

# Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes

*South Atlantic Aptian paleogeography: a new model based on recent Brazilian micropaleontological data*

Mitsuru Arai<sup>1</sup>

## resumo

A diferenciação paleobiogeográfica observada na associação de microfósseis do Atlântico Sul no Aptiano foi resultado da existência de uma barreira física constituída pela Dorsal de São Paulo e pelo Alto de Florianópolis, a qual coibiu a livre circulação e a mistura de águas marinhas entre o Atlântico Sul meridional e o restante do Oceano Atlântico. Interpretações paleobiogeográficas, principalmente baseadas na distribuição de dinoflagelados fósseis, mostram que os registros de dinoflagelados aptianos, ao norte da barreira, limitam-se a ocorrências geograficamente restritas de associações de baixa diversidade, relacionadas a *blooms* de *Subtilisphaera* (Ecozona de *Subtilisphaera*). Ali, o ambiente marinho variava de predominantemente evaporítico (nas bacias da Margem Leste) a parálico (nas bacias da Margem Equatorial). Os dados levantados confirmam que a Transgressão Aptiana nessas bacias foi alimentada pelas águas tetianas vindas do Atlântico Central, contendo na Bacia de Santos o extremo de seu avanço rumo sul. Esta reconstituição se baseia na distribuição geográfica dos registros do *bloom* de

*Subtilisphaera*, em conjugação com outras evidências de sedimentação marinha – e.g.: evaporitos aptianos; ocorrência de diversos fósseis marinhos na Bacia do Araripe; radiolários da Formação Areado (Bacia do São Francisco) e dados geoquímicos das formações Codó e Alagamar (nas bacias Parnaíba e Potiguar, respectivamente). O lineamento formado pela Dorsal de São Paulo e Alto de Florianópolis impediu a chegada das águas tetianas à Bacia de Pelotas e ao sul desta, onde condições francamente marinhas já reinavam no Aptiano, a julgar pela presença de uma associação de dinoflagelados de alta diversidade contendo mais de 20 espécies. Entre estas, estão as espécies *Tenua americana* e *Occisucysta victorii*, ambas endêmicas e características da Microflora Austral, o que sugere que a Bacia de Pelotas fazia parte do Atlântico Sul meridional durante o Aptiano. A conexão entre o Atlântico Sul meridional e o restante do oceano se estabeleceu durante o Albiano, porém, a influência restritiva da Dorsal de São Paulo e do Alto de Florianópolis persistiu até o final do Albiano.

**Palavras-chave:** Paleogeografia | Micropaleontologia | Atlântico Sul | Cretáceo | Aptiano

<sup>1</sup> Petrobras. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello. P&D de Exploração. Bioestratigrafia e Paleoecologia. arai@petrobras.com.br

## abstract

*Paleobiogeographic differentiation of South Atlantic microfossil assemblages during the Aptian is the result of physical barriers related to a structural lineament made up of the São Paulo Dorsal and Florianópolis High, which prevented the free circulation and mixing of marine water between the southernmost South Atlantic and the remainder of that ocean. This gave rise to two distinct biotas on each side of the aforementioned barrier, which persisted until the end of the Albian. From Aptian to Albian, all the Brazilian Atlantic Margin Basins – except its southernmost part (Pelotas Basin) – were flooded by water from the Central Atlantic. This study, which focused on dinoflagellate paleobiogeography, indicates that Aptian dinocyst records North of the barrier consist of geographically restricted occurrences of a low-diversity assemblage related to *Subtilisphaera* blooms. Here, marine paleoenvironments range from predominantly evaporitic (in the Brazilian East Margin Basins) to paralic (in the Brazilian Equatorial Margin Basins). The results confirm that the Aptian transgression, in most of these basins, was fed by Tethyan water from the Central Atlantic, reaching as far South as the Santos Basin. This inference relies on the geographic distribution of *Subtilisphaera* bloom records, combined with further marine sedimentation evidence – e.g.: Aptian evaporites; various marine fossils occurrences in the Araripe Basin and radiolarians in the Areado Formation (São Francisco Basin); and geochemical data from the Codó and Alagamar formations (respectively in the Parnaíba and Potiguar Basins). The São Paulo Dorsal-Florianópolis High lineament prevented Tethyan water from reaching the Pelotas Basin to the South, where open marine conditions are confirmed by fairly diverse dinoflagellate assemblages containing over 20 species. Amongst these are *Tenua americana* and *Occisucysta victorii*, both of which are endemic and characteristic of the Austral Microflora, thus indicating that the Pelotas Basin was part of the southernmost South Atlantic during the Aptian. The northern and southernmost South Atlantic were first connected in the Albian, but the influence of the São Paulo Dorsal-Florianópolis High lineament persisted until the latest Albian.*

*(Expanded abstract available at the end of the paper).*

**Keywords:** Paleogeography | Micropaleontology | South Atlantic | Cretaceous | Aptian

## introdução

Muito se discute acerca do momento em que se estabeleceu a conexão efetiva entre as águas do Atlântico Sul e do Atlântico Norte/Central, para o qual existe uma profusão de proposições. O único ponto unânime é sua ocorrência durante o Cretáceo (145,5-65,5 Ma), mas, em escala de detalhe, as proposições variam desde o Aptiano (125,0-112,0 Ma) até o Maastrichtiano (70,6-65,5 Ma), conforme demonstrado por Dias-Brito (1987).

Hoje, não há dúvida de que o momento crucial aconteceu no intervalo Aptiano - Albian (125,0 – 99,6 Ma). No Aptiano, ocorreu uma grande transgressão marinha que inundou praticamente todas as bacias da margem continental brasileira, o que proporcionou a deposição de espessas camadas de evaporitos na maioria delas. Os modelos clássicos – e.g., Ojeda (1982); Figueiredo (1985); Dias (1991, 2005, 2008) – vêm apregoando a entrada do mar a partir do sul, processo que acompanharia a abertura tectônica do Atlântico Sul, decorrente da separação dos continentes América do Sul e África (fig. 1). Entretanto, cada vez mais dados paleontológicos levantados nas bacias brasileiras, aliados à análise paleobiogeográfica, vêm demonstrando que as águas que alimentaram as bacias evaporíticas brasileiras no Aptiano vieram do norte, oriundas do Mar de Tétis (Atlântico Central).

## metodologia

O presente trabalho deriva, fundamentalmente, de um levantamento exaustivo das associações de dinoflagelados (microalgas protistas da Divisão Dinoflagellata, Classe Dinophyceae) do Cretáceo do Brasil, o qual revelou um padrão paleobiogeográfico para o Atlântico Sul primitivo. Para que o modelo seja amplamente coerente, incluindo dados do Atlântico Norte/Central e do Tétis, o trabalho também contou com dados publicados fora do Brasil. A maioria dos dinoflagelados fósseis provém de espécies do micropâncton marinho, o que poderia sugerir que todos fossem cosmopolitas. No entanto, nota-se, na prática, uma significativa diferenciação paleobiogeográfica que permite identificar paleoprovíncias distintas ao redor do mundo. A existência de provincialismo reconhecido por meio de associações de dinoflagelados fósseis vem se confirmando por vários trabalhos produzidos nas

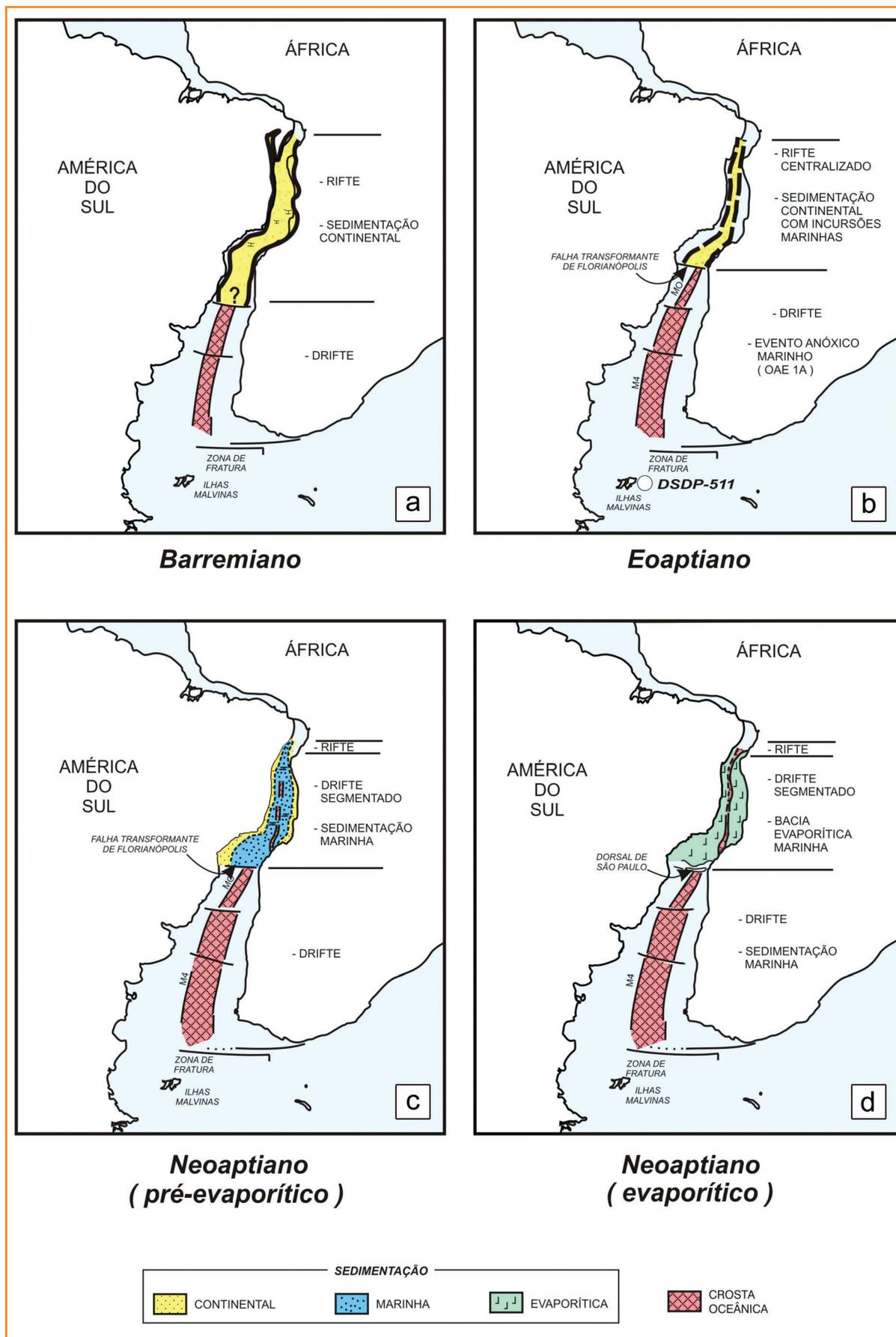


Figura 1  
Modelo paleogeográfico clássico do Atlântico Sul no Barremiano-Aptiano (segundo Dias, 2005).

Figure 1  
Classic Barremian-Aptian paleogeographic maps of the South Atlantic (after Dias, 2005).

últimas décadas (Norris, 1975; Lentin e Williams, 1980; Lana e Botelho Neto, 1989; Riding e Ioannides, 1996; Arai *et al.*, 2000; Masure *et al.*, 2004a, b; Arai, 2007).

## contexto geológico

Os dinoflagelados que constituem o objeto básico do presente estudo surgiram no final do Triássico. Assim sendo, o foco do estudo é dirigido às bacias sedimentares com deposições marinhas, ocorridas a partir desse período. Entretanto, o Supercontinente Gondwana, do qual o atual território brasileiro fazia parte, passava por uma fase geocrática no intervalo entre o final do Permiano e o início do Cretáceo, permanecendo emersa boa parte de sua superfície.

Desta forma, uma grande parte do que constituiria o atual território brasileiro passou por uma fase predominantemente erosiva do Triássico ao Jurássico. Os sedimentos eventualmente depositados nesse intervalo de tempo tiveram seus sítios em ambiente continental (não marinho), chegando mesmo a ser subaéreo (deposição não aquosa, muitas vezes eólica). Destarte, o depósito do estágio pré-rifte é representado, principalmente, por sedimentos oxidados, de coloração avermelhada (Souza-Lima e Hamsi Jr., 2003).

