantes; (vii) Fácies Ad: fácies de Arenitos Finos com estruturas de deformação como laminações convolutas; (viii) Fácies Sl: fácies de Siltitos e Arenitos Finos Laminados composta por interestratificações de arenitos finos a muito finos bem lami-

nados e siltitos (ix) Fácies Fl: fácies de Argilitos Laminados; (x) Fácies Fsm: fácies de Argilitos Maciços; (xi) Fácies P: Fácies de Paleossolo e (xii) Fácies Ar: fácies de Arenitos Finos a Médios sílticos, com estratificações cruzadas truncantes de baixo-ângulo gerados por retrabalhamento eólico de sedimentos fluviais.

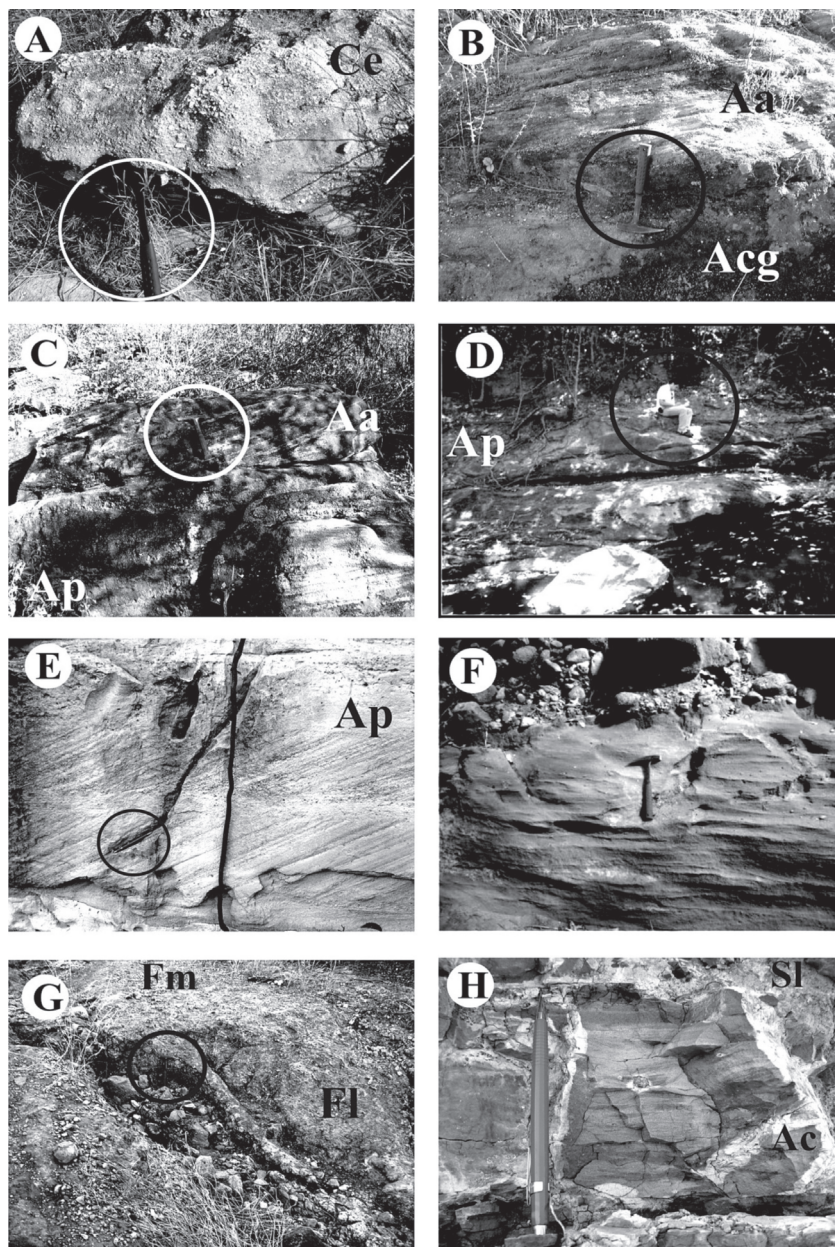
As fácies distinguidas estão sumariadas na Tabela 2 e estão descritas pormenorizadamente a seguir.

*Fácies de Conglomerados Estratificados (Fácies Ce)*

Esta fácies compõe-se de conglomerados finos estratificados (arcabouço constituído predominantemente por seixos de até 7 cm de diâmetro máximo) dispostos em camadas lenticulares delgadas

(até 30cm), sustentados pelo arcabouço, cujos clastos são subangulosos a subarredondados (Fig. 6A). Nos níveis conglomeráticos até seixos, os fragmentos detríticos compõem-se de quartzo leitoso, quartzo cinza, fragmentos líticos, além de troncos fósseis silicificados, inclusive existindo particularmente um de grandes dimensões, aproximadamente 1,70x1,40 m, na exposição natural da localidade de Grota Funda. A matriz consiste de arenito grosso arcoseano, mal selecionado. Esta fácies subordina-se às fácies Aa e Acg, adiante discutidas. A Fácies de Conglomerados Estratificados (Fácies Ce) é interpretada como depósitos de correntes aquosas em barras longitudinais fluviais segundo os preceitos de Miall (1977, 1996).





