

CICLOS E SEQÜÊNCIAS DEPOSICIONAIS DAS FORMAÇÕES RIO DA BATATEIRA E SANTANA (ANDAR ALAGOAS), BACIA DO ARARIPE, BRASIL

Joel Carneiro de CASTRO ¹, Lúcia Maria Mafra VALENÇA ², Virgínio Henrique NEUMANN ²

(1) Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Avenida 24-A, 1515. Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: jocastro@rc.unesp.br.

(2) Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco. Avenida Helio Ramos, s/n – Cidade Universitária. CEP 50740-530. Recife, PE. Endereços eletrônicos: Immv@ufpe.br; neumann@npd.ufpe.br.

Introdução
Contexto Geológico
Dados e Métodos
Ciclos de Fácies
Seqüências Depositionais
Conclusões
Referências Bibliográficas

RESUMO – As formações Rio da Batateira e Santana, esta com os membros Crato, Ipubi e Romualdo (Andar Alagoas, Aptiano), são objeto deste trabalho, que se baseia em quatro poços testemunhados e perfilados, localizados na porção leste da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. O intervalo analisado tem cerca de 230 m de espessura, e o poço PS-14 é o mais representativo, inclusive por ser o único que amostrou os evaporitos do Membro Ipubi. Foram identificados nove ciclos de fácies, sendo três de natureza siliciclástica (flúvio-estuarino, deltaico e lacustre), três de natureza mista (lacustre), dois de natureza orgânica-bioquímica (folhelho betuminoso e calcilutito laminado ou marga, lacustres), e um de origem química (anidrita, lacustre evaporítico). Por meio do ordenamento dos ciclos de fácies, foram caracterizadas seis seqüências deposicionais, formadas por ciclos siliciclásticos regressivo-transgressivos, R-T (seqüências S1 e S4, correspondendo às formações Rio da Batateira e Santana/Membro Romualdo), por ciclos siliciclásticos e carbonáticos R-T (seqüências S2, S3.1 e S3.2, correspondendo ao Membro Crato), e por ciclos mistos, carbonáticos e evaporíticos (seqüência S3.3, Membro Ipubi), estes correspondendo a ciclos R-T semelhantes ao anterior e mais ciclos de concentração-diluição C-D de salmouras marinhas que tiveram acesso à bacia lacustre.

Palavras-chave: Ambiente lacustre, ciclo de fácies, ciclo regressivo-transgressivo, ciclo evaporítico, estratigrafia de seqüências, Bacia do Araripe.

ABSTRACT – *J.C de Castro, L.M.M. Valença, V.H. Neumann – Cycles and depositional sequences of Rio da Batateira and Santana formations (Alagoas Stage), Araripe Basin, Brazil.* The Rio da Batateira e Santana formations, the latter with Crato, Ipubi and Romualdo members (Alagoas Stage, Aptian), were studied in four cored and logged wells from the eastern portion of Araripe Basin, Northeastern Brazil. The investigated section is 230 m-thick, and PS-14 well is the most representative, because it is the only one which sampled the evaporites of Ipubi Member. Nine facies cycles were identified, being formed by siliciclastics (estuarine, deltaic and lacustrine), mixed lithologies (lacustrine), carbonates, black shales and marls (lacustrine), and gypsum-anhydrite (lacustrine evaporite). The ordering of facies cycles furnished six depositional sequences. They were formed by siliciclastic, regressive-transgressive R-T cycles (S1 and S4, corresponding to Rio da Batateira Formation and to Santana Formation/Romualdo Member), by siliciclastics and carbonates, R-T cycles (S2, S3.1 and S3.2, corresponding to Crato Member), and by siliciclastic-carbonate, R-T cycles followed by evaporitic cycles (S3.3, referred to Ipubi Member). The last cycles correspond to concentration-dilution, C-D cycles of marine brines, which precipitated gypsum in the restricted lacustrine basin.

Keywords: Lacustrine environment, facies cycle, transgressive-regressive cycle, evaporite cycle, sequence stratigraphy, Araripe Basin.

INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe abriga o mais precioso registro, no continente, do final da fase rifte de evolução da margem continental brasileira, e que corresponde ao Andar Alagoas (Albo-Aptiano). A coluna sedimentar em apreço é representada pelas formações Rio da Batateira e Santana, esta com os membros Crato, Ipubi e Romualdo, e tem uma espessura aproximada de 370 m, mostrando grande semelhança com as

formações Grajaú e Codó, do setor maranhense da Bacia do Parnaíba.

A faixa aflorante da Bacia do Araripe, localizada em torno da Chapada do Araripe, proporciona ótimas exposições das assembléias faciológicas características dos sistemas continental-lacustre e transicional do Andar Alagoas: siliciclásticos fluviais, flúvio-estuarinos e deltaicos, ritmitos laminados/várvidos de calcilutitos

e folhelhos betuminosos, e evaporitos (anidrita/gipsita). O sistema lacustre abriga um precioso acervo paleontológico, representado por vertebrados (peixes, répteis, aves etc.), invertebrados (foraminíferos, ostracodes, conchostráceos, bivalves, gastrópodes, insetos; inclusive equinodermas no Membro Romualdo) e plantas.