A fase rifte iniciou-se na maioria das bacias da margem continental durante o Eocretáceo. Na margem extensional, bem como nas bacias do Recôncavo, Tucano, Jatobá, Araripe e Potiguar, ocorreu a formação de lagos rifte no Neocomiano. Já na margem equatorial, oeste da Bacia Potiguar, a sedimentação rifte ocorreu, sobretudo, no Albo-Aptiano. No Aptiano, independente de suas naturezas tectônicas, todas as bacias passaram a receber sedimentação praticamente síncrona, em função da grande subida eustática. Portanto, é no Aptiano que se registra a ocorrência notável dos primeiros organismos marinhos mesozoicos das bacias brasileiras.

No auge da transgressão, o mar interior teria interligado, temporariamente, os oceanos Atlântico Norte e Sul, até então desconectados (Arai, 1999, 2000), depositando uma megassequência de grande extensão geográfica, equivalente à Megassequência Zuni (Arai, 2002). Em algumas bacias interiores, a sedimentação desta fase constitui a única sequência cretácea (e.g., Parecis, Parnaíba e São Francisco). Estas bacias sofreram soerguimento após sua deposição, passando a constituir chapadas. Já as bacias da margem continental não

sofreram soerguimento. Ao contrário, continuaram criando espaço para receber mais sedimentos, devido à subsidência térmica. Assim, a partir do Albiano, todas as bacias da margem continental brasileira passaram a receber sedimentação marinha que perdura até hoje.

No Aptiano, com exceção da Bacia de Pelotas, as águas do Atlântico Sul Meridional ainda não haviam adentrado de modo efetivo nas bacias da margem continental brasileira. Entretanto, graças à grande transgressão do Aptiano, que permitiu a entrada intermitente das águas do Atlântico Central, ocorreu deposição de camadas com influência marinha na maioria das bacias, seja na margem ou no interior do continente. A entrada de mar incipiente foi responsável pela deposição dos evaporitos do Andar Alagoas (equivalente, em parte, ao Aptiano) na maioria das bacias. Essa transgressão foi de suma importância, permitindo a deposição de evaporitos até o interior do continente (e.g., Formação Codó, na Bacia do Parnaíba; e Membro Ipubi da Formação Santana, na Bacia do Araripe), inclusive no lado africano (Avocat *et al.*, 1992). Na Bacia de Pelotas, o evaporito é praticamente ausente, pois já havia ambiente de mar aberto no Aptiano, fato este já esperado em razão da fase drifte da bacia ter iniciado nessa idade (Dias *et al.*, 1995; Souza-Lima e Hamsi Jr., 2003).

## associação de palinórfos eoaptianos da Bacia de Pelotas: Microflora Austral

Análises palinológicas realizadas por Arai *et al.* (2006) em amostras de testemunhos provenientes do poço estratigráfico 2-BPS-6A, perfurado na porção submersa da Bacia de Pelotas (costa do Rio Grande do Sul), revelaram uma associação aptiana rica em palinórfos (esporos, grãos de pólen, cistos de dinoflagelados, acritarcos e palinoforaminíferos). O intervalo 5.067-5.076m é particularmente rico em cistos de dinoflagelados (dinocistos), contendo os seguintes táxons: *Achomosphaera* spp., *Circulodinium distinctum*, *Circulodinium* spp., *Cribroperidinium* cf. *parorthoceras*, *Cribroperidinium* spp., *Exochosphaeridium* spp., *Florentinia mantellii*, *Impletosphaeridium* spp., *Occisucysta victorii*, *Odontochitina* spp., *Oligosphaeridium complex*, *O. tenuiprocessum*, *O. totum*, *Oligosphaeridium*

spp., *Palaeoperidinium cretaceum*, *Pervosphaeridium cenomaniense*, *Pervosphaeridium* cf. *pseudohystrichodinium*, *Pervosphaeridium* spp., *Pseudoceratium anaphrissum*, *P. eisenackii*, *Spiniferites bejui*, *Spiniferites* spp., *Tenua americana*, *Trichodinium* spp. e *Wrevittia cassidata* (fig. 2). Já os demais grupos perfazem um número menor, tanto em quantidade absoluta como em diversidade, sendo importantes as ocorrências de grãos de pólen (*Araucariacites* spp., *Callialasporites trilobatus*, *Classopollis* spp., *Equisetosporites* spp. e *Inaperturopollenites* spp.), esporos (*Cicatricosisporites* spp. e triletes lisos e ornamentados) e acritarcos (*Cyclopsiella* spp. e *Micrhystridium* spp.). O registro de *Occisucysta victorii* e *Tenua americana* é de suma importância, pois a única ocorrência prévia dessas espécies é a do seu estrato-tipo (Aptiano inferior, Rio Fósiles, Província de Santa Cruz, Argentina), registrada por Pöthe de Baldis e Ramos (1983). O intervalo estudado mais profundo (5344,20-5352,85m) já não apresenta microflora diversificada de dinoflagelados, embora seu caráter marinho seja atestado pela abundância de palinoforaminíferos. Em contrapartida, na parte superior desse intervalo, registrou-se a ocorrência de grãos de pólen pertencentes ao gênero *Cyclusphaera* que são comuns no Cretáceo da Argentina. Convém lembrar que, nas demais bacias brasileiras, *Cyclusphaera* é praticamente ausente, sendo a ocorrência rara e isolada do Albiano da Bacia de Santos, o seu único registro prévio brasileiro (Cecília Cunha Lana, comunicação verbal). Estas constatações atestam a existência de livre circulação oceânica ao sul do Alto de Florianópolis no Eoaptiano, a qual permitiu a chegada de palinomorfos austrais – tanto terrestres como marinhos – na Bacia de Pelotas.

## Ecozona de *Subtilisphaera*: afinidade tetiana

A Ecozona de *Subtilisphaera*, definida originalmente por Regali (1989), é caracterizada pela associação com alta frequência e baixa diversidade, constituída, quase exclusivamente, por espécies pertencentes ao gênero *Subtilisphaera* (fig. 3). Sua ocorrência é diacrona em nível mundial, mas, no Brasil, é observada exclusivamente no Aptiano. Sua distribuição geográfica parece estar confinada entre as paleolatitudes 20° nos hemisférios Norte e Sul. A ocorrência mais setentrional encontra-se em Marrocos (Below, 1981)

e a mais meridional, na Bacia de Almada, no Brasil (Lana e Pedrão, 2000a, b; Pedrão e Lana, 2000). Além desses pontos, as ocorrências típicas da Ecozona de *Subtilisphaera* foram registradas nas seguintes localidades: Senegal (Jain e Millepied, 1975); Bacia Maracaibo, Venezuela (Colmenares, 1994); Bacia de São Luís (Arai et al., 1994); Bacia do Ceará (*locus typicus*, Regali, 1989); Bacia Potiguar (Arai et al., 1994); Bacia do Parnaíba (Antonioli, 2001; Antonioli e Arai, 2002); Bacia do Araripe (Arai et al., 1994).

Esta distribuição geográfica sugere a natureza tetiana da ecozona. Sua característica é menos acentuada nas bacias Potiguar e Sergipe, indicando a rota de ingresso marinha via bacias de São Luís, Parnaíba e Araripe, nas quais a presença da ecozona é mais notável.

Em termos paleoecológicos, a Ecozona de *Subtilisphaera* constitui o registro fóssil de *blooms* (florações planctônicas), cuja ocorrência foi favorecida pela natureza epicontinental dos mares onde ocorriam (Arai et al., 1994). Segundo Arai e Shimabukuro (2001), organismos relacionados ao gênero *Subtilisphaera* eram causadores de *blooms* tóxicos que ocasionavam eventos de mortandade maciça, a ponto de provocar colapso na cadeia trófica, o que explicaria a excelente preservação e a grande quantidade de fósseis, as quais constituem *Lagerstätten* em alguns estratos aptianos (e.g., Formação Santana da Bacia do Araripe). Provavelmente, esses *blooms* eram capazes de contaminar até o ar, à semelhança de *Pfiesteria piscicida*, que produz aerossóis tóxicos (WD, 2009). Este fato é sugerido pela presença na tanatocenose de animais terrestres – e.g., sapos (Kellner e Campos, 1986; Maisey, 1991, p. 324-325) e lagartos (Bonfim Jr. e Marques, 2001) – e voadores – e.g., pterossauros (Maisey, 1991, p. 351-371; Kellner, 2006) (fig. 4).

## seaway do Nordeste do Brasil

A presença de fósseis marinhos – e.g., peixes (Martill, 1988; Silva Santos, 1991; Saraiva, 2008), dinoflagelados (Arai e Coimbra, 1990), moluscos (Beurlen, 1964), palinoforaminíferos (Arai e Coimbra, 1990), equinóides (Beurlen, 1966; Manso e Hessel, 2007) e tartarugas marinhas (Hirayama, 1998) – na Formação Santana da Bacia do Araripe sempre levantou a suspeita da existência de um mar interior no Cretáceo do Brasil. Há, no entanto, uma polêmica em

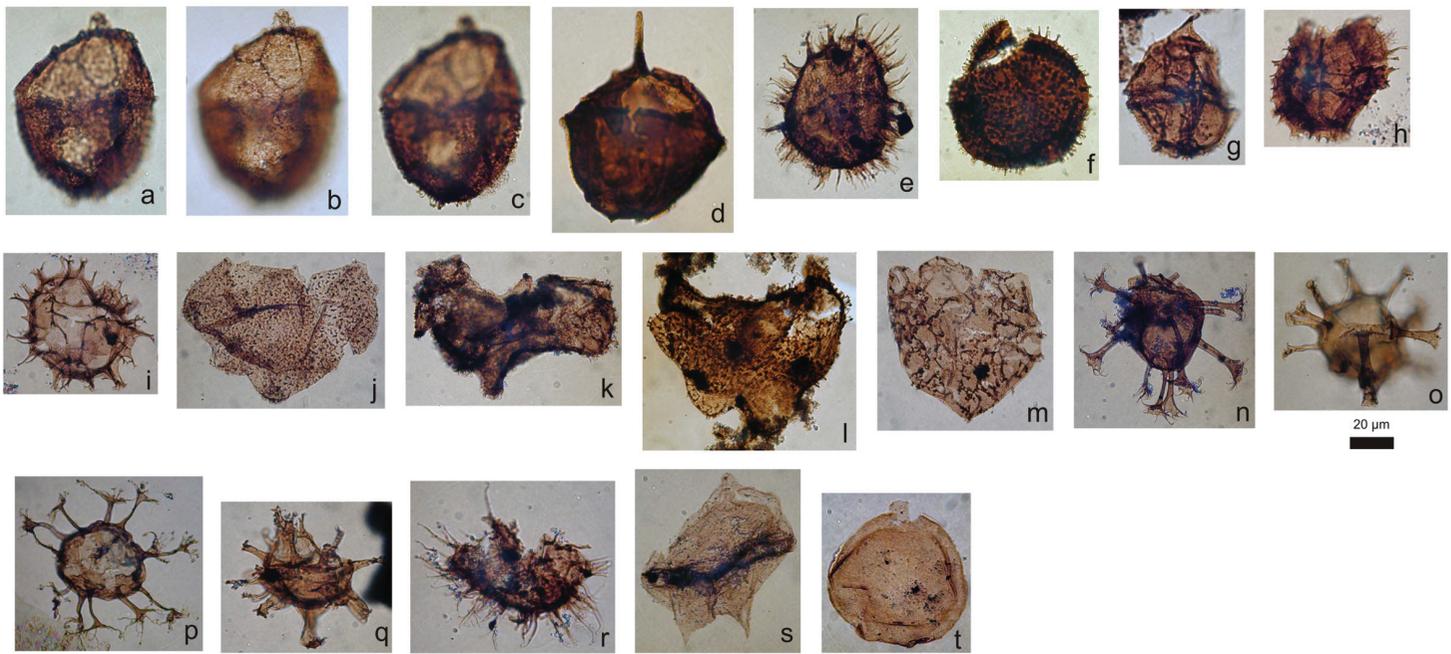


Figura 2 – Estampa de dinoflagelados eoaptianos da Bacia de Pelotas.

a - *Occisucysta victorii* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5069,85m); foco distal sobre a face dorsal (vista dorsal interna); b - *Occisucysta victorii* (idem); foco proximal sobre a face ventral (vista ventral externa); c - *Occisucysta victorii* (idem); foco sobre processos do hipocisto; d - *Cribroperidinium parorthoceras* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5067,63m); e - *Pervosphaeridium pseudohystrichodinium* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5067,63m); f - *Trichodinium castanea* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5071,65m); g - *Wrevittia cassidata* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5069,85m); h - *Spiniferites* sp. 1 (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5067,63m); i - *Spiniferites* sp. 2 (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5067,63m); j - *Pseudoceratium* aff. *anaphrissum* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5069,85m); k - *Pseudoceratium* sp. (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5071,05m); l - *Tenua americana* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5069,60m); m - *Pseudoceratium eisenackii* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5068,20m); n - *Oligosphaeridium complex* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5069,10m); o - *Oligosphaeridium totum* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5069,85m); p - *Oligosphaeridium tenuiprocessum* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5069,85m); q - *Florentinia mantellii* (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5071,65 m); r - *Impletosphaeridium* sp. (poço 2-BPS-6A, testemunho #4, 5071,65m); s - *Palaeoperidinium cretaceum* (poço 2-BPS-6A, testemunho #2, 4169,60m); t - Dinocisto cavado indeterminado (poço 2-BPS-6A, testemunho #5, 5344,20m).

