

O PALEOAMBIENTE DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO SANTANA (GRUPO ARARIPE) SEGUNDO EVIDÊNCIAS PALINOLÓGICAS

Murilo Rodolfo de Lima
IG/USP

ABSTRACT

The Santana Formation is a complex and peculiar, highly fossiliferous stratigraphic sequence, located in middle northeastern Brazil. The objective of this paper is to present a palynological view of the sequence of events relative to its deposition. Analysis of the available data confirms previous conclusions, related to the existence of 3 different phases of deposition, represented first by a lacustrine environment, followed by a lagoonal one, and finally, by the return to lacustrine conditions, distinct from the first phase.

Special attention is given to the transition between these phases, represented by many synchronous facies, that seem to delimit the most important aspect of this matter, that is, the magnitude and extent of the marine influence on the deposition of this sedimentary unit.

INTRODUÇÃO

A Formação Santana representa uma complexa sequência sedimentar, predominantemente calcária e altamente fossilífera, localizada no interior do Nordeste do Brasil (região limítrofe dos Estados de Pernambuco, Ceará e Piauí). Vários aspectos conferem a esta unidade, situada na Bacia do Araripe, uma posição de destaque na estratigrafia da região. Salientam-se entre eles, a presença de um espesso nível evaporítico (± 20 m), constituído de gipsita, bem como uma paleoichtiofauna que, pela sua abundância e excepcional preservação, constitui uma ocorrência única na Paleontologia Brasileira.

Da sua história geológica, desenvolvida no final do Cretáceo Inferior (Albiano), um dos aspectos mais controvertidos é, sem dúvida, o que se refere ao ambiente deposicional dos sedimentos. Vários autores têm tentado, a partir de diferentes evidências, reconstituir a sucessão de eventos relativos ao tema. A tarefa não tem se mostrado fácil, já que o conteúdo macrofaunístico da Formação Santana é comprovadamente endêmico, não permitindo, salvo exceções, estudos comparativos com outras bacias. Considerando os microfósseis vegetais, o quadro não é muito mais animador. Somente poucos vestígios são encontrados, mal preservados em sua maior parte. Raras espécies foram identificadas, e mesmo assim, acrescentando pouca informação paleoecológica utilizável. Quanto aos microfósseis "sensu lato", apesar de serem potencialmente uma ferramenta útil para tal finalidade, pouco foram explorados até o momento, em termos mais abrangentes. De qualquer modo, os trabalhos mais importantes que se relacionam ao assunto são os de BEURLIN (1971) e MABESONE e TINOCO (1973). O primeiro autor conseguiu estabelecer um arcabouço geral da evolução da bacia através da individualização de fases ambientais distintas, enquanto os autores do segundo, utilizando a idéia básica, desenvolveram um trabalho mais elaborado, a partir de dados paleontológicos e sedimentológicos.

No trabalho ora em apresentação, pretende-se, pela primeira vez, analisar a paleoecologia desta bacia, em termos globais, à luz de dados palinológicos.

PANORAMA GERAL DO AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO DOS SEDIMENTOS

Parece fora de dúvida a existência de 3 fases distintas no decorrer da deposição desta formação. A idéia foi originalmente defendida por BEURLIN (op. cit.), que a utilizou para divisão desta unidade sedimentar em membros. Os dados palinológicos vêm portanto mais confirmar que alterar as informações já divulgadas sobre o assunto.

Na primeira fase de sedimentação, correspondente pelo critério de BEURLIN (1971, p. 415) ao membro basal da formação (Membro Crato), depositaram-se sedimentos clásticos, médios e finos, bem como sedimentos químicos, estes sob forma de calcários laminados, intercalados com folhelhos betuminosos. Toda esta deposição efetua-se em ambiente de água doce. A fase acima descrita, seguem-se condições anômalas, muito pouco mencionadas na bibliografia. Enquanto na maior parte da bacia, a sedimentação prossegue com folhelhos escuros, não marinhos, no flanco ocidental ocorre uma importante contribuição de clásticos, sob forma de um espesso pacote de arenito, exibindo estratificação cruzada. Ainda nesta etapa, inicia-se pela região de Santana do Cariri, a deposição de sedimentos marinhos, atestada pela presença de foraminíferos quitinosos e cistos de dinoflagelados.