**Figura 6** – fácies identificadas e descritas na área-tipo da da Formação Missão Velha. (A) fácies Ce conglomerados estratificados (B) fácies Aa e Acg arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificações cruzadas acanaladas, (C) fácies Aa arenitos com estratificações cruzadas acanaladas, (D) fácies Ap arenitos com estratificação plano-paralela, (E) fácies At arenitos com estratificações cruzadas tabulares, (F) fácies Sl arenitos e siltitos, bem estratificados, intercalados com (G) horizontes pelíticos (fácies Fsm e Fl), argilitos maciços ou com laminação plano-paralela e (H) fácies Ac arenitos com laminações cruzadas cavalgantes. Círculos indicam escala.

*Fácies de Arenitos Conglomeráticos (Fácies Acg)*

A Fácies de Arenitos Conglomeráticos (Fácies Acg) é a mais bem exposta na área-tipo da Formação Missão Velha, assim como também a Fácies Aa, abaixo definida. Esta fácies (Acg) é formada por arenitos grossos a conglomeráticos de grânulos até seixos, quartzosos, feldspáticos a arcoseanos, localmente conglomerados de seixos, de coloração amarelo esbranquiçada, com abundantes troncos fósseis silicificados, formando ciclos granodecrescentes (Fig. 6B). A geometria dos corpos de arenitos é predominantemente lenticular, onde os pacotes arenosos acham-se amalgamados.

Como estruturas sedimentares ocorrem diversas estratificações cruzadas acanaladas de pequeno e médio portes, estruturas de corte e preenchimento e com concentração de clastos bem arredondados a subangulosos nos estratos frontais das estratificações. É comum a presença de níveis lenticulares de seixos na base das camadas ou dos estratos cruzados. Ocorrem como delgados pacotes homogêneos, freqüentemente com bolsões conglomeráticos marcando base erosiva. Representa depósitos de dunas subaquáticas de regime de fluxo inferior em canais fluviais entrelaçados de acordo com os princípios de Miall (1977, 1981, 1996).

**Tabela 2** – Resumo das principais fácies da Formação Missão Velha na região homônima, Bacia do Araripe. Esquema de fácies a partir de Miall (1978, 1996), siglas entre parêntesis em inglês.

| Código         | Litofácies                                                        | Descrição e estruturas sedimentares                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Interpretação                                                                                                                                                    |
|----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ce (Gs)</b> | Conglomerados com estratificação plano-paralela                   | Conglomerados de seixos, organizados em camadas lenticulares delgadas (até 30cm), sustentados pelo arcabouço da granulometria seixo ( $\phi_{\text{máx.}} = 7\text{cm}$ ), cujos clastos são subangulosos a sub-arredondados.                                                                                                                                                                                                                                             | Depósitos de correntes aquosas em barras longitudinais fluviais.                                                                                                 |
| <b>Acg</b>     | Arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas acanaladas | Arenitos grossos a médios, arcoseanos, conglomeráticos de grânulos, formando ciclos granodecrescentes, mal selecionados, com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno e médio porte, geralmente com abundantes troncos fósseis silicificados e com concentração de clastos bem arredondados a subangulosos nos estratos frontais das estratificações. Ocorrem como delgados pacotes homogêneos, freqüentemente com bolsões conglomeráticos marcando base erosiva.   | Depósitos de dunas subaquáticas de regime de fluxo inferior em canais fluviais entrelaçados                                                                      |
| <b>Aa (St)</b> | Arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas acanaladas | Arenitos grossos a médios com grânulos, feldspáticos, mal selecionados, geometria lenticular, com abundantes troncos fósseis silicificados, formando ciclos granodecrescentes, com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno e médio porte, geralmente com concentração de clastos bem arredondados a subangulosos nos estratos frontais das estratificações. Ocorrem como espessos pacotes homogêneos, comumente com bolsões conglomeráticos marcando base erosiva. | Migração de formas de leito 3D, Depósitos de dunas subaquáticas de cristas sinuosas em regime de fluxo inferior em canais fluviais entrelaçados de alta energia. |
| <b>At (Sp)</b> | Arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas tabulares  | Arenitos grossos a médios, feldspáticos, com seixos esparsos, mal selecionados, com estratificações cruzadas tabulares de médio ângulo, em camadas normalmente lenticulares de pequeno e médio porte.                                                                                                                                                                                                                                                                     | Depósitos de barras longitudinais de correntes fluviais de rios entrelaçados, associados com arenitos da fácies <b>Aa</b> ou de ocorrência isolada.              |