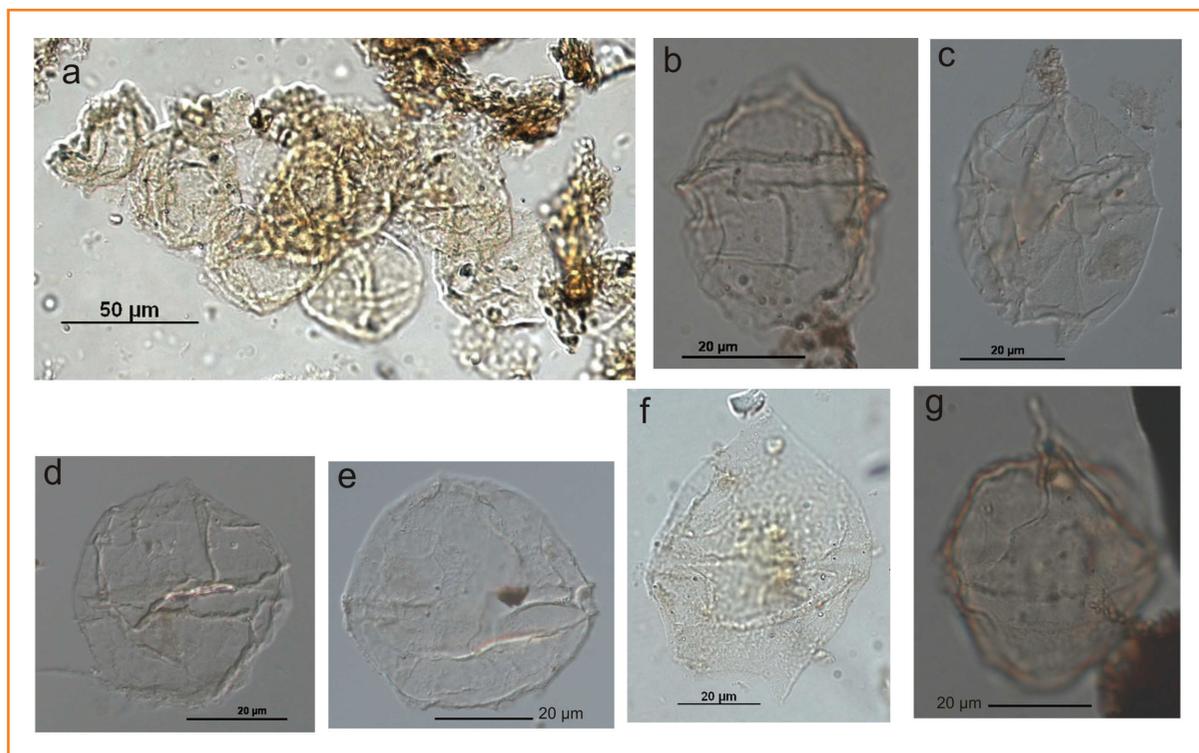
Figure 2 – Some early Aptian dinocysts from the Pelotas Basin.

a - *Occisucysta victorii* (well 2-BPS-6A, core #4, 5069.85m); distal focus on dorsal face (internal dorsal view); b - *Occisucysta victorii* (same specimen); proximal focus on ventral face (external ventral view); c - *Occisucysta victorii* (same specimen); focus on hypocyst processes; d - *Cribroperidinium parorthoceras* (well 2-BPS-6A, core #4, 5067.63m); e - *Pervosphaeridium pseudohystrichodinium* (well 2-BPS-6A, core #4, 5067.63m); f - *Trichodinium castanea* (well 2-BPS-6A, core #4, 5071.65m); g - *Wrevittia cassidata* (well 2-BPS-6A, core #4, 5069.85m); h - *Spiniferites* sp. 1 (well 2-BPS-6A, core #4, 5067.63m); i - *Spiniferites* sp. 2 (well 2-BPS-6A, core #4, 5067.63m); j - *Pseudoceratium* aff. *anaphrissum* (well 2-BPS-6A, core #4, 5069.85m); k - *Pseudoceratium* sp. (well 2-BPS-6A, core #4, 5071.05m); l - *Tenua americana* (well 2-BPS-6A, core #4, 5069.60m); m - *Pseudoceratium eisenackii* (well 2-BPS-6A, core #4, 5068.20m); n - *Oligosphaeridium complex* (well 2-BPS-6A, core #4, 5069.10m); o - *Oligosphaeridium totum* (well 2-BPS-6A, core #4, 5069.85m); p - *Oligosphaeridium tenuiprocessum* (well 2-BPS-6A, core #4, 5069.85m); q - *Florentinia mantellii* (well 2-BPS-6A, core #4, 5071.65m); r - *Impletosphaeridium* sp. (well 2-BPS-6A, core #4, 5071.65m); s - *Palaeoperidinium cretaceum* (well 2-BPS-6A, core #2, 4169.60m); t - Cavate dinocyst indet. (well 2-BPS-6A, core #5, 5344.20m).

torno da rota da ingestão marinha. Existem basicamente três opções e suas possíveis combinações: (1) via Bacia do Parnaíba (Beurlen, 1963, 1966; Beurlen, 1971, *apud* Lima, 1978, p. 98, tab. 2; Braun, 1966, *apud* Lima, *op. cit.*; Arai *et al.*, 1994); (2) via Bacia de Sergipe (Beurlen, 1971, *apud* Lima, *op. cit.*; Tinoco e Mabesoone, 1973, *apud* Lima, *op. cit.*; Brito, 1976, *apud* Lima, *op. cit.*; Silva Santos, 1991); e (3) via Bacia Potiguar (Lima, 1978; Viana, 1998). Para alguns autores (e.g., Silva Santos, 1991; Arai, 1999), a Bacia do Araripe estaria no meio do traçado de um extenso seaway com orientação NW-SE. Outros admitiram

que a Bacia do Araripe representasse uma tríplex junção dos braços de mar que interligavam as bacias de Sergipe, Parnaíba e Potiguar (e.g., Mabesoone *et al.*, 1999; Valença *et al.*, 2003). No entanto, a completa ausência de sedimentos marinhos coevos à Formação Santana nas bacias interiores, situadas entre a Bacia do Araripe e a Potiguar (e.g., bacias de Icó, Iguatu, Lima Campos, Malhada Vermelha, Lavras da Mangabeira e Rio do Peixe), descarta essa possibilidade (Arai, 2006) (fig. 5).

Segundo Arai *et al.* (1998) e Arai (1999, 2000), chapadas sustentadas por estratos mesocretáceos



**Figura 3**  
 Bloom de *Subtilisphaera* (Ecozona de *Subtilisphaera*) da Bacia do Araripe.  
 a - aglomerado de dinocistos pertencentes ao gênero *Subtilisphaera* denotando a ocorrência de florações planctônicas pretéritas.; b, c, d, e, f, g - exemplares isolados de *Subtilisphaera* spp; a, f - exemplares do poço 2-AP-1-CE, testemunho #1, 398,40m; b, c, d, e, g - exemplares do afloramento da Serra da Mãozinha.

**Figure 3**  
*Subtilisphaera* Bloom from the *Subtilisphaera* Ecozone of the Araripe Basin.  
 a - clusters of dinocysts, belonging to the genus *Subtilisphaera*, representing ancient blooms; b, c, d, e, f, g - individual specimens of *Subtilisphaera* spp; a, f - specimens from well 2-AP-1-CE, core #1, 398.40 m; b, c, d, e, g - specimens from the Serra da Mãozinha outcrop.

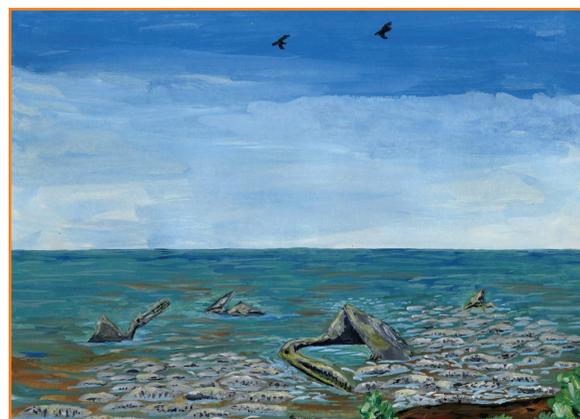
representam vestígios de mares interiores existentes na época da Grande Transgressão Aptiana. Essas chapadas são sustentadas pela capa de arenitos fluviais albo-cenomanianos, que se depositaram em sistema de "Mar Alto" (*High Stand Tract*). Porém, em sua base, apresentam pelitos transgressivos aptianos. A única chapada cretácea que ainda não confirmou a existência de folhelho marinho aptiano é a dos Parecis. No entanto, acredita-se que a Chapada dos Parecis tenha tido uma evolução geológica similar a de outras chapadas, já que, da Formação Parecis o capeador é do Cretáceo Superior (Silva *et al.*, 2003, p. 63). É considerada correlacionável com o Arenito Urucuia da Bacia Sanfranciscana (Oliveira e Leonardos, 1943, p. 611). Vale ressaltar que a Formação Parecis contém répteis notosúquios (*Crocodyliformes*), já registrados em diversas localidades – bacias de Uiraúna, Parnaíba, Araripe, Paraná (Grupo Bauru), Neuquén (Argentina), Cuenca del Litoral (Uruguai), Bolívia, África (Malawi e bacias de Koum, Tegama) e China (Formação Wulong) –, cuja diversificação ocorreu a partir do Aptiano-Albiano (Carvalho *et al.*, 2006).

O caráter marinho de folhelhos aptianos também pode ser atestado por dados geoquímicos, podendo ser mencionados como exemplos: (1) as razões isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (Rodrigues, 1995) e  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  (Rossetti *et al.*, 2004), nas camadas de gipsita/anidrita da Formação Codó da Bacia do Parnaíba, e (2) os biomarcadores marinhos da Formação Alagamar da Bacia Potiguar

(Vasconcelos, 1995) e da Formação Taipus-Mirim das bacias Camamu e Almada (Lana *et al.*, 2004).

A influência tetiana no Atlântico Sul tem, também, o respaldo de dados do lado africano. A ocorrência de ostracode marinho *Orthonotacythere mvili* na seção "pré-sal" do Congo (Grosdidier, 1967) e o registro de outra espécie do gênero *Orthonotacythere* efetuado por Bate (1998, *apud* Davison *et al.*, 2004) no Aptiano inferior da Bacia de Kwanza seriam, segundo Davison *et al.* (2004), indicações de origem tetiana.