Uma pesquisa para sulfetos, realizada pelo Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (DNPM/CPRM), realizou quatorze poços testemunhados e perfilados no setor leste-nordeste da Bacia. Tal conjunto de poços (sigla PS, de Projeto Santana), possibilita conhecer detalhadamente o registro sedimentar evolutivo e o

arcabouço cronoestratigráfico do Andar Alagoas. Assim, a qualidade dos dados integrados de superfície e de poços conferem à Bacia do Araripe o *status* de bacia-escola e modelo para as bacias marginais, principalmente àquelas onde o Andar Alagoas é restrito à subsuperfície (ex.: Bacia Potiguar).

Este trabalho investiga os testemunhos, e respectivas calibrações pelos perfis de raios gama e elétrico, de quatro daqueles poços (PS-11 a PS-14) que, correlacionados entre si e com os demais poços, proporcionam um painel cronoestratigráfico de alta resolução e contribuem para o conhecimento da Bacia do Araripe.

CONTEXTO GEOLÓGICO

O intervalo estratigráfico-objeto deste estudo compreende as formações Rio da Batateira (parte superior) e Santana, esta subdividida nos membros Crato, Ipubi e Romualdo; corresponde ao Andar Alagoas, de idade Aptiano (Zona P-270) a Albo-aptiano (Zona P-280). A espessura do intervalo analisado é aproximadamente 230 m.

No poço 2-AP-1-CE, localizado na porção central da Chapada do Araripe, aquelas unidades têm, respectivamente, 190 m e 180 m; ainda neste poço, a Formação Rio da Batateira recobre discordantemente o Grupo Cariri/Formação Abaiara (Andar Aratu?-Rio da Serra, Neocomiano), enquanto a Formação Santana é recoberta pelas formações Arajara e Exu, do Albiano (Ponte & Appi, 1990).

Ponte & Ponte Filho (1996) classificam como pós-rifte o estágio tectônico correspondente ao Grupo Araripe (formações Rio da Batateira, Santana e Exu). Ponte (1996) apresenta um mapa estrutural da base da Formação Rio da Batateira (base do Andar Alagoas), sobreposto à área subaflorante do Grupo Cariri. Configuram-se duas sub-bacias: uma na parte central da Chapada do Araripe entre os poços AP-1 e BO-1, e outra na parte leste coincidente com a área deste trabalho (Figuras 1-A, 1-B). Nota-se que os contornos das sub-bacias do Andar Alagoas coincidem com os

do Grupo Cariri (“substrato do Andar Alagoas”), indicando a continuidade do arcabouço estrutural entre as fases rifte e pós-rifte.

Um mapa estrutural de um marco estratigráfico dentro da Formação Rio da Batateira, na sub-bacia a leste (Figura 1-C), mostra um mergulho regional para norte de uma bacia (“aberta” para norte), seguindo um eixo que passa pelo PS-12 e entre as localidades de Crato e Barbalha. Diferentemente do mapa anterior (Figura 1-B), onde as curvas são orientadas NE-SO, aqui as curvas são orientadas para N. Na margem oeste da bacia as curvas estruturais estão adensadas, enquanto na margem leste estão mais espalhadas; isto sugere um gráben assimétrico, com falhas normais na margem oeste, e um bloco basculado para oeste na margem leste. Provavelmente, a caracterização da sub-bacia “fechada” no mapa de Ponte (1996) se apoia em dados de superfície ao norte de Crato-Barbalha; destaca-se também a coincidência nos dois mapas quanto ao eixo transversal dessa bacia, orientado ONO-ESE e passando por Crato-Barbalha (Figuras 1-B, 1-C).

Os quatro trabalhos listados a seguir focalizaram as formações Rio da Batateira e Santana, e serão discutidos apropriadamente nos capítulos correspondentes: Silva et al. (2002), Neumann et al. (2002), Silva et al. (2003) e Moura & Borghi (2005).

DADOS E MÉTODOS

Os dados para este trabalho são quatro poços, testemunhados e perfilados, do Projeto Santana II (Scheid et al. 1978): PS-11, PS-12, PS-13 e PS-14, sendo que o PS-12 está localizado sobre a Chapada do Araripe e atravessou a Formação Exu nos seus 104 m iniciais (Figura 1-C). O poço PS-11 é o mais completo (boa recuperação dos testemunhos, perfis RG e Elétrico em todo o intervalo) e o mais representativo da

Formação Santana, sendo inclusive o único poço que encontrou evaporitos do Membro Ipubi. Já o poço PS-14 é o que apresenta mais baixa recuperação e que em boa parte não foi perfilado.

