

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

Joel Carneiro de CASTRO <sup>1</sup>, Lúcia Maria Mafra VALENÇA <sup>2</sup>, Virgínio Henrique NEUMANN <sup>2</sup>

(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).

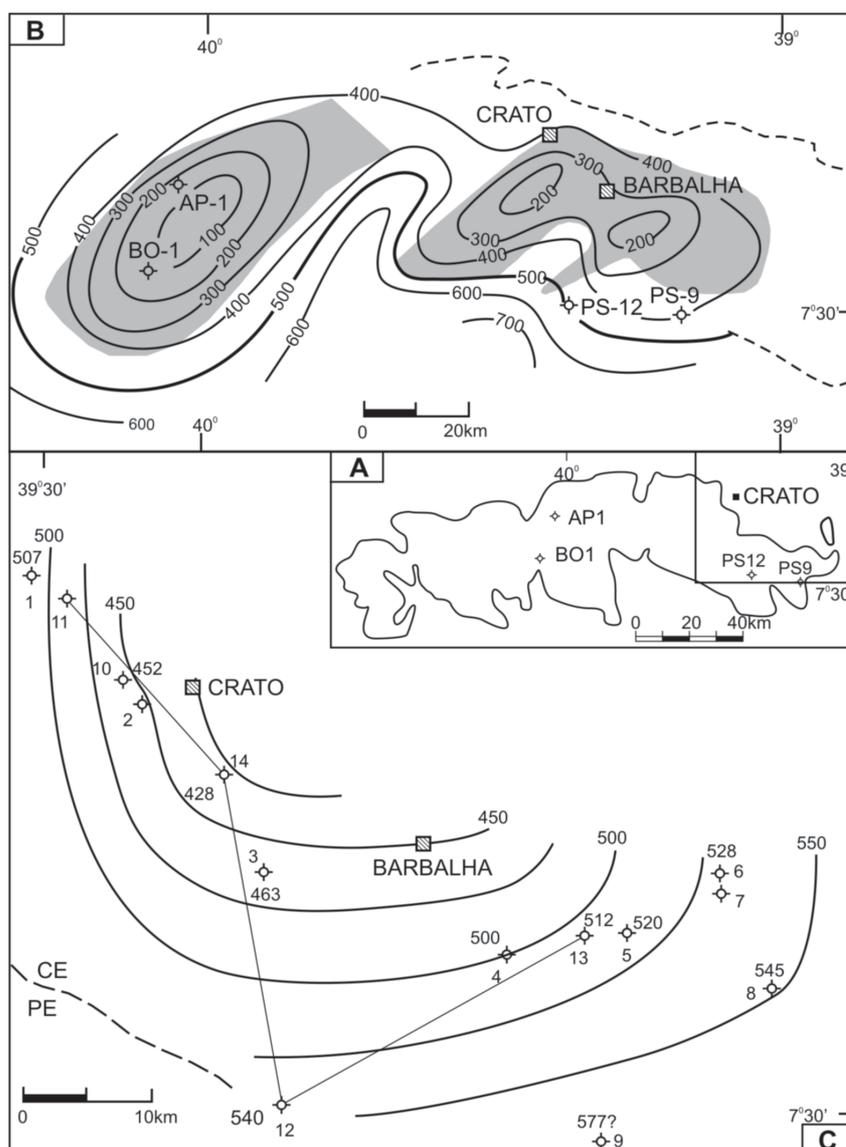
Os quatro trabalhos listados a seguir focalizaram as formações Rio da Batateira e Santana, e serão discutidos apropriadamente nos capítulos correspondentes: Silva et al. (2002), Neumann et al. (2002), Silva et al. (2003) e Moura & Borghi (2005).

## 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.

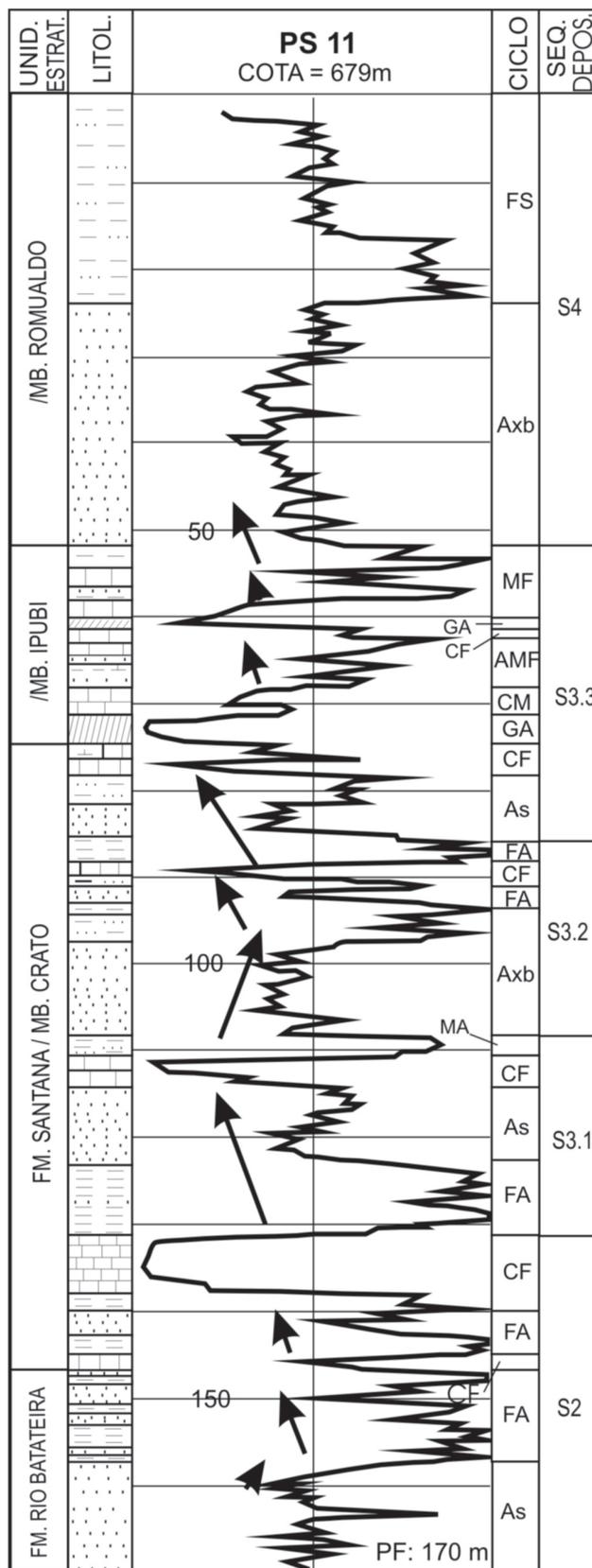
### CICLOS DE FÁCIES

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.