Por outro lado, a ocorrência de estratos marinhos pré-albianos é desconhecida na fossa de Benué (Benkhelil, 1988; Guiraud e Maurin, 1992; Guiraud *et al.*, 2005), o que torna o seaway do Nordeste do Brasil a única alternativa para explicar a entrada de águas tetianas no Atlântico Sul.



**Figura 4**  
 Reconstituição paleoambiental imaginária do "Mar Santana" no Albo-Aptiano da Bacia do Araripe (concepção artística do autor).

**Figure 4**  
 Environmental reconstruction of the Aptian-Albian "Santana Sea" in the Araripe Basin (artistic conception by the author).

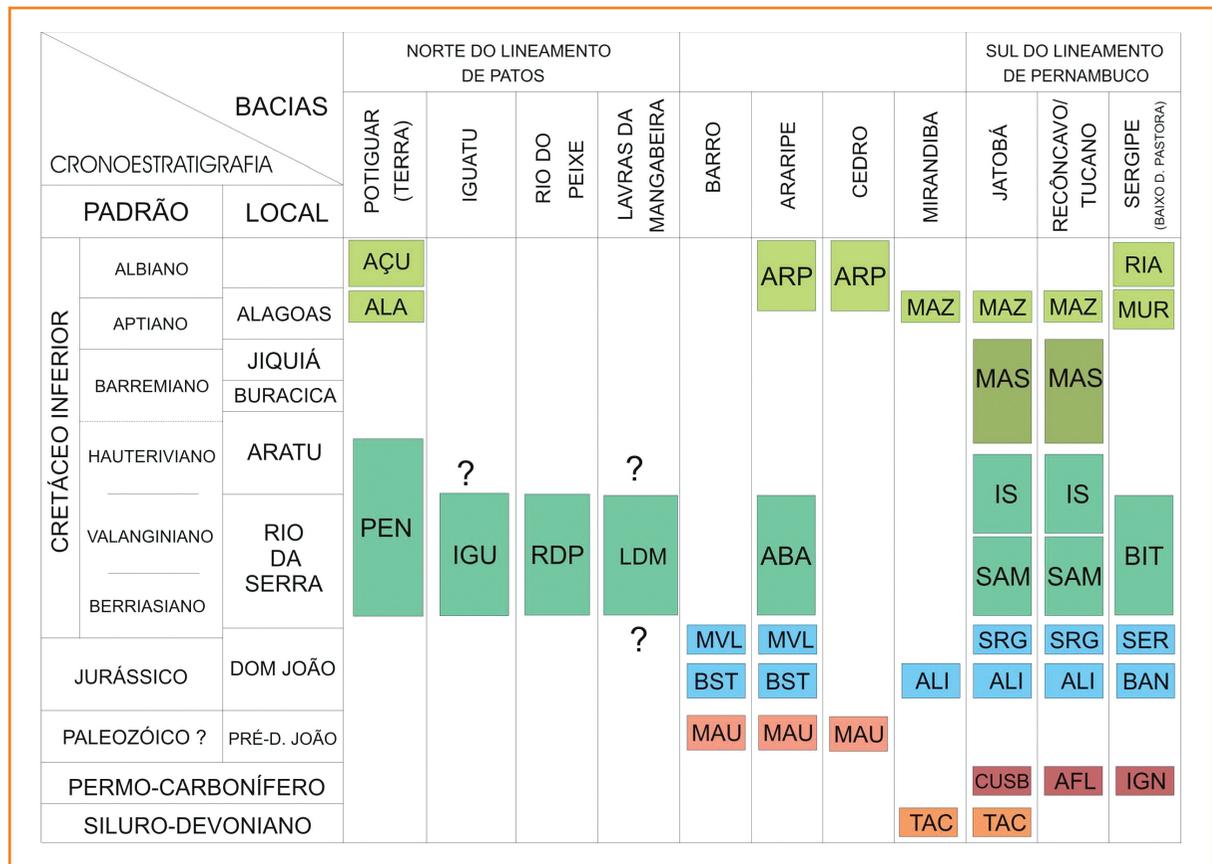


Figura 5 – Diagrama explanatório das colunas litoestratigráficas das principais bacias mesozoicas interiores do Nordeste e bacias maiores adjacentes (segundo Arai, 2006). ABA= Fm. Abaiara; AÇU= Fm. Açú; AFL= Fm. Afligidos; ALA= Fm. Alagamar; ALI= Fm. Aliança; ARP= Gr. Araripe (formações Rio da Batateira, Santana, Arajara e Exu); BAN= Fm. Bananeiras; BIT= Fm. Barra de Itiúba; BST= Fm. Brejo Santo; CUSB= formações Curituba e Santa Brígida; IGN= Gr. Igreja Nova; IGU= Gr. Iguatu; IS= Gr. Ilhas; LDM= Grupo Lavras da Mangabeira; MAS= Gr. Massacará; MAU= Fm. Mauriti; MAS= Fm. Marizal; MVL= Fm. Missão Velha; PEN= Fm. Pendência; RDP= Gr. Rio do Peixe (formações Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas); RIA= Fm. Riachuelo; MUR= Fm. Muribeca; SAM= Gr. Santo Amaro; SER= Fm. Serraria; SRG= Fm. Sergi; TAC= Fm. Tacaratu. As bacias estão dispostas de norte ao sul, grosso modo, da esquerda para a direita.

Figure 5 – Explanatory diagram of lithostratigraphic columns of main interior Mesozoic basins and major adjacent basins of northeastern Brazil (after Arai, 2006). ABA= Abaiara Fm.; AÇU= Açú Fm.; AFL= Afligidos Fm.; ALA= Alagamar Fm.; ALI= Aliança Fm.; ARP= Araripe Gr. (Rio da Batateira, Santana, Arajara and Exu formations); BAN= Bananeiras Fm.; BIT= Barra de Itiúba Fm.; BST= Brejo Santo Fm.; CUSB= Curituba and Santa Brígida formations; IGN= Igreja Nova Gr.; IGU= Iguatu Gr.; IS= Ilhas Gr.; LDM= Lavras da Mangabeira Gr.; MAS= Massacará Gr.; MAU= Mauriti Fm.; MAS= Marizal Fm.; MVL= Missão Velha Fm.; PEN= Pendência Fm.; RDP= Rio do Peixe Gr. (Antenor Navarro, Sousa and Rio Piranhas formations); RIA= Riachuelo Fm.; MUR= Muribeca Fm.; SAM= Santo Amaro Gr.; SER= Serraria Fm.; SRG= Sergi Fm.; TAC= Tacaratu Fm. The columns are roughly arranged from the north (left) to the south (right).

## análise cronológica da Transgressão Aptiana

A idade aptiana dos evaporitos é amplamente aceita, pois o topo da sequência evaporítica principal (Evaporito Ibura e seus equivalentes cronoestratigráficos) se situa, sistematicamente, na proximidade do topo da Palinozona *Sergipea variverrucata* (P-270),

que se relaciona com o Aptiano superior. Esta configuração foi observada nas bacias de Sergipe-Alagoas (Regali e Silva Santos, 1999), Potiguar (Regali e Gonzaga, 1985), Ceará (Regali, 1989), Araripe (Arai et al., 2001), Parnaíba (Antonioli, 2001; Antonioli e Arai, 2002) e São Luís (Pedrão et al., 2001). Na Bacia de Sergipe há ainda o respaldo dos amonóides que indicam que camadas seguramente marinhas podem ter sido depositadas já no final do Eoaptiano (Bengtson et al., 2007).

Embora ocorra de modo menos sistemático, existe o registro de ingressões marinhas no Aptiano inferior, representado pelo Evaporito Paripuera e seus equivalentes cronoestratigráficos, cuja datação foi efetuada por palinologia nas bacias de Alagoas (Uesugui, 1987) e de Almada (Lana e Pedrão, 2000b).

Ainda mais raros, ocorrem registros possivelmente marinhos na transição Barremiano-Aptiano: Gallo (2009) registrou a ocorrência do peixe fóssil *Enchodus sp.* (*Enchodontidae*), sugestivo de influência marinha, na Formação Morro do Chaves (Andar Jiquiá da Bacia de Sergipe-Alagoas).

Independentemente da idade da primeira ingressão marinha, não há dúvida de que foi no tempo correspondente à Palinozona *Sergipea variverrucata* que ocorreu o máximo da inundaçã aptiana, pois essa biozona ocorre, praticamente, em todas as bacias do Norte e Nordeste do Brasil (Arai, 2001), excetuando apenas algumas bacias interiores (fig. 5). Portanto, a sequência evaporítica principal (= Evaporito Ibura), a mais contínua e espessa, deve ter a idade da cronozona de *Sergipea variverrucata* em todas as bacias. Infelizmente, por razões paleofitogeográficas, não ocorre o pólen *Sergipea variverrucata* nas bacias das margens Leste e Sudeste do Brasil, mas as datações disponíveis em estratos adjacentes aos evaporitos são compatíveis com essa assunção. Assim, contrariamente ao que foi advogado por Karner e Gambôa (2007), a sequência evaporítica principal deve ter a mesma idade em todas as bacias do Atlântico Sul Setentrional (e.g., bacias de Sergipe-Alagoas, Espírito Santo, Campos, Santos, Gabon, Congo e Kwanza).

## províncias paleobiogeográficas e a evolução do Atlântico Sul

A diferenciação paleobiogeográfica no Aptiano foi uma consequência direta da existência de barreiras físicas. A barreira constituída pelo alinhamento formado pelo Dorsal de São Paulo (Gamboa e Rabinowitz, 1981) e Alto de Florianópolis (Ojeda e Silva, 1975, *apud* Silveira e Machado, 2004) foi, provavelmente, a mais atuante dessa época, separando o Atlântico Sul em dois compartimentos distintos: o Setentrional (NSA - *Northern South Atlantic*) e o Meridional (SSA - *Southern South Atlantic*). Assim, a grande

diferenciação ocorreu entre a biota situada ao norte da barreira e aquela, ao sul (fig. 6).

A barreira deve ter funcionado de modo eficiente até o final do Albiano. Do final do Aptiano ao Albiano, todas as bacias da margem brasileira – exceto a margem sul (Bacia de Pelotas) – estavam sob influência maior das águas do Atlântico Central. Essa influência é evidenciada, também, pela composição de outros grupos fósseis observada no intervalo Aptiano-Albiano da Bacia de Sergipe-Alagoas, destacando-se as associações de foraminíferos (e.g., *Globigerinelloides aptiensis*, *G. barri*, *G. blowi*, *G. ferreolensis*, *G. mardalensis*, *Hedbergella labocaensis*, *H. maslakovae*, *H. semielongata* e *H. similis*) e amonóides (e.g., *Epicheloniceras cf. martinoides*, *Vectisites simplex* e *Vectisites cf. cruzi*), que sugerem a origem tetiana (Bengtson e Koutsoukos, 1992; Bengtson *et al.*, 2007; Koutsoukos e Bengtson, 2007a, b).

As associações aptianas de dinoflagelados ao norte da barreira Dorsal de São Paulo/Alto de Florianópolis ocorrem em forma de registros localizados e se caracterizam pela baixa diversidade, sendo constituídas, sobretudo, pela Ecozona de *Subtilisphaera*. O ambiente no local ou era predominantemente evaporítico, como no caso da maioria das bacias da Margem Leste, ou era mais parálico, como no caso da Margem Equatorial. A existência de espécies endêmicas diferentes – *Subtilisphaera codoensis*, na Bacia do Parnaíba, e *Subtilisphaera almadaensis*, na Bacia de Almada – sugere a precariedade da interconexão marinha entre as bacias na época. Curiosamente, a Transgressão Marinha Aptiana, mesmo sem poder estabelecer uma conexão marinha efetiva, propiciou a distribuição pandêmica de alguns organismos continentais e parállicos – e.g., ostracodes e carófitas (Musacchio, 2000).