|                 |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ap (Sh)</b>  | Arenitos grossos a médios com estratificação plano-paralela                                      | Arenitos grossos a médios, excepcionalmente finos, geralmente micáceos e arcoseanos, bem estratificados, dispostos em camadas normalmente tabulares de espessuras decimétricas. Além da estratificação plano-paralela, apresentam freqüentemente níveis centimétricos de seixos pequenos e grânulos na base das camadas que originam gradação normal. | Depósitos de fluxo laminar superior, associado a diversos processos conforme a associação de fácies em que se encontram.     |
| <b>Ac (Sr)</b>  | Horizontes heterolíticos, arenitos finos com laminações cruzadas cavalgantes e pelitos laminados | Camadas decimétricas de horizontes heterolíticos formados por interlaminações paralelas de arenitos finos com estratificação plano-paralela e com laminações cruzadas cavalgantes e pelitos com laminação plano-paralela.                                                                                                                             | Canais de “crevasses” gerados por canais secundários formados pelo rompimento de diques marginais                            |
| <b>Ad (Sd)</b>  | Arenitos finos com estruturas de deformação                                                      | Arenitos finos a silticos, geometria tabular, de espessura decimétrica (20-60cm), estratificados, com estruturas de deformação por sobrecarga tais como laminações convolutas e estruturas em chama ( <i>flame</i> )                                                                                                                                  | Ação de correntes subaquosas densas que provocaram deformação nas camadas não consolidadas de substrato fluvial.             |
| <b>Ar</b>       | Arenitos finos a médios com estratificações cruzadas truncantes                                  | Arenitos finos a médios, bem selecionados por nível, com estratificação cruzada de baixo-ângulo, truncantes, laminações granulométricas bimodais e laminações cavalgantes de baixo-ângulo                                                                                                                                                             | Depósitos de lençóis eólicos devido ao retrabalhamento de sedimentos fluviais                                                |
| <b>SI (Fl)</b>  | Siltitos e arenitos finos laminados                                                              | Siltitos e arenitos finos a muito finos muito micáceos, cuja estrutura principal é a laminação plano-paralela. Ocorrem em camadas geralmente tabulares, e raramente lenticulares, de espessura centimétrica a decimétrica.                                                                                                                            | Depósitos de correntes subaquáticas predominantemente de regime de fluxo inferior.                                           |
| <b>Fl (Fh)</b>  | Argilitos laminados                                                                              | Argilitos com laminação plano-paralela milimétrica demarcada por níveis esbranquiçados e acastanhados intercalados. Lâminas geralmente tabulares, e raramente lenticulares, de espessura centimétrica.                                                                                                                                                | Depósitos distais de planície de inundação sob ação de correntes subaquáticas predominantemente em regime de fluxo inferior. |
| <b>Fsm (Fm)</b> | Argilitos maciços                                                                                | Argilitos de coloração vermelho-lilás, maciços com níveis de paleossolos, bioturbações e marcas de raízes                                                                                                                                                                                                                                             | Depósitos distais de planície de inundação sob ação de suspensão.                                                            |
| <b>P</b>        | Pedogenética                                                                                     | Paleossolo de coloração lilás a púrpura, com diversas evidências de bioturbações, marcas de raízes e feições pedogenéticas                                                                                                                                                                                                                            | Presença de nível de exposição sub-aérea e pausa na sedimentação                                                             |

*Fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Acanalada (Fácies Aa)*

Juntamente com a Fácies Acg, a Fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Acanalada (Fácies Aa) é a mais bem exposta na área-tipo da Formação Missão Velha. Esta fácies compreende arenitos grossos a mé-

dios de geometria lenticular com grânulos, quartzosos, feldspáticos, localmente conglomeráticos de seixos e grânulos (arcabouço <50%), com má seleção granulométrica e mineralógica, cuja estrutura predominante são estratificações cruzadas acanaladas de médio e grande porte realçadas por clastos

dispostos nos estratos frontais das estratificações (*foresets*) (Fig. 6B e 6C). Nos estratos é muito abundante a presença de fósseis de troncos e madeira silicificada, por vezes constituindo concentração anômala como na exposição da Grotta Funda (Fig. 7). A sucessão sedimentar perfaz ciclos granode-

crescentes (Fig. 5B) de geometria tabular e grande persistência lateral. De forma localizada, estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte podem ocorrer. Nota-se, igualmente, a presença de fragmentos de argila orientados segundo as estratificações cruzadas acanaladas.



Figura 7 – Detalhe de tronco fóssil, feição muito conspícua na exposição da Grotta Funda.

*Fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Tabular (Fácies At)*

Esta fácies é constituída por arenitos médios a grossos, feldspáticos, com má seleção granulométrica, de coloração castanha a rosada, com estratificação cruzada tabular de médio ângulo, em camadas de pequeno e médio porte (Fig. 6E) de geometria tabular e grande persistência lateral. São interpretados como depósitos de migração de barras longitudinais de correntes fluviais de canais entrelaçados (Fig. 5D) de acordo com os preceitos de Miall (1977, 1981, 1996).

*Fácies de Arenitos com Estratificação Plano-Paralela (Fácies Ap)*

Esta fácies é formada de arenitos médios a finos com seixos esparsos, bem estratifi-

cados, mal selecionados, camadas decimétricas (30-75cm) de geometria tabular de grande persistência lateral, com estratificação plano-paralela bem conspícua (Fig. 6D).

*Fácies de Arenitos com laminações cruzadas cavalgantes (Fácies Ac)*

Esta fácies compreende delgados níveis recorrentes de arenitos finos a muito finos, sílticos a argilosos, ora tabulares, ora lenticulares bem estratificados, intercalados com horizontes pelíticos laminados (laminação plano-paralela), camadas decimétricas (15-30 cm), com laminações cruzadas cavalgantes (*climbing-ripples*) nos níveis de arenitos sílticos de porte centimétrico (Fig. 6H).