A análise vertical desses poços possibilita a identificação de Ciclos de Fácies; um conjunto de ciclos corresponde a um Sistema Depositional, sendo caracterizados três sistemas na Formação Santana, flúvio-

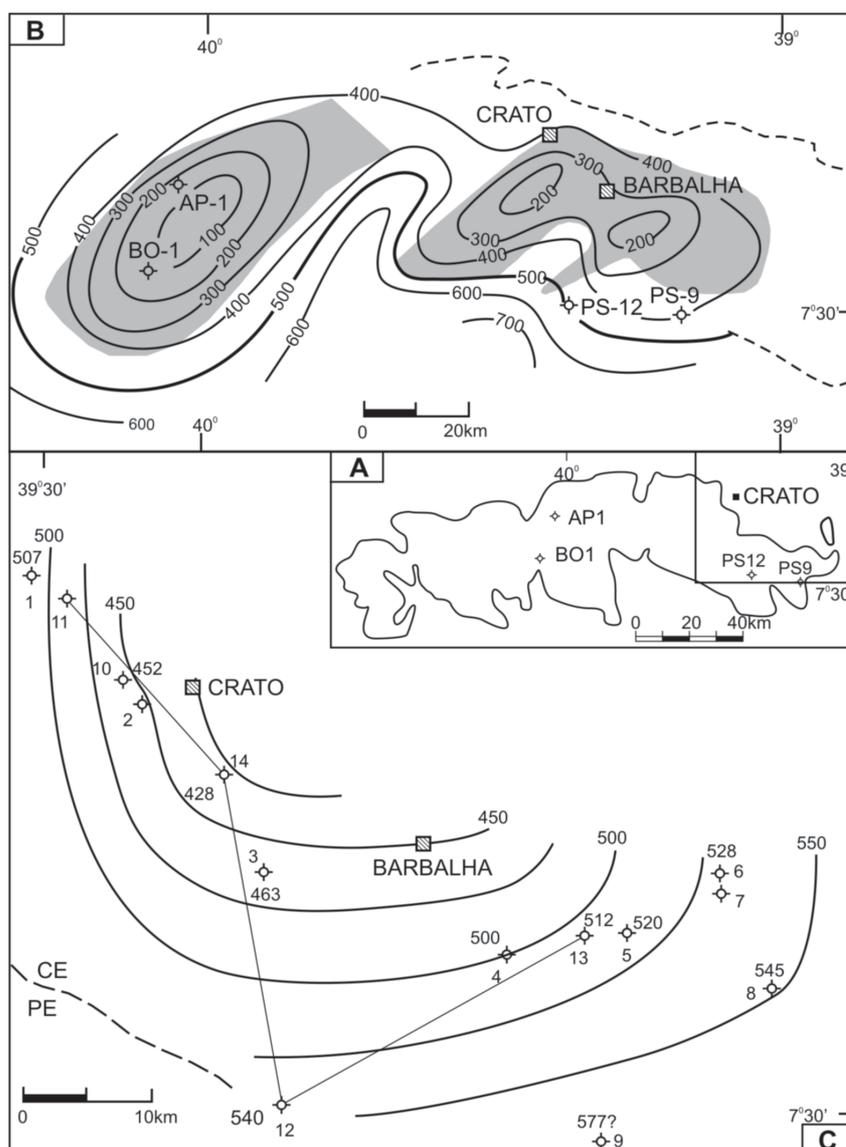


FIGURA 1. (A) Localização da área estudada do lado leste da Chapada do Araripe. (B) Mapa estrutural da base do Andar Alagoas (contorno em metros acima do nível do mar), sobreposto ao Grupo Cariri subaflorante (em cinza), marcando duas sub-bacias dentro da Bacia do Araripe; a do leste tem eixo próximo de Barbalha (Ponte, 1996). (C) Mapa de localização dos poços do Projeto Santana e mapa estrutural do marco transgressivo da seqüência S1, onde se destaca um eixo baixo norte-sul passando pelo poço PS-14.

deltaico ou estuarino (siliciclástico), e lacustre (siliciclástico-carbonático-evaporítico). A chegada de clásticos grossos fluviais representa o Trato de Sistemas de Nível de Base Baixo, apoiando-se discordante (flúvio-estuarino) ou concordantemente (deltaico) em depósitos lacustres.

Verticalmente, tal sistema deltaico ou estuarino passa a lacustre, com perfil de argilosidade crescente ou em forma de “sino”, caracterizando o Trato de Sistemas Transgressivo; este culmina com um nível de folhelho rico em matéria orgânica (superfície de inundação máxima). Tal folhelho preto grada para um calcário em um perfil de argilosidade decrescente em forma de “funil”, vindo assim a constituir o Trato de

Sistema de Nível de Base Alto. Assim, o sistema siliciclástico constitui o trato de nível de base baixo, enquanto o ritmo folhelho betuminoso-calcário constitui o trato transgressivo/trato de nível de base alto de uma Seqüência Depositional. Tal organização simples não difere da de um ciclo R-T (regressivo-transgressivo).

No caso do Membro Ipubi (poço PS-11), o sistema “orgânico-bioquímico” (folhelho betuminoso-calcilitito) pode evoluir para um sistema químico-evaporítico; em perfil vertical, a sucessão dos sistemas orgânico-bioquímico e químico produz um perfil de argilosidade decrescente ou funil mais expressivo, devido ao mínimo de raios gama da anidrita. Assim, o evaporito tem sua origem relacionada a um ciclo de “concentração”

seguido de “diluição” de uma salmoura, e não pode ser tratado como de “mar baixo”, já que sua origem é climática (aridez). Além do mais, representa a primeira

chegada de água marinha a uma bacia agora restrita, constituindo, portanto, um trato de sistema de nível de base alto relacionado a fatores eustático e climático.