Baseado na distribuição geográfica das ocorrências da Ecozona de *Subtilisphaera*, aliada às outras evidências de influência marinha – e.g., evaporitos aptianos, diversos fósseis marinhos da Bacia do Araripe, radiolários da Formação Areado (Kattah, 1991; Dias-Brito *et al.*, 1999), dados geoquímicos das formações Codó e Alagamar, etc. – postula-se, aqui, a hipótese de que a Transgressão Marinha Aptiana, alimentada pelas águas do Atlântico Central, teria atingido a Bacia de Santos (fig. 6). As águas tetianas não alcançaram a Bacia de Pelotas, devido à barreira exercida pelo alinhamento Dorsal de São Paulo – Alto de Florianópolis. A Bacia de Pelotas, por seu turno, já gozava nessa época de um ambiente francamente marinho, a julgar pela sua associação de dinoflagelados de alta diversidade (Arai *et al.*, 2006).

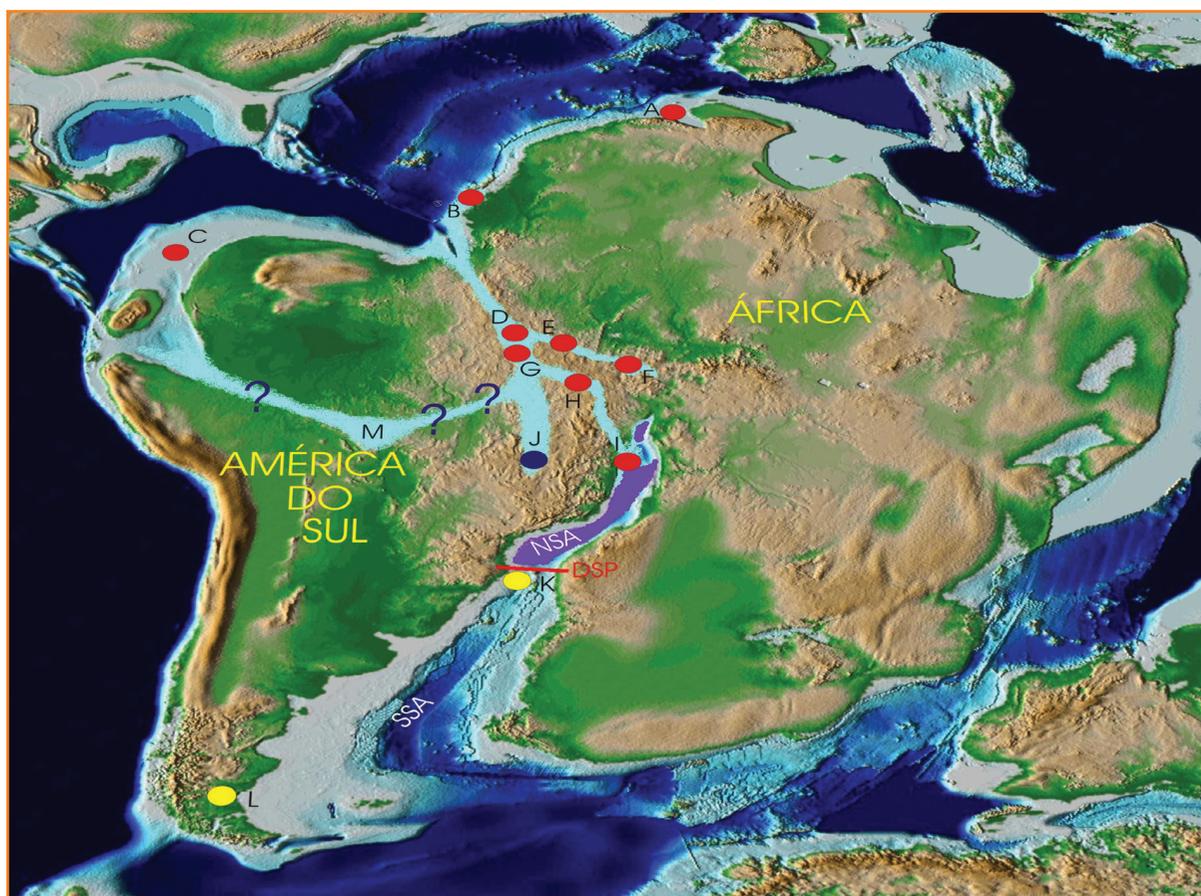


Figura 6 – Novo mapa paleogeográfico do Aptiano (modificado do mapa da reconstituição a 120 Ma de Scotese, 2001) proposto por Arai (2005, 2007) e Arai et al. (2007). O extremo nordeste do Brasil estava ainda ligado à África, mas as águas do Atlântico Central alcançaram o Atlântico Sul setentrional (NSA), através do seaway epicontinental que interligava as bacias de São Luís (D), Parnaíba (G), Araripe (H) e Almada (I). As áreas em cor violeta representam as grandes bacias evaporíticas; o traço vermelho representa a barreira constituída pelo alinhamento Dorsal de São Paulo – Alto de Florianópolis (DSP); os círculos vermelhos (A – I) são as ocorrências da Ecozona de *Subtilisphaera*, que são sugestivas da influência tetiana; os amarelos (K – L) são registros de microfocloras tipicamente austrais; e o ponto azul (J) é a ocorrência de radiolários da Formação Areado; a presença de estratos marinhos aptianos na Bacia dos Parecis (M) ainda não está confirmada.

Ocorrências da Ecozona de *Subtilisphaera*: A. Marrocos (Below, 1981); B. Senegal (Jain & Millepied, 1975); C. Maracaibo Basin, Venezuela (Colmenares, 1994); D. Bacia de São Luís, Brasil (Arai et al., 1994); E. Bacia do Ceará, Brasil (*locus typicus*, Regali, 1989); F. Bacia Potiguar, Brasil (Arai et al., 1994); G. Bacia do Parnaíba, Brasil (Antonioli, 2001; Antonioli e Arai, 2002); H. Bacia do Araripe, Brasil (Arai et al., 1994); I. Bacia de Almada, Brasil (Pedrão e Lana, 2000).

Ocorrências de *Occisucysta victorii*: K. Bacia de Pelotas, Brasil (Arai, 2005, 2007; Arai et al., 2006); L. Rio Fosiles, Província de Santa Cruz, Argentina (*locus typicus*, Pöthe de Baldis e Ramos, 1983).

Figure 6 – New Aptian paleogeographic map as proposed by Arai (2005, 2007) and modified from the Scotese's (2001) map for 120 Ma. Northeasternmost Brazil and West Africa were still joined, but waters coming from the Central Atlantic could reach northern South Atlantic (NSA) via the seaway connecting the São Luís, Parnaíba, Araripe, Sergipe and Almada basins. The areas in violet color represent major evaporitic basins; the red line represents the barrier related to the structural lineament comprising the Florianópolis High and the São Paulo Dorsal (DSP); the red circles (A – I) are occurrences of the *Subtilisphaera* Ecozone that suggest Tethyan influence; the yellow circles (K – L) are occurrences of typically Austral marine palynofloras; and the blue circle (J) is the radiolarian occurrence of Areado Formation. Note that Aptian marine strata are as yet unconfirmed in the Parecis Basin (M).

Ocorrências da Ecozona de *Subtilisphaera*: A. Morocco (Below, 1981); B. Senegal (Jain & Millepied, 1975); C. Maracaibo Basin, Venezuela (Colmenares, 1994); D. São Luís Basin, Brazil (Arai et al., 1994); E. Ceará Basin, Brazil (*locus typicus*, Regali, 1989); F. Potiguar Basin, Brazil (Arai et al., 1994); G. Parnaíba Basin, Brazil (Antonioli, 2001; Antonioli & Arai, 2002); H. Araripe Basin, Brazil (Arai et al., 1994); I. Almada Basin, Brazil (Pedrão & Lana, 2000).

Ocorrências de *Occisucysta victorii*: K. Pelotas Basin, Brazil (Arai, 2005, 2007; Arai et al., 2006); L. Rio Fosiles, Província de Santa Cruz, Argentina (*locus typicus*, Pöthe de Baldis & Ramos, 1983).

A interconexão entre o Atlântico Sul Setentrional e o Atlântico Sul Meridional se estabelece no decorrer do Albiano, mas a influência tetiana ainda persiste, a julgar pelo predomínio de elementos bióticos exclusivos do Tétis (Viviers, 1985; Dias-Brito, 2000; Viviers *et al.*, 2000). O alinhamento Dorsal de São Paulo/Alto de Florianópolis desempenhou efetivamente o papel de barreira pelo menos até o início do Neoalbio (Azevedo, 2001, 2004), propiciando a diferenciação na hidroquímica oceânica e na biota (fig. 7). Ao norte da barreira, a biota mantinha baixa diversidade até o final do Albiano (Vraconiano *sensu* Arai *et al.*, 1996),

em função da circulação deficiente em ambiente marinho restrito com balanço hídrico negativo. Esse cenário do Atlântico Sul Setentrional contrastava com o Atlântico Sul Meridional que, banhado pelas águas austrais, já apresentava balanço hídrico positivo, temperatura mais baixa e circulação oceânica mais intensa (Azevedo, 2001, 2004).

Segundo os estudos de Dingle (1996), baseados em ostracodes marinhos, o efeito restritivo do alinhamento Dorsal de São Paulo/Alto de Florianópolis (chamado “barreira Walvis-Torres” por aquele autor) pode ter perdurado até o final do Cenomaniano.

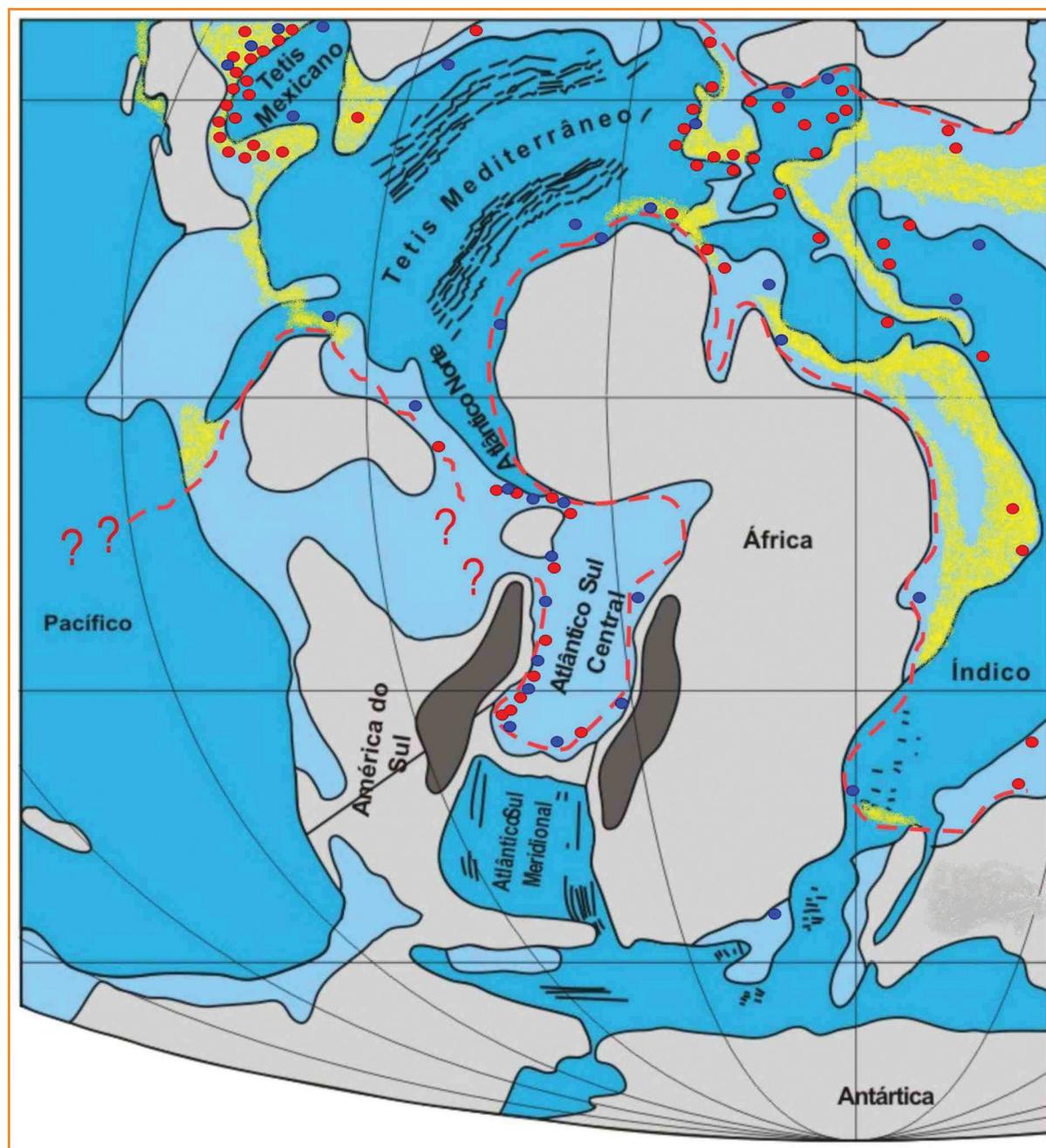


Figura 7

Mapa paleogeográfico do Eoalbio (modificado de Azevedo, 2001, 2004). Em cor cinza, as áreas continentais emersas; em cinza escuro, as regiões montanhosas em torno do Atlântico Sul; em azul claro, os mares intracontinentais e epicontinentais; em azul escuro, os oceanos ou mares mais profundos; em amarelo, os recifes de corais com rudistas; círculos vermelhos representam as ocorrências de pitonélidos (Dias-Brito, 2000) e os azuis, os registros de *Favusella* spp. (Viviers, 1985); e as linhas vermelhas tracejadas representam os limites do *Megatétis sensu* Dias-Brito (2000). Obs.: “Tétis Mediterrâneo” = Atlântico Central; “Atlântico Sul Central” = Atlântico Sul Setentrional.