*Fácies de Arenitos Finos com estruturas de deformação (Fácies Ad)*

Esta fácies ocorre de maneira muito subordinada e abarcam arenitos finos a sílticos, geometria tabular, de espessura decimétrica (20-60cm), estratificados, com estruturas de deformação por sobrecarga. Ocorre intercalado com os arenitos conglomeráticos (Fácies B de Cavalcante & Vianna 1992). As estruturas deformacionais compreendem laminações contorcidas e estruturas de sobrecarga como estruturas em chama (*flames*). É interpretada como decorrente da ação de correntes subaquosas densas que provocaram sobrecarga e deformação nas camadas não consolidadas de leito fluvial.

*Fácies de Siltitos e Arenitos Finos Laminados (Fácies Sl)*

Intercalações de lâminas centimétricas de (i) arenitos finos a muito finos, sílticos a argilosos, tabulares, bem laminados e (ii) siltitos cinza esbranquiçado a ocre, laminados e (iii) camadas decimétricas (25-60

cm) de horizontes pelíticos de coloração vermelho marrom a arroxeada, com laminação plano-paralela (Fig. 6F).

*Fácies de Argilitos Laminados (Fácies Fl)*

Argilitos avermelhados a acastanhados com laminação plano-paralela milimétrica demarcada por níveis esbranquiçados e acastanhados intercalados, geralmente tabulares, e raramente lenticulares, de espessura centimétrica (Fig. 6G).

*Fácies de Argilitos Maciços (Fácies Fsm)*

Argilitos de coloração vermelho-lilás, maciços com níveis de paleossolos, bioturbações e marcas de raízes. São interpretados como depósitos distais de planície de inundação (Fig. 6G).

*Fácies Pedogenética (Paleossolo) (Fácies P)*

Paleossolo de coloração lilás a púrpura (Fig. 8), com diversas evidências de bioturbações, marcas de raízes e feições pedogenéticas. Indica a presença de nível de exposição sub-aérea e pausa na sedimentação.



**Figura 8 A,B** – Nível de paleossolo (P) em sistema fluvial da Formação Missão Velha.

*Fácies de Arenitos finos a médios com estratificações cruzadas truncantes (Fácies Ar)*

A Fácies de Arenitos finos a médios, bem selecionados por horizonte, com estratificações cruzadas truncantes apresenta arenitos finos a médios que portam estratifica-

ções cruzadas acanaladas de baixo-ângulo, truncantes, laminações granulométricas bimodais e laminações transladantes de baixo-ângulo indicativas de deposição por lençóis eólicos devido ao retrabalhamento de sedimentos fluviais (Fig. 9).



**Figura 9** – Fácies de Arenitos finos a médios (Ar) com estratificações cruzadas truncantes de provável origem eólica da Formação Missão Velha.



## **SISTEMAS DEPOSICIONAIS E PALEOCORRENTES**

A Tabela 3 sintetiza as associações de fácies encontradas e respectivos elementos arquiteturais da Formação Missão Velha na área-tipo. A associação de fácies de Arenitos Estratificados e Amalgamados (fácies Ce, Aa, At, Ap e Ad) indicam deposição em canais (elemento CH), lençóis de areia laminados (LS), barras cascalhosas (GB) e acreção a favor do fluxo em depósitos de canais fluviais entrelaçados, multiepisódicos, com sedimentação em lâmina d'água variável. A associação de fácies de Arenitos Tabulares Sobrepostos envolve o elemento arquitetural Lençóis de Areia Laminada (LS) denota depósitos desconfinados formados por fluxo superior por meio de inundações rápidas em planície aluvial arenosa. A associação de fácies de Arenitos em Lençóis Amalgamados (fácies Ce, Aa, At, Ap e Ar) sugere deposição em lençóis de areia laminados e formas de leitos arenosos (SB) em sistema fluvial en-

trelaçados de baixo confinamento, canais instáveis e raros depósitos de planície de inundação. Os depósitos finos de transbordamento (elemento FF com as Fácies Fsm e Fl) representam depósitos de planície de inundação ocorrentes em planície aluvial, com áreas alagadas e lagos temporários, provavelmente sistema fluvial meandran-te. Assim, as fácies e associações de fácies descritas foram interpretadas como geradas por sistemas aluviais representados por (i) sistemas fluviais entrelaçados de alta energia com as seguintes características: ciclos granodecrescentes, estratificações cruzadas acanaladas, truncamentos entre estratos cruzados, feições de corte e preenchimento (*cut-and-fill*), presença de corpos de arenitos de geometria lenticular, feições canalizadas, seixos esparsos e retrabalhamento eólico (Fácies Ar) e (ii) sistemas fluviais meandran-tes pela presença de depósitos de planície de inundação (folhelhos), de *crevasse splays* e de barras em pontal que os caracterizariam.