CICLOS DE FÁCIES

As fácies geneticamente relacionadas formam quatro grupos de Ciclos de Fácies: Arenito, Siltito, Folhelho (siliciclástico-detrítico), Calcário e Folhelho Betuminoso (bioquímico-orgânico), Evaporito (químico) e Misto.

O primeiro grupo, de ciclo de fácies siliciclásticas, é representado por:

- a) ciclo **Axb**, com Arenito médio a fino, estratificação cruzada acanalada a tabular, intraclastos de folhelho; o arenito torna-se siltico, bioturbado, calcífero, para o topo. Tal ciclo, com perfil em forma de “sino”, tem origem flúvio-estuarina. Um exemplo é o intervalo 94/108 m do poço PS-11 (caixas 12 a 14; Figura 2).
- b) ciclo **FA-As** é formado pela sucessão das fácies Folhelho-Arenito e Arenito sigmóide, em um arranjo granocrescente em forma de “funil”. A fácies FA é constituída por intercalações de folhelho, siltito e arenito muito fino, micáceo, com laminação cruzada clino-ascendente. A fácies As é representada por arenito muito fino/fino a fino, micáceo, com estratificação sigmóide, que se torna bioturbado e calcífero para cima. Assim, o ciclo FA-As é associado à frente deltaica, com retrabalhamento transgressivo no topo. Um exemplo é o intervalo 114 a 130 m do PS-11 (caixas 16 a 18, Figura 2).
- c) ciclo **FS** é representado por Folhelho e Siltito, e ocorre em duas situações: dentro da Formação Rio da Batateira, onde constitui um marco estratigráfico que inclui um delgado nível de folhelho orgânico calcífero (equivalente a um ciclo CF), e na parte superior do Membro Romualdo, onde apresenta níveis fossilíferos com bivalves e gastrópodes, bem como equinodermas.

Um segundo tipo de ciclo de fácies é formado por Folhelho betuminoso seguido de Calcário, com um perfil

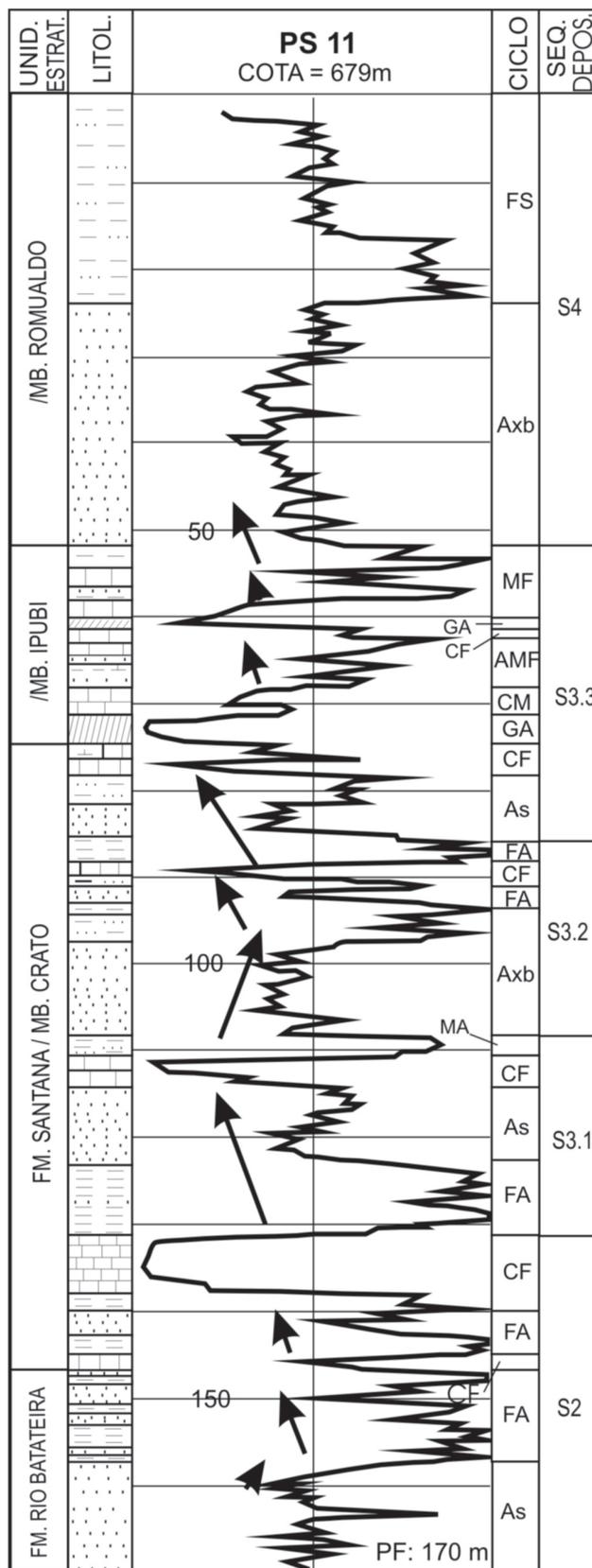


FIGURA 2. Perfil sedimentológico do poço PS-11, calibrado com o perfil de raios gama. Notar as unidades estratigráficas e as litologias correspondentes à esquerda e os ciclos de fácies e seqüências deposicionais à direita.