Figure 7

Early Albian Paleogeographic map, modified from Azevedo (2001, 2004). The grey color indicates the continental areas; intracontinental or epicontinental seas in pale blue; oceans or deeper seas in dark blue; mountains around the South Atlantic in dark gray; rudist reefs in yellow; red circles indicate pithonellid occurrences (Dias-Brito, 2000); blue circles are favusellid foraminiferal occurrences (Viviers, 1985); and the dashed red line depicts the limit of *Megatethys sensu* Dias-Brito (2000). Obs.: “Tétis Mediterrâneo” = Central Atlantic; “Atlântico Sul Central” = northern South Atlantic; “Atlântico Sul Meridional” = southern South Atlantic.

O início da chegada significativa de águas austrais na Margem Sudeste (bacias de Santos e Campos) deve ter acontecido no Vraconiano, fato este que pode ser evidenciado pela mudança na razão isotópica (Azevedo, 2001, 2004) e também pelo aparecimento dentro da biota vraconiana de espécies tidas como exclusivamente austrais (e.g., *Ascodinium acrophorum*). A espécie *Ascodinium acrophorum* foi descrita, pela primeira vez, no Albo-Cenomaniano do oeste da Austrália (Cookson e Eisenack, 1960). Sua distribuição geográfica sugere tratar-se de uma espécie exclusivamente austral. Na Bacia de Campos, ela foi encontrada no Vraconiano. Todas as ocorrências registradas são do Hemisfério Sul (fig. 8): Austrália, Bacia de Angola (Morgan, 1978), Antártica (Keating et al., 1992; Riding e Crame, 2002) e o platô de Kerguelen (Mohr e Gee, 1992). No hemisfério norte, apesar da existência de inúmeros estudos realizados em intervalos coevos, a espécie não foi detectada até o momento.

A biota vraconiana apresenta alta diversidade nas bacias da margem Sudeste do Brasil, provavelmente por ter experimentado uma transição do Domínio Tetiano para o Domínio Austral. No Vraconiano da Bacia de Campos, por exemplo, encontram-se dinoflagelados austrais e endêmicos em meio à predominância

de dinoflagelados tetianos (Arai e Masare, 1997). Já nas bacias da Margem Equatorial, o Vraconiano, assim como o restante do Albiano, apresenta uma associação de dinoflagelados com diversidade relativamente baixa (Lana e Roesner, 2002), provavelmente, devido a paleoambientes menos favoráveis para a proliferação de dinoflagelados (plataforma carbonática muito rasa e plataforma com grande aporte terrígeno).

## conclusões

- a sedimentação marinha aptiana processou-se sob águas tetianas em todas as bacias sedimentares brasileiras, com exceção da Bacia de Pelotas;
- o caminho mais provável da entrada das águas é o seaway do Nordeste do Brasil que passava pelas bacias de São Luís, Parnaíba, Araripe e Sergipe, o qual permitiu que as águas tetianas atingissem as bacias das margens Leste e Sudeste;
- a julgar da ocorrência de fósseis marinhos da Formação Areado (Bacia Sanfranciscana), a extensão da Transgressão Marinha Aptiana para o

Figura 8

Mapa de distribuição paleobiogeográfica de *Ascodinium acrophorum* no Albo-Cenomaniano. Sua ocorrência no Atlântico Sul setentrional (NSA) indica que a conexão entre a parte meridional e a setentrional do Atlântico Sul havia se tornado efetiva nessa época. Fontes: A. Ilha James Ross, Antártica (Keating et al., 1992; Riding e Crame, 2002); B. Bacia de Campos, Brasil (Arai, 2005, 2007); C. Furo DSDP-364, Bacia de Angola (Morgan, 1978); D. Platô de Kerguelen (Mohr e Gee, 1992); E. Austrália (locus typicus, Cookson e Eisenack, 1960; Morgan, 1980). Mapa de reconstituição dos continentes a 99 Ma (cf. Scotese, 2001).

Figure 8

Geographic distribution of the Albian-Cenomanian dinoflagellate *Ascodinium acrophorum*. Its occurrences in the northern South Atlantic (NSA) indicate that the connection between the southernmost and northern parts of the South Atlantic became effective at this time. Sources of data: Campos Basin, Brazil (Arai, 2005, 2007); DSDP Site 364, Angola Basin (Morgan, 1978); James Ross Island, Antarctica (Keating et al., 1992; Riding & Crame, 2002); Kerguelen Plateau (Mohr & Gee, 1992); Australia (locus typicus, Cookson & Eisenack, 1960; Morgan, 1980). Paleogeographic map for 99 Ma (cf. Scotese, 2001).



interior do continente pode ter sido bem maior que o cogitado. Uma extensão ainda maior será averiguada, o que depende da camada marinha aptiana ainda não reconhecida na Bacia dos Parecis;

- d) o modelo clássico de entrada do mar no Barremiano-Aptiano (fig. 1) deve ser revisto.

## epílogo

As conclusões acima foram baseadas, fundamentalmente, em dados paleontológicos. O histórico de Geociências tem mostrado que os fósseis “não mentem”. Os especialistas não-paleontólogos têm que aceitá-los, mesmo que seja um estorvo, procurando explicações condizentes de acordo com suas especialidades. Até a Idade Média, a presença de fósseis marinhos no alto das montanhas intrigava várias pessoas, porém, alguns mais esclarecidos (e.g., Leonardo da Vinci) já a interpretavam como a prova do levantamento de terreno ou da variação do nível relativo do mar (Place, 1963).

O conceito da deriva continental foi lançado no início do século XX por Alfred Wegener, a partir da semelhança de associações fossilíferas dos continentes gondwânicos, além do padrão de encaixe entre os continentes América do Sul e África (Dicionário Livre de Geociências, 2008). A idéia de Wegener foi rejeitada por décadas, mas, atualmente, a Tectônica de Placas derivada é o paradigma quase unânime.

Da mesma forma, espera-se que a hipótese de entrada de águas tetianas vindas do norte nos primórdios do Atlântico Sul setentrional, primeiramente concebida com bases paleontológicas, constitua um novo paradigma a ser aceito por geocientistas de todas as especialidades.

Outro ponto que deve ser ressaltado é o fato de ingressões e transgressões marinhas não terem nenhuma relação com a abertura continental (= processo de formação de oceano). Em relação à separação entre os continentes América do Sul e África, é notório que o processo tectônico evoluiu do sul para o norte (cf. Weijermars, 1989; Macdonald *et al.*, 2003; Eagles, 2007). No entanto, o *seaway* pode estabelecer-se em locais totalmente distintos daquele onde ocorre o processo tectônico, sendo determinante a combinação da subida eustática significativa com a terra emersa sem relevo acentuado.

Em suma, o mar transgressivo não avança, obrigatoriamente, por onde ocorre a abertura continental que leva à formação de oceano.

Assim, os termos como “abertura”, “opening” (e.g., Davison *et al.*, 2004; Koutsoukos e Bengtson, 2007a; Valença *et al.*, 2003), “break-up” e “breakthrough” não devem ser aplicados para o contexto da Transgressão Aptiana.

## agradecimentos

O autor deseja externar gratidão à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Valesca Brasil Lemos (UFRGS) e à Dr<sup>a</sup>. Edwige Masure (Universidade Paris VI, França), respectivamente orientadora e co-orientadora de sua tese de doutorado (Arai, 2007), cuja elaboração contribuiu para o amadurecimento das idéias apresentadas neste trabalho; a Dimas Dias-Brito, Eduardo A. M. Koutsoukos, Marta Claudia Viviers, Ricardo Latgé M. de Azevedo, Cecília Cunha Lana e Peter Szatmari pelas discussões frutíferas proporcionadas ao longo das últimas décadas; aos gerentes da Petrobras Oscar Strohschoen Jr. (BPA), Edison José Milani (Pdexp) e Sérgio Michelucci Rodrigues (ex-Pdexp) pelo incentivo e apoio que foram fundamentais para a publicação deste artigo; a José Henrique G. de Melo e ao Prof. Geoffrey Playford (Universidade de Queensland, Brisbane, Austrália) pela revisão dos textos em inglês (*abstract, expanded abstract e figure captions*).

## referências bibliográficas

ANTONIOLI, L. **Estudo Palinocronoestratigráfico da Formação Codó - Cretáceo Inferior do Nordeste Brasileiro**. 2001. 265f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

ANTONIOLI, L.; ARAI, M. O registro da Ecozona *Subtilisphaera* na Formação Codó (Cretáceo Inferior da Bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil): seu significado paleogeográfico. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6., 2002. São Pedro, **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 2002. p.25-30.