A segunda fase corresponde aos níveis evaporíticos e clásticos associados, além de margas e folhelhos superpostos, representando, ainda segundo BEURLIN (op. cit.) o membro médio da formação (Membro Ipubi). Nele predominam condições variáveis, tendo o próprio BEURLIN, em função das mesmas, efetuado a distinção de 3 subfases. Assim, o ambiente, inicialmente, teria atingido um grau de hipersalinidade, devido à grande afluência de águas marinhas, em regime de evaporação intensa. Estas condições correspondem à Subfase A, caracterizada pela deposição das lentes de gipsita. Em seguida, a ampliação da ligação com o oceano teria possibilitado uma circulação mais livre de água, restaurando as condições de salinidade normal, com proliferação acentuada de animais. Estas características correspondem à Subfase B. Finalmente, ainda nesta fase, a ligação com o mar seria definitivamente interrompida. Consequentemente, um novo aumento de salinidade dizimaria a maior parte da fauna então existente. Este evento, correspondente à Subfase C, estaria representado pelos níveis de margas contendo ictiólitos.

A terceira fase corresponde ao regresso às condições salobras ou doces, propiciadas pelo afluxo de águas continentais, na bacia então fechada. Esta fase está representada pela deposição de camadas argilosas ou silticas, contendo fósseis tipicamente não marinhos, como conchostráceos. Representa, segundo pensamento de BEURLIN, o membro mais superior da formação (Membro Romualdo).

O INÍCIO DA DEPOSIÇÃO: PRIMEIRA FASE

No início da deposição da Formação Santana, a bacia deve ter sido restrita ao seu flanco NE. Os sedimentos repousam sobre a Formação Sergi em provável discordância (LIMA, 1977). Várias evidências indicam tratar-se de um corpo de água relativamente raso. Entre estas, a própria litologia, constituída de arenitos e siltitos, além de diversas estruturas sedimentares, como marcas de ondas e estratificação cruzada reforçam esta observação. Dados palinológicos indicam que uma vegetação essencialmente arbórea cercava a área.

Enquanto o ambiente de deposição destes sedimentos foi gradualmente tornando-se mais profundo e redutor, a bacia teve suas dimensões ampliadas, principalmente na direção oeste. Começam a aparecer argilitos e folhelhos, muito embora ainda frequentemente associados com arenitos. Uma característica, entretanto, é marcante: Trata-se da grande tranquilidade reinante no "lago", o que permitiu a preservação de restos de organismos extremamente frágeis. Como exemplos, podem ser citadas hifas de ascomicetes, algas, conchostráceos e ostracodes de carapaça muito fina.

Próximo ao final desta fase, o ambiente tornou-se francamente redutor, aparecendo folhelhos betuminosos, portando, não raramente, cristais de pirita ou marcassita. Intercalados nestes folhelhos, ocorrem também calcários laminados, inicialmente em níveis milimétricos, depois em

bancos espessos. Tanto os folhelhos como os calcários são fossilíferos. O seu ambiente de deposição permanece de água doce ou salobra, pois em ambos ocorrem conchostráceos e fragmentos vegetais. Com referência ao conteúdo polínico, ocorre um fato importante. Enquanto nos folhelhos, as associações são extremamente abundantes e diversificadas, nos calcários, polens e esporos são raros ou faltam completamente. Isto faz que a deposição alternada destes sedimentos estaria relacionada com oscilações do Eh do meio, já que o ambiente oxidante presente nos calcários não favorece a preservação do material em questão.

O INÍCIO DA INFLUÊNCIA MARINHA: UMA INTERFASE

Durante algum tempo, reinaram na bacia condições de sedimentação intermediárias entre a primeira e a segunda fase. O resultado é uma variedade de fácies sincrônicas, caracterizando condições totalmente diversas em diferentes locais da bacia, conforme pode ser verificado a partir de descrições litológicas de perfis medidos ao longo da formação, adequadamente distribuídos de modo a representar toda a unidade (LIMA, 1978). Nesta época, a região de Santana do Cariri (CE) parece ter desempenhado um papel importante na alteração das condições ecológicas da bacia. É neste local que se manifestam os primeiros indícios de transgressão marinha que culminou com a deposição dos evaporitos. Os sedimentos representativos deste evento são folhelhos cinzentos, micáceos, possuindo um alto teor de silte. Caracteristicamente, sua associação fóssil mantém os mesmos elementos encontrados na fase anterior, sendo acrescentada apenas de cistos de dinoflagelados e foraminíferos quitinosos do grupo das scythinascias, o que a priori garante uma deposição marinha para estes sedimentos. É também importante observar que os foraminíferos encontrados são característicos de fácies não costeiras (REYRE, 1966, p. 10), o que impediria representar a abertura de uma área de afluxo de águas marinhas relativamente profunda, em torno da qual as condições ambientais, inclusive de salinidade, eram compatíveis com a vida destes protozoários.