“tornando-se menos argiloso para cima”, em forma de funil (Ciclo **CF**). O folhelho betuminoso é calcífero (laminito), e o calcário é um calcilutito com finas lâminas argilosas escuras, representando varves sazonais. Deve-se destacar a presença de delgado nível de folhelho betuminoso, calcífero (associação **CF**) na Formação Rio da Batateira, portador de anomalia de chumbo e zinco e que constitui um marco observado em todos os poços, exceto no PS-12 e no PS-11 (neste caso, não alcançado). O ciclo **CM** é composto de Calcário e Marga mosqueada; no primeiro litotipo destacam-se delgados níveis (0,4 m no total) de calcilutito com estrutura *teepee* ou brecha, e calcirrudito com intraclastos de calcilutito, pouco (*flat pebble*) ou muito retrabalhado, neste caso constituindo um tempestito grosso (*coarse-grained storm bed*). As fácies do ciclo **CM** indicam um ambiente intermarés, de margem lacustre com exposição subaérea episódica; é inevitável compará-lo com o calcilutito do ciclo **CF**, só que este é laminado/várvido e subaquoso, de centro de lago (Figura 2).

Neumann et al. (2002) encontraram seis níveis de calcário no Membro Crato pertencentes a esse ciclo. No poço PS-11, nota-se que o calcário C2 é o mais espesso (7 m), enquanto o nível C4 não foi observado neste trabalho (Figura 2). Os seis níveis carbonáticos identificados por Neumann et al. (2002) no Membro Crato, foram estudados por Silva et al. (2002), que caracterizaram seis microfácies de calcários laminados, sendo quatro realmente laminados (Sm2, Sm4, Sm5 e Sm6), um de calcarenito fino com pelóides e microcalcíferas (Sm3), e um de ritmito folhelho-carbonato (Sm1, na base da seção). Os

calcários C3 e C6, cada um com cinco microfácies, são os mais completos.

Finalmente o ciclo químico **GA**, Gipsita/Anidrita, forma dois níveis ou ciclos distintos. No ciclo inferior a anidrita é hialina/esbranquiçada, maciça e grada a um tipo acastanhado (argiloso?) onde se destacam numerosos veios preenchidos por anidrita esbranquiçada. No ciclo superior a anidrita tem estrutura laminada e passa, acima, a siltito e marga. Nos dois níveis é marcante a evolução do evaporito **GA** a partir do ciclo **CF**, assim completando um ciclo “mais limpo”, para cima (*cleaning-up*), de **CF** para **GA**; este ciclo **GA** constitui a fase de “concentração” de um ciclo de concentração-dissolução de salmoura marinha, que se completa com os ciclos **CM** (no evaporito inferior) ou **MF** (no evaporito superior) da fase de diluição (Figura 2).

O quarto grupo envolve ciclos **mistos**: Marga e Siltito arenoso (**MA**), Arenito, Marga e Folhelho (**AMF**), e Marga e Folhelho betuminoso (**MF**). Exceto o primeiro, todos os outros são observados no Membro Ipubi. O ciclo **MA** é formado por marga e siltito arenoso, fossilíferos (ostracodes, bivalves, restos vegetais) e bioturbados. Tal ciclo lacustre ocorre a 110 m no poço PS-11 e sobrepõe-se ao ciclo **CF** (Figura 2); observa-se que o mesmo corresponde ao calcário C4 de Neumann et al. (2002). O ciclo misto **AMF** é formado de dois delgados níveis (0,5 m no total) de arenito muito fino/fino, micáceo, com laminação cruzada clino-ascendente, mais marga e folhelho esverdeado, com ostracodes. O ciclo **MF** é formado de marga e folhelho betuminoso, com ostracodes, ocorrendo na parte mais superior do Membro Ipubi (Figura 2).

SEQÜÊNCIAS DEPOSICIONAIS

No capítulo anterior foram caracterizados nove ciclos de fácies (Figura 2), sendo três siliciclásticos, três mistos, dois carbonáticos e um evaporítico.