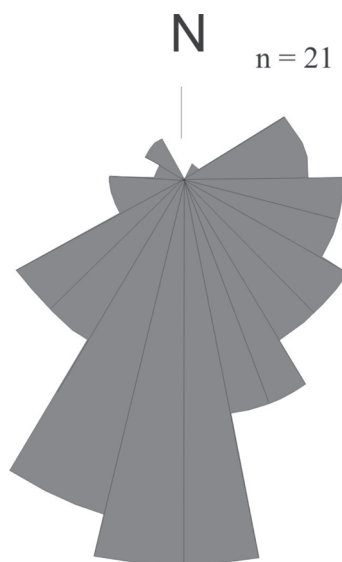


**Tabela 3** - Associações de fácies e respectivos elementos arquiteturais da Formação Missão Velha na região homônima, Bacia do Araripe.

| Associação de Fácies                                  | Assembléia Principal de Litofácies | Elementos Arquiteturais                                        | Geometria, relações e natureza dos contatos                                                                                                                                                      | Interpretação                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arenitos e Conglomerados Estratificados e Amalgamados | Cm, Ce, Acg, Aa, Ap, At, e Ad      | Canais, Lençóis de Areia Laminados, Barras Cascachosas         | Corpos amalgamados; tabulares a lenticulares; base erosiva, plana e côncava para cima, topo erosivo e plano; superfícies de erosão internas, formas variáveis                                    | Depósitos de Canais fluviais entrelaçados, episódicos, deposição com lâmina d'água variável                                                 |
| Arenitos em Lençóis Amalgamados                       | Ce, Acg, Aa, Ap, At, e Ac          | Barras e Formas de Leito Arenosas e Lençóis de Areia Laminados | Corpos de geometria tabular a lenticular, em forma de lente, cunha e lençol; base erosiva, plana e côncava para cima, topo plano e abrupto; preenchimento e rompimento de canais, topo de barras | Depósitos de sistema fluvial entrelaçado de baixo confinamento, canais instáveis pouco definidos e raros depósitos de planície de inundação |
| Arenitos Tabulares Sobrepostos                        | Acg, Ap, At, Ac e Fl               | Lençóis de Areia Laminada                                      | Corpos de geometria tabular, contato basal plano, topo plano e contato abrupto a gradacional                                                                                                     | Depósitos desconfinados formados por fluxo superior por meio de inundações rápidas em planície aluvial arenosa                              |
| Lentes de Arenitos Sobrepostos                        | Acg, Aa, At, Ap e Ac               | Canais de “crevasses”                                          | Corpos de geometria lenticular a sigmoidal, contato basal plano a côncavo, erosivo, de topo plano e contato abrupto a gradacional                                                                | Canais de “crevasses” gerados por canais secundários formados pelo rompimento de diques marginais                                           |
| Intercalações de Pelitos e Arenitos Finos Tabulares   | Ac, Sl, Fl, Fm                     | Finos de Transbordamento                                       | Corpos de geometria tabular, contato basal plano e abrupto, erosivo, de topo plano gradacional                                                                                                   | Depósitos de finos gerados por processos de suspensão em lagos temporários ou perenes em planície de inundação                              |
| Sedimentos Finos de Planície de Inundação             | Fl, Fm                             | Finos de Transbordamento                                       | Corpos de geometria tabular, contato basal plano e abrupto, topo plano a côncavo erosivo, gradacional                                                                                            | Depósitos de finos originados por processos de suspensão em ambiente de planície aluvial                                                    |
| Arenitos em Lençol                                    | Ar                                 | -                                                              | Geometria lenticular, interlaminções de arenito fino e médio com laminações transládantes, contato abrupto basal e de topo                                                                       | Depósitos de lençóis de areia eólicos devido ao re-trabalhamento de sedimentos fluviais arenosos                                            |

O padrão de paleocorrentes medido nas exposições investigadas é consistente para SW, S e SE (Fig. 10) em consonância com trabalhos anteriores (*e.g.* Assine 1994, Freitas *et al.* 2008). Nestes dados observa-se um ligeiro predomínio das medidas para SE e S, com ampla dispersão o que seria natural em se tratando de sistema fluvial.

As medidas sugerem áreas fontes situadas a NW, NE e N, ou seja, a norte da Bacia do Araripe ao longo da Zona de Cisalhamento de Patos, onde se situam os terrenos de relevo forte da Província Borborema alçados pela atuação das falhas constituintes zona de cisalhamento (Ponte & Ponte Filho, 1996<sup>a</sup>, Arai 2006).



**Figura 10** – Diagrama em roseta que exhibe padrão de dispersão de paleocorrentes medido em estratificações cruzadas acanaladas e tabulares nas exposições estudadas da Formação Missão Velha.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fácies e associações de fácies descritas na área-tipo da Formação Missão Velha foram interpretadas como geradas por sistemas aluviais representados por (i) sistemas fluviais entrelaçados de alta energia com as seguintes características: ciclos granodecrescentes, estratificações cruzadas acanaladas, truncamentos entre estratos cruzados, feições de corte e preenchimento (*cut-and-fill*), presença de corpos de arenitos de geometria lenticular, feições canalizadas, seixos esparsos e por (ii) sistemas fluviais meandrantés pela presença

de depósitos de planície de inundação (folhelhos), de *crevasse splay*s e de barras em pontal que caracterizariam sistema fluvial meandrante. A litologia predominante na Formação Missão Velha é constituída por arenitos de granulometria grossa a média, por vezes conglomeráticos, de coloração avermelhada, amarelada ou esbranquiçada, embora existam níveis argilosos (folhelhos) e de arenitos finos intercalados. As interdigitações entre corpos de folhelhos e arenitos podem ser interpretados como pequenas planícies de inundação em meio ao sistema fluvial entrelaçado, ou ainda re-

lacionados à implantação de sistemas fluviiais meandantes.