Nos outros locais da bacia as condições permaneciam não marinhas, estando ausente todos os microfósseis acima mencionados. Condições de aporte fluvial estão presentes no flanco E da bacia, através da ocorrência de arenitos contendo abundantes vestígios de vegetais continentais (folhas carbonizadas, cutículas, resinas, etc.).

A INFLUÊNCIA MARINHA NA SEDIMENTAÇÃO EVAPORÍTICA: SEGUNDA FASE

Na segunda fase de deposição, a influência marinha se faz sentir em quase todos os locais da bacia, desaparecendo a multiplicidade de fácies anteriormente verificada, graças à uniformização do ambiente deposicional. Contudo, este padrão é alcançado de modo aparentemente muito brusco, pela invasão de águas hipersalinas que propiciam a deposição dos evaporitos, intercalados com clásticos finos em vários locais.

As condições ambientais da bacia nesta época constituem um problema de difícil interpretação. A contribuição dada pela Palinologia para sua elucidação é muito restrita, uma vez que os níveis evaporíticos são completamente estéreis. De qualquer modo, as evidências disponíveis reforçam a idéia de um clima quente e árido, necessário para o fenômeno de precipitação dos sais. Os foraminíferos quitinosos não mais aparecem nos sedimentos associados.

O fato da camada evaporítica não ser contínua é também difícil de explicar, significando talvez a existência de uma influência local na sua deposição, motivada por razões de ordem geoquímica. Deve ser enfatizada a existência de pequenas "bacias" preenchidas por gipsita em depressões do embasamento cristalino no flanco S da chapada, o que sugere que as lentes depositaram-se em locais de circulação restrita. Se tal hipótese for verdadeira, é provável a existência de um paleorelevo na época da deposição, embora muito provavelmente não formado em condições sub-aéreas.

De qualquer modo, a deposição da maior parte dos evaporitos parece ter-se dado diretamente sob forma de gipsita, a julgar pelas observações de CALDASSO (1960, p. 20-21), com exceção dos locais onde os sedi-

mentos superpostos se mostram perturbados, evidenciando uma hidratação posterior da anidrita.

Após a deposição dos evaporitos, a ligação que o mar parece ter sido ampliada, embora temporariamente, restabelecendo-se condições de salinidade compatíveis com uma intensa proliferação de animais, tais como algumas espécies de peixes, equinóides, moluscos e quelônios, além de organismos planctônicos de origem vegetal. No decorrer desta fase, as condições ambientais novamente se modificaram, dizimando toda a fauna existente. Como consequência deste episódio, geralmente referido como catastrófico, o horizonte correspondente representa um dos registros mais importantes da Paleontologia do Brasil, com ocorrência de uma quantidade incalculável de concreções fossilíferas, a maioria das quais portando peixes excepcionalmente bem preservados. Apesar das dimensões destas concreções variar entre 5 cm e 2 m, a maioria delas guarda uma característica comum, mostrando claramente uma estratificação interna, o que revela o seu caráter epigenético.

Existem duas hipóteses para explicar a formação de ictiólitos do tipo dos que ocorrem na Formação Santana. A primeira delas foi formulada por WEEKS (1957), tendo por base material coletado no vale do rio Magdalena, na Colômbia. Neste estudo, o autor descreve minuciosamente o processo de formação dessas concreções, admitindo que os peixes morreram provavelmente debatendo-se na lama. Com o início do processo de putrefação houve a liberação de amônia, que tornou o pH do meio mais alcalino. Isto teria induzido a precipitação da CaCO_3 em torno dos restos orgânicos sob forma de cimento, no sedimento que os envolvia, a partir do bicarbonato em solução. Após o envolvimento total dos restos pelo cimento carbonático, a putrefação seria interrompida, preservando-se o resto orgânico dentro de uma "bola de lama", agora calcífera, que ao consolidar-se originaria as concreções mencionadas. A segunda hipótese, defendida por MABESOONE e TINOCO (1973), admite que os peixes morreram expostos à luz solar, desidratando-se. Durante este processo, a exudação dos líquidos orgânicos e desenvolvimento de lipídeos, fizeram com que grãos de areia, argila e pequenas carapaças aderissem aos restos, formando uma massa protetora. Dentro dessa massa, os peixes sofreriam uma espécie de cozimento, impedindo uma decomposição total dos restos. A precipitação da calcita, dar-se-ia em uma fase posterior, por ação de águas de percolação, sendo a cimentação completada pela dispersão de grãos duros em torno do sedimento.