Exceto os ciclos **Axb** (flúvio-estuarino), **FA-As** (frente deltaica) e **CM** (margem lacustre), os demais são lacustres:

Axb	⇒	Arenito com estratificação cruzada e bioturbação
FA-As	⇒	Folhelho, Arenito e Arenito sigmoidal
FS	⇒	Folhelho, Siltito
MA	⇒	Marga, Siltito arenoso
AMF	⇒	Arenito, Marga, Folhelho
MF	⇒	Marga, Folhelho betuminoso
CF	⇒	Calcário, Folhelho betuminoso
CM	⇒	Calcilutito brechóide, Marga
GA	⇒	Gipsita-Anidrita

Foram mapeadas seis seqüências deposicionais no intervalo das formações Rio da Batateira e Santana (Figuras 2, 3):

S1	⇒	As\FS	⇒	Seqüência Rio da Batateira
S2	⇒	FA-As\CF	⇒	Rio da Batateira\Crato
S3.1	⇒	FA-As\CF\MA	⇒	Crato.1
S3.2	⇒	Axb, FA\CF	⇒	Crato.2
S3.3	⇒	FA-As\CF\GA\CM\AMF\CF\GA\MF	⇒	Crato\Ipubi
S4	⇒	Axb-FS	⇒	Romualdo

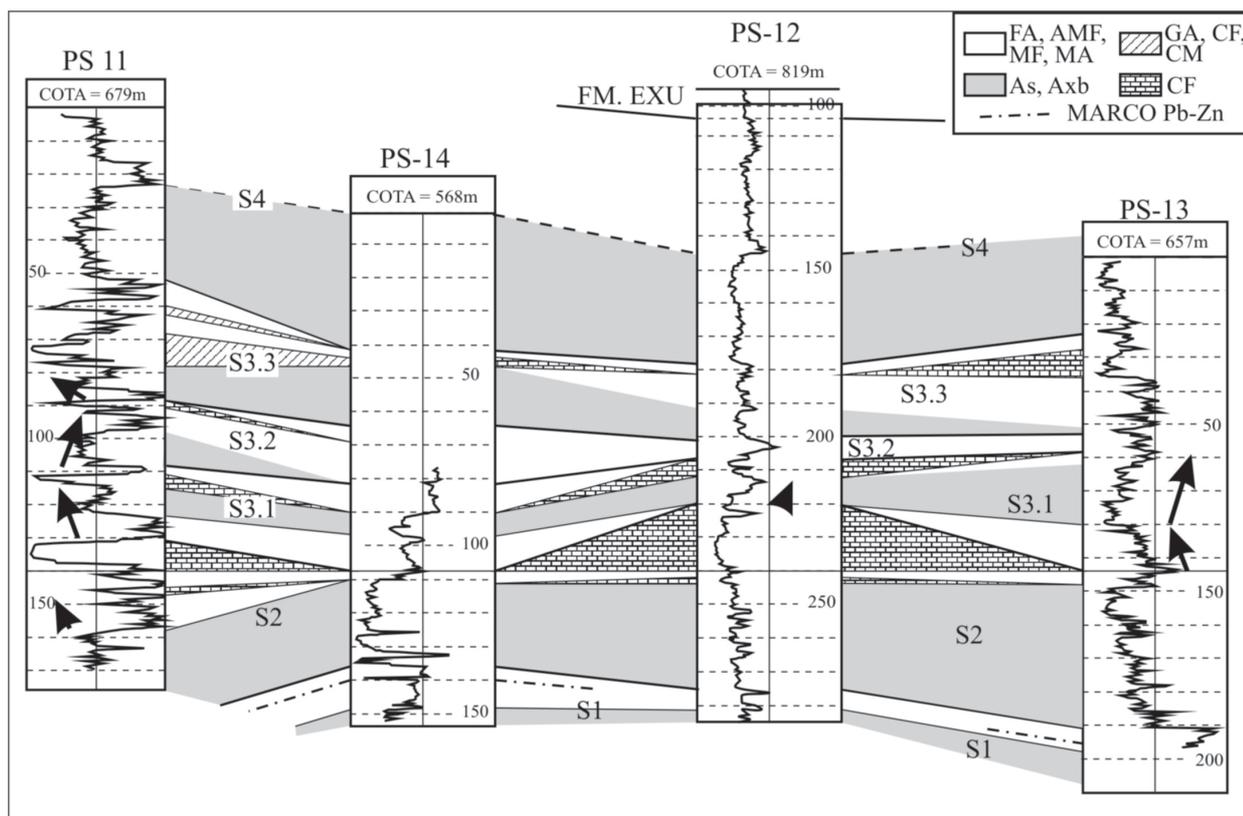


FIGURA 3. Seção estratigráfica entre os poços PS-11 e PS-13 (*datum* na superfície de inundação máxima da seqüência S2), com a cronocorrelação das seqüências S1 a S4. As setas dirigidas para a esquerda e direita indicam, respectivamente, sucessões granocrescentes e granodecrescentes. Ver localização da seção na Figura 1.

As quatro seqüências centrais, S2 (parte superior), S3.1, S3.2 e S3.3 (parte inferior), são correlacionáveis aos calcários dos ciclos transgressivos de Neumann et al. (2002) na seguinte ordem: C1\C2, C3\C4, C5 e C6. O limite entre as seqüências SQ1 e SQ2 de Silva et al. (2003), colocado na base do Membro Ipubi, corresponde à base do primeiro ciclo evaporítico GA dentro da seqüência S3.3, deste trabalho (Figuras 2, 3).