A Formação Missão Velha, conforme proposição deste trabalho, compreende várias fácies de litossomas arenosos de grande continuidade lateral, amalgamados ou interdigitados com folhelhos, e portadores de abundantes fósseis de troncos silicificados e de madeira, muitos em posição paralela à estratificação dos arenitos. Isto fica constatado por meio do estudo detalhado de afloramentos da região de Missão Velha, área-tipo da unidade homônima através de mapeamento geológico 1:50.000; interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas (escala 1:65.000 e 1:40.000); levantamentos estratigráficos de detalhe, como confecção de seções colunares medidas; análises de fácies sedimentares; estabelecimento de fácies sedimentares e de elementos arquiteturais por meio da elaboração de painéis fotográficos (mosaicos) e, por fim, coleta de medidas de paleocorrentes ao longo de cada seção levantada. A interpretação dos sistemas deposicionais, o reconhecimento dos padrões de empilhamento e a caracterização das principais unidades litoestratigráficas levaram à interpretação de sistemas deposicionais e à proposição da evolução estratigráfica da Formação Missão Velha aqui apresentada. Vale ressaltar que o padrão de paleocorrentes encontrado é consistente para SW, S e SE (Fig. 10) em consonância com trabalhos anteriores (e.g. Assine 1994, Freitas et al. 2008).

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi elaborado com auxílio financeiro do CNPq (Processo 476232/2006-6 concedido em nome de Gelson Luís Fambrini) a quem agradecemos o apoio e também a bolsa concedida (bolsa de produtividade de V.H.M.L. Neumann). O PRH-26/ANP/UFPE foi fundamental também pelo suporte financeiro e

pela concessão de bolsas à S. Tesser Jr. e Bruno Y.C. Souza. Agradecemos também à CPRM (Superintendências de Recife e de Fortaleza) pela cessão de fotografias aéreas e mapas. Ao LAGESE/DGEO/UFPE pelo apoio logístico e material. Agradecimentos são devidos também ao PPGEU – UFPE e ao Departamento de Geologia (CTG-UFPE). À revisora, Profa. Lucia Maria Mafra Valença (UFPE), e ao editor da Revista Estudos Geológicos, Prof. Gorki Mariano (UFPE), pelas sugestões formuladas que muito aperfeiçoaram o manuscrito original.

#### REFERÊNCIAS

- 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., Telles Jr., A.S. 2001. Síntese Bioestratigráfica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). In: Barros, L.M., Nuvens, P.C., Filgueira, J.B.M. (Org.) Coleção Chapada do Araripe n. 1. Crato, pp. 109-124.
- Araújo B.C., Morales N., Assine, M.L., Pellegrini B.S. 2008. Formação Abaíra da Bacia do Araripe: importante registro da fase rifte no interior do Nordeste do Brasil. In: Congr. Bras. Geol., 44. Curitiba, 2008. *Anais...* Curitiba, SBG, p. 120.
- Assine, M.L. 1990. *Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. Rio Claro. 124 p. (Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP).
- Assine M.L. 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, **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 Geoci. Petrobrás*, **15** (2): 371-389.

- Barros, F.C. 1963. Sobre a sistemática da Série do Araripe. *Rev. Eng. Min. Metal*, **218**:52.
- Berthou P. 1990. Le bassin d'Araripe et les petits bassins intracontinentaux voisins (N.E. du Brésil): formation et evolution dans le cadre de l'ouverture de l'Atlantique Equatorial. Comparaison avec les bassins ouest-Africains situés dans le même context. In: Simp. Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1., Crato, 1990. *Atas...*. Crato. DNPM/SBP/SBG., p. 113-134.
- Berthou, P.Y., Dephces, K., Campos, D.A., Herein, J.P., Pierres, C. 1988. New data on sedimentation, paleoenvironment and stratigraphy of the Chapada do Araripe. *Rev. Bras. Geoc.*, **18**(3):315.
- Beurlen, K. 1962. A geologia da Chapada do Araripe. *An. Acad. Bras.Ciênc.*, **34**(3):365-370.
- Beurlen, K. 1963. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: Congr. Bras. Geol., 17. Recife, 1963. *Anais...* Recife, SBG/SUDENE. 47 p. (Suplemento).
- Beurlen, K. 1971. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). *An. Acad. Bras.Ciênc.*, **43**(supl.):411-415.
- 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. 75 p. (Boletim 236).
- Brito, L.M. 1987. As unidades litoestratigráficas da passagem Jurássico-Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, **17**(2):81-85.
- Brito, P.M., Bertini, R.J., Martill, D.M. & Salles, L.O. 1994. Vertebrate fauna of the Missão Velha Formation (Lower Cretaceous, NE, Brazil). In: Simp. sobre o Cretáceo do Brasil, 3., Rio Claro, 1994. *Bol. Res. Exp.*, p. 139-140.
- Brito-Neves B.B. 1990. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In Simp. sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1., Crato, 1988, *Atas...*, p. 21-33.
- Brito-Neves B.B. , Santos, E. J., Van Schmus W. R. 2000. Tectonic history of the Borborema Province. In: Cordani U. G. et al. *Tectonic evolution of the South America*. Rio de Janeiro: 31<sup>st</sup> International Geological Congress, 2000. p.151-182.
- Carvalho, I.S. & Viana, M.S.S. 1993. On the conchostraceans of the Araripe basin. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, **65**:181-188.
- 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*, **64** (2): 155-168.
- 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.
- Da Rosa A.A.S. & A.J.V. Garcia 2000. Palaeobiogeographic aspects of northeast Brazilian basins during the Berriasian before the break up of Gondwana. *Cretaceous Research*, **21**:221-239.
- Davies S.J. & Gibling M.R. 2003. Architecture of coastal and alluvial deposits in an extensional basin: the Carboniferous Joggins Formation of eastern Canada. *Sedimentology*, **50**(3):415-440.
- 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. In: Simp. Geologia do Nordeste, XXII, Natal, RN.