Dos dois modos de formação, o primeiro parece mais aceitável, pelas seguintes razões: Em primeiro lugar, as concreções portam grandes quantidades de ostracodes dispersos em toda a sua massa. Conhecendo-se os hábitos destes crustáceos, é fácil deduzir que os mesmos estavam se alimentando de restos orgânicos, o que não poderia acontecer em meio tão seco a ponto de permitir a desidratação dos peixes.

Por outro lado, não são conhecidas evidências sedimentológicas de ressecamento na matriz das concreções, o que reforça a tomada de posição apresentada.

BEURLIN (1971, p. 413, 414), advoga como causa teórica deste extermínio um novo aumento de salinidade, o que parece pouco provável, já que logo acima aparecem conchostráceos. Na prática, o mais lógico parece a situação inversa, representada por um brusco incremento no processo gradual de dessalinização da bacia.

O TÉRMINO DO CICLO: TERCEIRA FASE

A última fase de deposição dos sedimentos que constituem a Formação Santana é caracterizada pelo retorno às condições iniciais de sedimentação continental. A transição é gradual, desaparecendo progressivamente a influência marinha, que era atestada por elementos do microplâncton. Esse processo iniciou-se ainda na fase anteriormente descrita. A bacia parece manter as mesmas dimensões anteriores após o encerramento da influência marinha, tornando-se contudo, gradualmente mais rasa, o que é evidenciado pelo caráter dos sedimentos, claramente mais grosseiros. Os únicos macrofósseis encontrados são alguns moluscos (Cassiopinae), conchostráceos (*Bairdestheria*) e restos fragmentados de vegetais. Entre os polens e esporos, salientam-se maciças quantidades de *Classopollis*, o que, de acordo com suas preferências ecológicas, indicam ainda uma re-

lativa proximidade do mar. Ocorrem também percentagens significativas de grãos poliplicados, mostrando a continuidade das condições climáticas vigentes, além de angiospermas mais evoluídas que as encontradas nos níveis correspondentes às fases anteriores. No final da deposição desta fase, predominam sedimentos silticos ou arenosos em quase toda a bacia, sempre de cor cinza-claro ou amarelado, mostrando abundantes estratificações cruzadas, como testemunho da instalação de uma drenagem na área. O contato superior com a Formação Exu é aparentemente transicional, embora frequentemente, em afloramentos, seja mascarado por depósitos de talus. Sedimentos ainda mais grosseiros, tomando uma coloração amarelo-avermelhada em superfície, marcam o fim do ciclo deposicional descrito.

BIBLIOGRAFIA

- BEURLIN, K. - 1971 - As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). An. Acad. Bras. Ciênc. 43: 411-415 (Suplemento).
- BRAUN, O.P.G. - 1966 - Estratigrafia dos sedimentos da parte interior da região Nordeste do Brasil (Bacia de Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). Bol. D.N.P.M. Div. Geol. Miner. 236: 1-15.
- CALDASSO, A.L. - 1967 - Geologia da quadrícula E-094 - Folha Crato; SUDENE, Div. Geol. Ser. Geol. Reg. 3: 1-36.
- LIMA, M.R. de - 1977 - Estudo palinológico preliminar de um folhelho betuminoso da Formação Missão Velha, Chapada do Araripe. Atas I Enc. Paleobot. Palinol.: 136-139.
- LIMA, M.R. de - 1978 - Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil). Univ. São Paulo, Tese de Doutorado (Inédita): 1-335, est. 1-27.
- MABSOONE, J.M. e TINOCO, I.M. - 1973 - Palaeocology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 14: 97-118.
- REYRE, Y. - 1966 - Palinologie du Cretacé Moyen du Sahara Tunisien. Rev. Micropaleont. 9(1): 3-18, est. 1-3.
- WEEKS, L.G. - 1957 - Origin of carbonate concretions in shales, Magdalena Valley, Colombia. Bull. Geol. Soc. Amer. 68: 95-102, est. 1-4.