- ARAI, M. A transgressão marinha mesocretácea: sua implicação no paradigma da reconstituição paleogeográfica do Cretáceo no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., 1999. Serra Negra, **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1999, p. 577-582.
- ARAI, M. Chapadas: relict of mid-Cretaceous interior seas in Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 3, p. 432-434, 2000.
- ARAI, M. Palinologia de depósitos cretáceos no Norte e Meio-Norte do Brasil: histórico e estado-de-arte. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.). **O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú**. Belém: MPEG Editoração, 2001. p. 175-189. (Coleção Friedrich Katzer)
- ARAI, M. Megasseqüência Zuni e sedimentação cretácea no Brasil: uma reflexão sobre o conceito de bacia. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6., 2002. São Pedro, **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 2002, p. 317-321.
- ARAI, M. **Biodiversité des dinoflagellés de la marge brésilienne de l'Atlantique Central et de l'Atlantique Sud**: outil traceur des échanges entre l'Atlantique Nord et l'Atlantique Sud au Crétacé moyen et supérieur. 2005. 177f. Université Pierre et Marie Curie, Paris, 2005. Mémoire (Diplôme d'Études Supérieures de Sciences).
- ARAI, M. Revisão estratigráfica do Cretáceo Inferior das bacias interiores do Nordeste do Brasil. **Geociências**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 7-15, 2006.
- ARAI, M. **Sucessão das associações de dinoflagelados (Protista, Pyrrhophyta) ao longo das colunas estratigráficas do Cretáceo das bacias da Margem Continental Brasileira**: uma análise sob o ponto de vista paleoceanográfico e paleobiogeográfico. 2007. 241 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- ARAI, M.; BOTELHO NETO, J.; LANA, C. C.; PEDRÃO, E. Cretaceous dinoflagellate provincialism in Brazilian marginal basins. **Cretaceous Research**, v. 21, p. 351-366, 2000.
- ARAI, M.; COIMBRA, J. C. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990. Crato, **Atas...** Fortaleza: DNPM, 1990, p. 225-239.
- ARAI, M.; COIMBRA, J. C.; SILVA-TELLES Jr., A. C. Síntese Bioestratigráfica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). Crato. In: BARROS, L. M.; NUUVENS, P. C.; FILGUEIRA, J. B. M. (Ed.). **Comunicações dos I e II Simpósios sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste** (Coleção Chapada do Araripe, n. 1). Crato: URCA/ Tipoprogresso Ltda., 2001. p. 109-117; 122-124.
- ARAI, M.; LANA, C. C.; PEDRÃO, E. Ecozona Subtilisphaera spp.: Registro eocretáceo de um importante episódio ecológico do Oceano Atlântico primitivo. **Acta Geologica Leopoldensia**, 17., v. 39, n. 2, p. 521-538, 1994.
- ARAI, M.; MASURE, E.; LEMOS, V. B. Occurrence of a high-diversity Aptian microphytoplanktonic assemblage in Pelotas Basin (Southern Brazil): its implication for the Early Cretaceous history of the South Atlantic. In: SIMPÓSIO DO CRETÁCEO DO BRASIL, 7., 2006. Serra Negra, **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 2006, p. 12.
- ARAI, M.; MASURE, E.; LEMOS, V. B. South Atlantic Aptian palaeobiogeography: new data on Brazilian dinocyst occurrences. In: INTERNATIONAL PALAEOBIOGEOGRAPHY SYMPOSIUM, 1., 2007, Paris, **Abstracts...** Paris: Université Pierre et Marie Curie Muséum national d'Histoire naturelle/ CNRS, 2007, p. 3.
- ARAI, M.; PEREIRA, M. J.; SHIMABUKURO, S. Origem dos chapadões brasileiros: uma análise à luz da estratigrafia de seqüências. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1998. p. 86.
- ARAI, M.; SHIMABUKURO, S. Seriam as florações fitoplanctônicas tóxicas uma das origens de "Lagerstätten"? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17., 2001, Rio Branco, **Boletim de Resumos...** Rio Branco: Sociedade Brasileira de Paleontologia, Universidade Federal do Acre, 2001. p. 63.
- ARAI, M.; SHIMABUKURO, S.; VIVIERS, M. C. Caracterização do Vraconiano (Albiano superior, Cretáceo Inferior) no Brasil: uma contribuição

paleomicroplanctônica. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4., 1996. Águas de São Pedro, **Boletim...** Vitória: Gráfica Tullio Samorini Ltda., UNESP, 1996, p.39-45.

AVOCAT, R.; CHRISTENSON, G. N.; WEST, M. E. The late Aptian transgression on the Congo Craton in the Lambarene region: Gabon. In: CURNELLE, R. (Ed.). **Géologie Africaine**. (Recueil des Communications: 1er. Colloque de Stratigraphie et de Paléogéographie des bassins sédimentaires Ouest-Africains/ 2er. Colloque Africain de Micropaléontologie, Libreville, Gabon, 6-8 mai 1991). Bousens: Elf Aquitaine Edition, 1992. p. 1-16. (Elf Aquitaine Mémoire, v. 13).

AZEVEDO, R.L.M. **O Albiano no Atlântico Sul: estratigrafia, paleoceanografia e relações globais**. 2001. 401 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2001.

AZEVEDO, R. L. M. Paleoceanografia e a evolução do Atlântico Sul no Albiano. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 231-249, 2004.

BELOW, R. Dinoflagellaten-Zysten aus dem oberen Hauterive bis unteren Cenoman Süd West-Marokkos. **Palaeontographica, Abt.B**, v. 176, n. 1-4, p. 1-145, 15 est., 1981.

BENGTSON, P.; KOUTSOUKOS, E. A. M. Ammonite and foraminiferal dating of the first marine connection between the Central and South Atlantic. In: CURNELLE, R. (Ed.). **Géologie Africaine** (Recueil des Communications: 1er. Colloque de Stratigraphie et de Paléogéographie des bassins sédimentaires Ouest-Africains/ 2er. Colloque Africain de Micropaléontologie, Libreville, Gabon, 6-8 mai 1991). Bousens, Elf Aquitaine Edition, 1992. p. 403 (Elf Aquitaine Mémoire, v. 13).

BENGTSON, P.; KOUTSOUKOS, E. A. M.; KAKABADZE, M. V.; ZUCON, M. H. Ammonite and foraminiferal biogeography and the opening of the Equatorial Atlantic gateway. In: INTERNATIONAL PALAEOBIOGEOGRAPHY SYMPOSIUM, 1., 2007, Paris, **Abstracts...** Paris: Université Pierre et Marie Curie Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, 2007. p. 12.

BENKHELIL, J. Structure et evolution géodynamique du Bassin intracontinental de la Bénoué (Nigéria).

**Bulletin Centre de Recherche Exploration-Production Elf-Aquitaine**, v. 12, n. 1, p. 29-128, 1988. BEURLEN, K. **Geologia e Estratigrafia da Chapada do Araripe**. Recife: SBG-Núcleo de Pernambuco, SUDENE, 1963. p. 47.

BEURLEN, K. As espécies dos Cassiopinae, nova subfamília dos Turritellidae, no Cretáceo do Brasil. **Arquivos de Geologia**, Recife, n. 5, p. 1-44, 1964.

BEURLEN, K. Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 38, n. 3-4, p. 455-464, 1966.

BONFIM Jr., F. de C.; MARQUES, R.B. Análise morfológica de escamas do primeiro lagarto fóssil da Formação Santana. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 2., 1997. Crato. **Comunicações...** Crato: Tipoprogresso Ltda., 2001, p. 243-248. (Coleção Chapada do Araripe, n. 1).

CARVALHO, I. S.; GASPARINI, Z. B.; SALGADO, L. O controle climático na distribuição e diversificação dos Crocodyliformes terrestres durante o Cretáceo. In: SIMPÓSIO DO CRETÁCEO DO BRASIL, 7., 2006. Serra Negra, **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 2006, p.33.

COLMENARES, O. A. **Lower Cretaceous palynostratigraphy, organic sedimentology and evolution of the Maracaibo basin, western Venezuela**. 1994. 382f. Tese (Doutorado) - University of Toronto, Department of Geology Toronto, 1994.

COOKSON, I. C.; EISENACK, A. Additional microplankton from Australian Cretaceous sediments. **Micropaleontology**, v. 6, n. 1, p. 1-18, 1960.

DIAS, J. L. **Análise estratigráfica e evolução da fase "rift" nas bacias das margens leste e sudeste do Brasil**. 1991. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.

DIAS, J. L. Tectônica, estratigrafia e sedimentação no Andar Aptiano da margem leste brasileira. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 7-25, 2005.

DIAS, J. L. Estratigrafia e sedimentação dos evaporitos neo-aptianos na margem leste brasileira. In: MOHRIAK, W., SZATMARI, P., COUTO ANJOS, S. M.

- (Ed.) **Sal - Geologia e Tectônica: exemplos nas Bacias Brasileiras**. Rio de Janeiro: Petrobras/ Beca Edições Ltda., 2008. p. 220-229.
- DIAS, J. L.; SAD, A. R. E.; FONTANA, R. L.; FEIJÓ, F. J. Bacia de Pelotas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 235-245, 1994.
- DIAS-BRITO, D. A Bacia de Campos no Mesocretáceo: uma contribuição à paleoceanografia do Atlântico Sul primitivo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 2, p. 162-167, 1987.
- DIAS-BRITO, D. Global stratigraphy, palaeobiogeography and palaeoecology of Albian-Maastrichtian pithonellid calcispheres: impact on Tethys configuration. **Cretaceous Research**, v.21, p. 315-349, 2000.
- DIAS-BRITO, D.; PESSAGNO Jr., E. A.; CASTRO, J. C. Novas considerações cronoestratigráficas sobre o silexito a radiolários do sul da Bacia Sanfranciscana, Brasil, e a ocorrência de foraminíferos planctônicos nestes depósitos. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., 1999. Serra Negra, **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1999, p. 567-575.
- DINGLE, R.V. Cretaceous ostracoda of the SE Atlantic and SW Indian Ocean: a stratigraphical review and atlas. In: JARDINÉ, S.; KLASZ, I.; DEBENAY, J. P. (Ed.), **Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud** (Recueil des Communications: 12er. Colloque de Micropaléontologie Africaine, Angers, France, 1994). Pau: Elf Aquitaine Edition, 1996. p. 1-17. (Elf Aquitaine Mémoire, v. 16).
- EAGLES, G. New angles on South Atlantic opening. **Geophysical Journal International**, v. 168, p. 353-361, 2007.
- FIGUEIREDO, A. M.F. Geologia das bacias brasileiras. In: VIRO, E. J. (Coord.) **Avaliação de formações no Brasil** (WEC Brasil 1985). Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pesquisas de Subsolo pelo Método Schlumberger Ltda., 1985. p. 1-38.
- GALLO, V. A paleoictiofauna marinha das bacias marginais brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 21., 2009, Belém. **Livro de Resumos...** Belém: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2009. p. 266 (CD-ROM, ISSN 2175-7720).
- GAMBOA, L. A. P.; RABINOWITZ, P. D. The Rio Grande fracture zone in the western South Atlantic and its implications. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 52, p. 410-418, 1981.
- GROSDIDIER, E. Quelques ostracodes nouveaux de la Série Anté-Salifère Wealdienne des bassins côtiers du Gabon et du Congo. **Revue de Micropaléontologie**, v. 10, n. 2, p. 107-118, 1967.
- GUIRAUD, R.; BOSWORTH, W.; THIERRY, J.; DELPLANQUE, A. Phanerozoic geological evolution of Northern and Central Africa: an overview. **Journal of African Earth Sciences**, v. 43, p. 83-143, 2005.
- GUIRAUD, R.; MAURIN, J. C. Early Cretaceous riftes of Western and Central Africa: an overview. **Tectonophysics**, v. 213, p. 153-168, 1992.
- HIRAYAMA, R. Oldest known sea turtle. **Nature**, v. 392, p. 705-708, 1988.
- JAIN, K.P.; MILLEPIED, P. Cretaceous microplankton from Senegal basin, W. Africa, Pt. II. Systematics and Biostratigraphy. **Geophytology**, v. 5, n. 2, p. 126-171, 6 estampas, 1975.
- KARNER, G.D.; GAMBÔA, L.A.P. Timing and origin of the South Atlantic pre-salt sag basins and their capping evaporites. In: SCHREIBER, B.C.; LUGLI, S.; BABEL, M. (Ed.) **Evaporites through space and time**. London: Geological Society, 2007. p. 15-35 (Geological Society Special Publications, 285).
- KATTAH, S. **Análise faciológica e estratigráfica do Jurássico Superior, Cretáceo Inferior na porção meridional da Bacia Sanfranciscana, oeste do estado de Minas Gerais**. 1991. 227 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 1991.
- KEATING, J. M.; SPENCER-JONES, M.; NEWHAM, S. The stratigraphical palynology of the Kotick Point and Whisky Bay formations, Gustav Group (Cretaceous), James Ross Island. **Antarctic Science**, v.4, n. 3, p. 279-292, 1992.
- KELLNER, A. W. A. **Pterossauros: os senhores do céu do Brasil**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent Casa Editorial Ltda., 2006. 175 p.