- 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. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 44, 2008, Curitiba, PR, *Anais.*, v.único. p. 118.
- 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. 2009. A Formação Missão Velha na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Fácies e Sistemas Depositionais. In: Simp. Geologia do Nordeste, XXIII, Fortaleza, CE, CD-ROM.
- Freitas F.I., Hessel M.H. & Nogueira Neto J.A. 2008. Troncos fósseis da Formação Missão Velha na porção leste da Bacia do Araripe, Ceará. *Revista de Geologia*, Vol. 21, nº 2, 193-206.
- Gaspary, J. & Anjos, N.F.R. 1964. Estudo Hidrogeológico de Juazeiro do Norte - Ceará. Recife, SUDENE. 25 p. (Série Hidrogeologia 3).
- Ghignone, J.I., Couto, E.A., Assine, M.L. 1986. Estratigrafia e estrutura das Bacias do Araripe, Iguatu e Rio do Peixe. In: Congr. Bras. Geol., 34. Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, SBG. v. 1, p. 271-285.
- 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 das Minas e Energia. Projeto RADAM-BRASIL. Folhas SB. 24/25, Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro, 1981 (Levantamento de recursos naturais, 23) p. 27-176.
- Hashimoto, A.T., Appi, C.J., Soldan, A.L., Cerqueira, J.R. 1987. O neo-Alagoas nas Bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. *Rev. Bras. Geoc.*, 17(2):118-122.
- Hessel M.H. & Freitas F.I. 2009. A Polibacia do Araripe. In: Simp. Geologia do Nordeste, XXIII, Fortaleza, CE, CD-ROM.
- Lavina E.L. 1984. Considerações sobre o paleoambiente da Formação Sanga do Cabral (Eotriássico - Grupo Rosário do Sul) na região da Folha de Catuçaba -RS. In SBG Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, RJ, 1984, *Anais*, 2:792-804.
- Lima, M.R. 1978<sup>a</sup>. *Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)*. São Paulo. 335p. (Tese de Doutorado, IG/USP).
- Lima, M.R. 1978<sup>b</sup>. 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. *Rev. Bras. Geoc.*, 9(2):116-121.
- Lima, M.R. & Perinotto, J.A.J. 1984. Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe. *Geociências* (UNESP), 3:67-76.
- Mabesoone, J.M. & Tinoco, I.M. 1973. Paleocology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Paleaeocol*, 14(2):87-118.
- Martill, D. M. 1993. Fossil of the Santana and Crato formations, Brazil. *Paleontological Association, Field Guide to Fossils*, n. 5, 159 p.
- Matos, R.M.D. de. 1992. The Northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, 11(4):766-791.
- Matos, R.M.D. de. 1999. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up



- between Brazil and West Africa. In: Cameron *et al.* (Eds), *The oil and gas habitats of the South Atlantic*. Geol. Soc London Spec. Public., **153**: 55-73.
- 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. 1977. A review of the braided-rivers depositional environment. *Earth Science Reviews*, **13**(1):1-62.
- Miall A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided-rivers deposits: a summary. In: Miall A.D. (ed.) *Fluvial Sedimentology*. Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists. p. 597-604. (Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 5).
- Miall A.D. 1981. Analysis of fluvial depositional systems. *AAPG Educational Course Note Series*, p. 1-75. (American Association of petroleum Geologists Special Publication 20).
- Miall A.D. 1991. Hierarchies of architectural units in terrigenous clastic rocks, and their relationship to sedimentation rate. In Miall A.D. & Tyler N. (eds) *The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery*. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Concepts in Sedimentology and Paleontology*, **3**:6-12.
- 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. 1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin, Springer, 582 p.
- Miall A.D. 2000. *Principles of sedimentary basin analysis*. 3<sup>rd</sup> ed., New York, Springer-Verlag, 616 p.
- Miall A.D. & Tyler N. 1991. The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Concepts in Sedimentology and Paleontology*, Tulsa, **3**, 309 p.
- Moraes, J.F.S., Santos, J.S., Mascarenhas, J.C. 1976. Projeto Santana. Etapa I. Recife, DNPM/CPRM. v. 1, 269 p. (Relatório Final).
- Neumann, V.H.M.L. 1999. *Estratigrafia, sedimentologia, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptien-ses-Albienses de la Cuenca de Araripe (Nordeste de Brasil)*. Tesis de Doctorado, Universidad de Barcelona, 244p.
- Neumann, V.H.M.L. & Cabrera, L. 1999. Una nueva propuesta estratigrafica para la tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, Nordeste de Brasil. In UNESP/IGCE Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 5., Serra Negra, SP. 1999. *Boletim de Resumos...* Rio Claro, SP, p. 279-285.
- Neumann, V.H.M.L. & Cabrera, L. 2000. Significance and genetic interpretation of the sequential organization of the aptian-albian lacustrine system of the Araripe basin. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, **72**(4):607-608.
- 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: *Lake Basins through Space and Time*. 1<sup>a</sup> ed. Tulsa. The American Association of Petroleum Geologists, AAPG Studies in Geology # 46, p. 197-208.
- Ponte, F.C. 1991. Sistemas deposicionais na Bacia do Araripe. Nordeste do Brasil. In Ponte, F.C., Hashimoto, A.T & Dino, R. (coords.) *Geologia das Bacias Sedimentares do Interior do Nordeste*