No caso da Seqüência S1, deve-se destacar que os arenitos da sua parte inferior representam um trato regressivo, enquanto os folhelhos e siltitos do ciclo FS, sobreposto, constituem o trato transgressivo; este último contém em seu interior um nível de folhelho betuminoso,

calcífero, com reduzida espessura (0,2 m no PS-13 e 0,5 m no PS-14), que constitui o marco com anomalia Pb-Zn de Scheid et al. (1978). O ciclo FS não foi alcançado no poço PS-11, e provavelmente não ocorre no PS-12, onde um provável nível cronoequivalente é arenargiloso, segundo o perfil de raios gama (Figura 3).

A seqüência S2 apresenta depósitos arenosos fluviais na maioria dos poços, com uma espessura maior no poço PS-13. Os calcários transgressivos da parte superior de S2 estão bem desenvolvidos nos poços PS-11 e PS-12; também são observados no PS-9, através da descrição litológica e calibração dos raios gama (Scheid et al. 1978).

No poço PS-11, as seqüências S3.1 e S3.2 têm, respectivamente, depósitos de prodelta\ frente deltaica do ciclo FA\As, e depósitos flúvio-estuarinos do ciclo Axb. O trato transgressivo dessas seqüências é representado pelo ciclo CF, que no caso de S3.1 vem sobreposto pelo ciclo lacustre MA. Deve-se salientar a pequena espessura de S3.2 nos poços PS-12 e PS-13 (Figura 3).

A seqüência S3.3 tem, na porção central de suas sub-seqüências, o ciclo evaporítico GA sobreposto à CF, representando um ciclo de concentração de salmouras; a fase de diluição do ciclo é formada pelos ciclos CM ou MF, respectivamente (Figuras 2, 3). A presença de evaporitos é restrita ao poço PS-11; níveis carbonáticos equivalentes à S3.3 são observados nos poços PS-14 e PS-13, e também no PS-6, segundo o perfil do poço (Scheid et al. 1978; Figura 3).

Finalmente a seqüência S4 do Membro Romualdo está bem caracterizada nos poços PS-11 e PS-12; neste último, S4 tem a sua espessura completa (75 m). Os dois poços revelam a estrutura da seqüência, com uma porção arenosa fluvial inferior, e uma argilosa lacustre superior (ciclos Axb e FS, respectivamente; Figuras 2 e 3). Os poços PS-14 e PS-13 não amostraram a seção transgressiva superior, pois tiveram seu início na fase fluvial regressiva de S4 (Figura 3).

É oportuno considerar o valor estrutural baixo da base da seqüência S4, no poço PS-14 (+527 m); este valor é muito inferior ao verificado para o mesmo nível estrutural nos poços PS-12, PS-13 e PS-11 (respectivamente, +642 m, +634 m e +627 m). Conforme observado no mapa estrutural do marco Pb-Zn da fase

transgressiva da seqüência S1 (Figura 1-C), já havia uma tendência negativa do poço PS-14 em relação aos demais poços.

Neumann et al. (2002) identificaram seis intervalos carbonáticos na Formação Santana (C1 a C6), contidos na parte superior de cinco ciclos transgressivos (C1, C2, C3/C4, C5 e C6); esses ciclos têm arenitos, siltitos e folhelhos deltaico-lacustres na sua parte inferior. Tais ciclos R-T (regressivo-transgressivo) correspondem aproximadamente às seqüências S1\S2 (ciclo C1), S2 (ciclo C2), S3.1(ciclo C3\C4), S3.2 (ciclo C5) e parte inferior de S3.3 (ciclo C6).

Silva et al. (2003) propuseram duas seqüências deposicionais nas formações Rio da Batateira e Santana, sendo a inferior SQ1 correspondente à primeira unidade (trato de nível baixo) e à Formação Santana/Membro Crato (trato transgressivo), e a superior SQ2 correspondendo à Formação Santana/Membro Ipubi (trato de nível baixo).

Moura & Borghi (2005) estudaram os testemunhos de dois poços, PS-11 (intervalo 0-55 m) e PS-12 (intervalo 142-222 m), onde identificaram três ciclos de fácies, SF1, SF2 e SF3, atribuídas respectivamente a sistemas deltaico-lacustre/marinho, lacustre/marinho e fluvial. Os autores reconheceram duas superfícies cronoestratigráficas mais importantes: no PS-11, uma superfície de “regressão forçada” a 52 m, que corresponde ao contato entre as seqüências S3.3 (Ipubi) e S4 (Romualdo) deste trabalho; e no PS-12, a 219 m, uma superfície discordante separando as seqüências S2 (abaixo) de S3.1, S3.2, S3.3 e S4 (acima), neste trabalho.