- do Brasil. Rio de Janeiro, RJ. PETROBRÁS/CENPES/DIVEX/SEBIPE. (inédito).
- Ponte, F.C. 1994, Extensão paleogeográfica da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 3., Rio Claro, 1994. *Bol. Res. Exp.*, p. 131-135.
- Ponte, F.C. 1996. Arcabouço estrutural da Bacia do Araripe. In UNESP/IGCE, Simp. sobre o Cretáceo do Brasil, 4., Águas de São Pedro, SP, 1996, *Boletim*, Águas de São Pedro, p. 169-177.
- Ponte, F.C. & Appi, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In SBG, Congr. Bras. Geol., 36. Natal, 1990. *Anais...* Natal, v. 1, p. 211-226.
- Ponte, F.C., Arai, M., Dino, R., Silva-Telles, A.C. Jr. 1990. Estratigrafia comparada das bacias sedimentares mesozóicas do interior do Nordeste do Brasil: uma síntese. In UNESP/IGCE Simpósio sobre as bacias cretáceas brasileiras, 1., Rio Claro, SP. 1990. *Boletim de Resumos...* Rio Claro, SP, p. 61-64.
- Ponte, F.C. & Ponte-Filho, F.C. 1996<sup>a</sup>. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Recife, PE, DNPM/DMME (Pernambuco e Ceará). 68p.
- Ponte, F.C. & Ponte Filho, F.C. 1996<sup>b</sup>. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. In UNESP/IGCE, Simp. sobre o Cretáceo do Brasil, 4., Águas de São Pedro, SP, 1996, *Boletim*, Águas de São Pedro, p. 123-133.
- Ponte-Filho, F.C. & Ponte, F.C. 1992. Caracterização estratigráfica da Formação Abaiara, Cretáceo inferior da Bacia do Araripe. In: Simp. sobre bacias cretáceas brasileiras, 2, Rio Claro, 1992. *Resumos Expandidos...* Rio Claro, UNESP, p. 61-64.
- Reading H.G. 1996. *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. Blackwell Science, 668 p.
- 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*, São Paulo (SP), v. 4, n. 1, p. 1-12, 2004.
- Santos, M.E.M. 1981 Ambiente deposicional da Formação Santana, Chapada do Araripe (PE/PI/CE). In: Congr. Bras. Geol., 32. Salvador, 1982. *Anais...* Salvador. SBG. v. 4, p. 1412-1426.
- 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*. Springer-Verlag, p. 107-125.
- Schanley K.W. & McCabe P.J. 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *AAPG Bull.*, **78**: 544-568.
- Silva, M.A.M. 1983. *The Araripe Basin, Northeastern Brazil: Regional Geology and Facies Analysis of a Lower Cretaceous Evaporitic Depositional Complex*. EUA. 290 p. (Tese de Doutorado, Columbia University).
- Silva, M.A.M. 1986. Lower Cretaceous sedimentary sequences in the Araripe Basin, Northeastern Brazil: a revision. *Rev. Bras Geoc.*, 16(3):311-319.
- Silva-Santos, R. & Valença, J.G. 1968. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 40(3):339-360.
- Small, H., 1913. Geologia e Suprimento de Água Subterrânea no Piauhye Parte do Ceará. Recife, Insp. Obras Contra Secas. 80 p. (Publicação 25).

- Tesser Jr. S. 2008. Mapeamento geológico de detalhe de parte do município de Missão Velha, CE: contribuição para a estratigrafia da Bacia do Araripe. Monografia de Graduação, Universidade Federal de Pernambuco, 103p.
- Valença L.M.M., Neumann, V.H.M.L., Mabeoone, J.M. 2003. An overview on Callovian-Cenomanian intracratonic basins of Northeastern Brazil: on-shore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. *Geologica Acta*, 1(3):261-275.
- Walker R.G. 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: Walker R.G. & James N.P. (eds): *Facies Models - Response to Sea-level Change*, Geological Association of Canada Geotext 1, Waterloo, Ontario, p. 1-14.
- Walker R.G. & James N.P. 1992. *Facies models. Response to sea level changes*. Geological Association of Canada, 212p.
- Wizevic, M.C. 1991. Photomosaics of outcrops: useful photographic techniques. In Miall A.D. & Tyler N. (eds) The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 3:22-24.