CONCLUSÕES

Os nove ciclos de fácies, de composição siliciclástica, carbonática, evaporítica e mista, refletem a influência maior, respectivamente, dos fatores tectônico (suprimento), eustático (nível de base lacustre) e climático (aridez). Os ciclos siliciclásticos podem ter padrões de granocrescência e granodecrescência (formas de funil ou de sino, nos perfis de raios gama e elétrico), enquanto os ciclos de folhelhos betuminosos e calcários (CF) mostram padrão em forma de funil (mais limpos, ou menos argilosos para cima). Os dois ciclos evaporíticos (GA) sucedem a ciclos CF, num padrão que realça a forma de funil anterior: nos evaporitos o perfil de raios gama é ainda mais baixo e a resistividade é ainda maior que os dos calcários. Os ciclos mistos ocorrem no final das seqüências S3.1 e S3.3, sobrepondo-se aos ciclos carbonático (em S3.1) ou evaporítico (em S3.3), com um padrão de argilidade crescente (sino).

Quando relacionados ordenadamente, tais ciclos de fácies dão origem a seis seqüências deposicionais (3ª ordem?), ou ciclos regressivo-transgressivos, que se mostram adequados à análise estratigráfica e cronocorrelação das formações Rio da Batateira e Santana nos poços da porção leste da Bacia do Araripe.

As seqüências inicial e final, S1(Rio da Batateira) e S4 (Romualdo), são dominadas por depósitos siliciclásticos, refletindo condições climáticas úmidas, favoráveis ao suprimento sedimentar e desfavoráveis à formação de carbonatos. As seqüências S2, S3.1 e S3.2 do Membro Crato são formadas por depósitos siliciclásticos e carbonáticos (partes inferior regressiva e superior transgressiva, respectivamente). A seqüência S3.3 tem siliciclásticos e carbonatos de ciclos R-T (como as anteriores), e evaporitos, que se formam segundo ciclos de concentração e diluição de salmouras marinhas em uma bacia lacustre restrita.

O par das seqüências S1 e S2 e a trindade das seqüências S3 (S3.1, S3.2 e S3.3) constituem duas seqüências maiores, de ordem superior: no primeiro caso, culminando com S2, tem-se um máximo de inundação carbonática-lacustre (eustática), e no segundo, a culminância com S3.3 representa um máximo de inundação evaporítica-marinha (climática árida).

Assim, o desenvolvimento das seis seqüências deposicionais revela condições climáticas úmidas (S1),

evoluindo para condições progressivamente mais áridas e que culminam com a inundação marinha da bacia lacustre (seqüência S3.3), e retornando às condições úmidas (S4). Deve-se observar que a seqüência lacustre S4 (Romualdo) eventualmente sofreu inundação marinha, demonstrada pela ocorrência de equinodermas, mas que foi insuficiente para originar depósitos carbonáticos ou evaporíticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao DNPM de Recife, pelo acesso aos testemunhos e perfis do Projeto Santana. JCC agradece ao Convênio ANP/MME e à UFPE, pela bolsa de Pesquisador Visitante junto ao PRH26 no segundo semestre de 2004. Os autores agradecem aos colegas Francisco (UFPE), Francisco Tognoli e Luah Walsh, e ao desenhista Cesário Porta Jr., pela confecção das ilustrações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOURA, M.V. & BORGHI, L. Análise das fácies siliciclásticas da parte superior da Formação Santana (Bacia do Araripe): caracterização de potenciais rochas-reservatório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS, 3, 2005, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), 2005. Em CD-ROM.
2. NEUMANN, V.H.; CABRERA, L.; MABESOONE, J.M.; VALENÇA, L.M.M.; SILVA, A.L. Ambiente sedimentar e fácies da seqüência lacustre Aptiana-Albiana da Bacia do Araripe, NE do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6, 2002, São Pedro. **Boletim...** Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/Campus de Rio Claro, 2002, p. 37-41.
3. PONTE, F.C. Arcabouço estrutural da Bacia do Araripe. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, 1996, Águas de São Pedro. **Boletim...** Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/Campus de Rio Claro, 1996, p. 169-177.
4. PONTE, F.C. & APPI, C.J. Proposta de revisão da coluna estratigráfica da Bacia do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Nordeste, 1990, v. 1, p. 211-226.
5. PONTE, F.C. & PONTE-FILHO, F.C. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, 1996, Águas de São Pedro. **Boletim...** Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/Campus de Rio Claro, 1996, p. 123-133.
6. SCHEID, C.; MUNIS, M.B.; PAULINO, J. **Projeto Santana. Relatório final da etapa II.** Recife: DNPM/CPRM, 136 p., 1978.
7. SILVA, A.L. Sequence stratigraphy of the Araripe Basin post-rift phase with aid of gamma-ray logs and outcrop analysis. In: LATINAMERICAN CONGRESS OF SEDIMENTOLOGY, 3, 2003, Belém. **Abstracts...** International Association of Sedimentologists, 2003, Session 7, p. 50-51.
8. SILVA, A.L.; NEUMANN, V.H.; CABRERA, L. Fácies carbonáticas laminadas da Formação Crato (Aptiano), Bacia do Araripe: litofácies, microfácies e microestruturas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6, 2002, São Pedro. **Boletim...** Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/Campus de Rio Claro, 2002, p. 31-36.

*Manuscrito Recebido em: 20 de julho de 2006
Revisado e Aceito em: 28 de fevereiro de 2007*