- KELLNER, A. W. A. ; CAMPOS, D. A. Primeiro registro de Amphibia (Anuro) no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 58, n. 4, p. 610, 1986.
- KOUTSOUKOS, E. A. M.; BENGTON, P. Evaluating the evidence on the opening of the Equatorial Atlantic gateway and its global impact. In: GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING, 2007, Denver. **Abstracts with Programs**... Denver: Geological Society of America, 2007a. p. 445 (GSA Abstracts with Programs, v. 39, n. 6).
- KOUTSOUKOS, E. A. M.; BENGTON, P. Paleontological gauging of the first equatorial Atlantic breakthrough. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 20., 2007, Búzios. **Anais**... Búzios: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2007b. p. 229.
- LANA, C. C.; BOTELHO NETO, J. Evidências de provincialismo entre os dinoflagelados peridinióides do Cretáceo Superior - Paleoceno das bacias de Santos e Potiguar, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11., 1989. Curitiba, **Anais**... Curitiba: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1989. v. 1, p. 353-371.
- LANA, C. C.; MENEZES, T. R.; GUZZO, J. P.; ARAÚJO, C. V. Incursões marinhas eoaptianas na Margem Leste Brasileira: caracterização microfossilífera e geoquímica. In: REUNIÃO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINÓLOGOS, 11., 2004. Gramado, **Boletim de Resumos**... Porto Alegre: UFRGS, 2004, p. 81.
- LANA, C. C.; PEDRÃO, E. *Subtilisphaera almadaensis*, uma nova espécie de dinoflagelado da Bacia de Almada, Brasil. **Revista Universidade de Guarulhos**, Geociências V (Número Especial), p. 86-88, 2000a.
- LANA, C. C.; PEDRÃO, E. Um episódio de incurção marinha no Eoaptiano (Eoalagoas) da Bacia de Almada, BA, Brasil. **Revista Universidade de Guarulhos**, Geociências V (Número Especial), p. 89-92, 2000b.
- LANA, C. C.; ROESNER, E. H. Biocronoestratigrafia de dinoflagelados da seção cretácea marinha das bacias do Ceará e Potiguar, Margem Equatorial Brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6., 2002. São Pedro-SP, **Boletim**... Rio Claro: UNESP, 2002. p. 239-245.
- LENTIN, J. K.; WILLIAMS, G. L. Dinoflagellate provincialism with emphasis on Campanian Peridiniaceans. **American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation Contribution Series**, n. 7, p. 1-46, 1980.
- LIMA, M.R. **Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)**. 1978. 337f.; 27 estampas. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1978.
- MABESOONE, J. M.; VIANA, M. S. S.; LIMA FILHO, M. F. Late Mesozoic history of sedimentary basins in NE Brazilian Boeborema Province before the final separation of South America and Africa 3: paleogeography. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., 1999. Serra Negra, **Boletim**... Rio Claro: UNESP, 1999, p. 621-626.
- MACDONALD, D.; GOMEZ-PEREZ, I.; FRANZESE, J.; SPALLETI, L.; LAWVER, L.; GAHAGAN, L.; DALZIEL, I.; THOMAS, C.; TREWIN, N.; HOLE, M.; PATON, D. Mesozoic break-up of SW Gondwana: implications for regional hydrocarbon potential of the southern South Atlantic. **Marine and Petroleum Geology**, v. 20, p. 287-308, 2003.
- MAISEY, J. G. **Santana Fossils**. Neptune City: T.F.H. Publications, Inc., 1991. 459 p.
- MANSO, C. L. C.; HESSEL, M. H. Revisão sistemática de *Pygidiolampas araripeensis* (Beurlen, 1966), (Echinodermata: Cassiduloida) da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Geociências**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 271-277, 2007.
- MARTILL, D. M. Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. **Palaeontology**, v. 31, n. 1, p. 1-18, 1988.
- MASURE, E.; VRIELYNCK, B.; FIET, N. Albian dinoflagellates as indicators of oceanic climates and thermal front. **Polen**, n. 14, p. 120-121, 2004a. (Proceedings of the XI International Palynological Congress, Granada, Spain).
- MASURE, E.; VRIELYNCK, B.; FIET, N. Albian dinoflagellates as indicators of oceanic climates and thermal front. In: Reunião de Paleobotânicos e Palinólogos, 11., 2004. Gramado. **Boletim de Resumos**... Gramado: UFRGS-UNISINOS, 2004b. p. 97.

- MOHR, B. A. R.; GEE, C. T. Late Cretaceous palynofloras (sporomorphs and dinocysts) from the Kerguelen Plateau, southern Indian Ocean (Sites 748 and 750). **Ocean Drilling Program. Scientific Results**, v. 120. p. 281-306, 1992.
- MORGAN, R. Albian to Senonian palynology of Sites 364, Angola Basin. **Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project**, v. 40. p. 915 - 951, 1978.
- MORGAN, R. **Palynostratigraphy of the Australian Early and middle Cretaceous**. Geological Survey of New South Wales, 1980. 153p. (Memoirs of the Geological Survey of New South Wales, Palaeontology, n. 18).
- MUSACCHIO, E. A. Biostratigraphy and biogeography of Cretaceous charophytes from South America. **Cretaceous Research**, v.21, p. 211-220, 2000.
- NORRIS, G. Provincialism of Callovian: Neocomian dinoflagellate cysts in the northern and southern hemispheres. **American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation Contribution Series**, n. 4, p. 29-35, 1975.
- OJEDA, H. A. O. Structural framework, stratigraphy, and evolution of Brazilian marginal basins. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 66, n. 6, p. 732-749, 1982.
- OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. **Geologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943, 2 ed. 811 p. (Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura, Série Didática, n. 2).
- PEDRÃO, E.; LANA, C. C. Ecozona *Subtilisphaera* e seu registro nas bacias brasileiras. **Revista Universidade de Guarulhos**, Geociências V (Número Especial), p. 81-85, 2000.
- PEDRÃO, E.; LIMA, H. P.; MAKINO, R. K.; BARRILARI, I. M. R. Palinoestratigrafia e evolução ambiental da seção cretácea das bacias de Bragança-Viseu e São Luís, margem equatorial Brasileira. **Acta Geologica Leopoldensia**, 25, v. 39, p. 21-39, 2001.
- PLACE, M. T. **Nossa Terra: Geologia e geólogos**. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura S.A., 1963. 153 p. (Edição de Our Earth: Geology and geologists. New York: G.P. Putnam's Sons, 1961). Tradução de Luiza Machado Costa.
- PÖTHE DE BALDIS, E.D.; RAMOS, V. Dinoflagelados del Aptiano inferior de Río Fósiles, Lago San Martin, Provincia de Santa Cruz, Argentina. **Revista Española de Micropaleontología**, v. 15, n. 3, p. 427-446, 1983.
- REGALI, M. S. P. Primeiros registros da transgressão neo-aptiana na margem equatorial brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11., 1989. Curitiba, **Anais...** Curitiba: SBP, 1989. v. 1, p. 275-293.
- REGALI, M. S. P.; GONZAGA, S. M. Palinoestratigrafia da Bacia de Potiguar – Rio Grande do Norte, Brasil. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos**, Brasília, 1985. p. 443-460. (Geologia, 27, Paleontologia e Estratigrafia, 2).
- REGALI, M. S. P.; SILVA SANTOS, P. R. Palinoestratigrafia e geocronologia dos sedimentos albo-aptianos das bacias de Sergipe e de Alagoas - Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., 1999. Serra Negra, **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1999, p. 411-419.
- RIDING, J. B.; CRAME, J. A. Aptian to Coniacian (Early-Late Cretaceous) palynostratigraphy of the Gustav Group, James Ross Basin, Antarctica. **Cretaceous Research**, v. 23, p. 739-760, 2002.
- RIDING, J. B.; IOANNIDES, N. S. A review of Jurassic dinoflagellate cyst biostratigraphy and global provincialism. **Bulletin de la Societe Geologique de France**, v. 167, n. 1, p. 3-14, 1996.
- RODRIGUES, R. **A Geoquímica Orgânica na Bacia do Parnaíba**. 1995. 225f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.
- ROSSETTI, D. F.; PAZ, J. D. S.; GÓES, A. M. Facies analysis of the Codó Formation (Late Aptian) in the Grajaú Area, Southern São Luís-Grajaú Basin. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 76, n. 4, p. 791-806, 2004.
- SARAIVA, A. A. F. **Caracterização paleoambiental e paleo-oceanográfica da Formação Romualdo, Bacia sedimentar do Araripe**. 2008. 96 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Recife, 2008.

SCOTESE, C. R. **Atlas of Earth History**. Arlington: PALEOMAP Project, 2001. 52 p.

SILVA, A. J. P.; LOPES, R. C.; VASCONCELOS, A. M.; BAHIA, R. B. C. Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Ed.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003. p. 55-85.

SILVA-SANTOS, R. **Fósseis do Nordeste do Brasil: paleoictiofauna da Chapada do Araripe**. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, 1991. 64 p.

SILVEIRA, D. P.; MACHADO, M. A. P. Bacias sedimentares brasileiras - Bacia de Pelotas. **Phoenix** (Informativo da Fundação Paleontológica Phoenix), n. 63, p. 1-6, 2004.

UESUGUI, N. Posição estratigráfica dos evaporitos da Bacia de Sergipe-Alagoas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 2, p. 131-134, 1987.

VALENÇA, L. M. M.; NEUMANN, V. H.; MABESOONE, J. M. An overview on Callovian – Cenomanian intracratonic basins of Northeast Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the Southern Atlantic. **Geologica Acta**, v. 1, n. 3, p. 261-275, 2003.

VASCONCELOS, E. P. **O Evento CPT - Camadas Ponta do Tubarão, Aptiano da Bacia Potiguar**. 1995. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

VIANA, M. S. S. The Proto-Atlantic Albian way and its influence on the South American-African life. In: **Boletim de la Asociación Paleontológica del Golfo San Jorge**, n. 2, ano I, p. 32-34, 1998 (Edición Especial).

VIVIERS, M. C. Características bioestratigráficas dos sedimentos albo/cenomanianos da Bacia do Ceará: relações com outras bacias brasileiras e africanas. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos**. Brasília, 1985. p. 529-538. (Geologia, 27, Paleontologia e Estratigrafia, 2).

VIVIERS, M. C.; KOUTSOUKOS, E. A. M.; SILVATELLES, A. C. da; BENGTON, P. Stratigraphy and biogeographic affinities of the late Aptian-Campanian ostracods of the Potiguar and Sergipe basins

in northeastern Brazil. **Cretaceous Research**, v. 21, p. 407-455, 2000.

WEIJERMARS, R. Global Tectonics since the Breakup of Pangea 180 million years ago: evolution maps and lithospheric budget. **Earth-Science Reviews**, v. 26, p. 113-162, 1989.

## webgrafia

ARAI, M.; MASURE, E. Les dinoflagellés Vraconiens du Bassin de Campos (Brésil). **SAMC News**, n.7, p. 9, 1997. Disponível em: <<http://www.ezuser.uni-heidelberg.de/~dc8/samc/News7.html>>. Acesso em: 03 mar. 2009.

DAVISON, I; BATE, R.; REEVES, C. Early opening of the South Atlantic: Berriasian rifting to Aptian salt deposition. In: PESGB/HGS INTERNATIONAL MEETING, 3.; 2004, London, **Extended Abstract**. London, 2004. Disponível em: <[http://www.earthmoves.co.uk/research/south\\_atlantic/davison\\_bates.htm](http://www.earthmoves.co.uk/research/south_atlantic/davison_bates.htm)>. Acesso em: 23 jun. 2008.

DICIONÁRIO LIVRE DE GEOCIÊNCIAS. Alfred Wegener. Disponível em: <[http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php?title=Alfred\\_Wegener](http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php?title=Alfred_Wegener)>. Página modificada em 16 abr. 2008. Acesso em 04 mar. 2009.

SOUZA-LIMA, W.; HANSI Jr., G. P. Bacias da margem continental (Bacias sedimentares brasileiras - Parte 2). In: **Phoenix** - Informativo da Fundação Paleontológica Phoenix, n. 50, p. 1-4, 2003. Disponível em: <[www.phoenix.org.br/Phoenix50\\_Fev03.html](http://www.phoenix.org.br/Phoenix50_Fev03.html)>. Acesso em 03 mar. 2009.

WD-WRONG DIAGNOSIS. **Pfiesteria piscicida poisoning**. Disponível em:<[http://www.wrongdiagnosis.com/p/pfiesteria\\_piscicida\\_poisoning/intro.htm](http://www.wrongdiagnosis.com/p/pfiesteria_piscicida_poisoning/intro.htm)>. Acesso em: 24 mar. 2009.

## expanded abstract

The amount and quality of paleontological data from Brazilian sedimentary basins has increased substantially in recent decades, due, in part, to intensive biostratigraphic analyses providing the necessary support for petroleum exploration. This data bank has become very important, also for global paleobiogeographic studies, because of the scarcity of published data pertaining to the South Atlantic region. The integration of data made available from *Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras)* with those from international literature has led to an updated paleobiogeographic model. This study is based chiefly on the paleogeographic distribution of fossil dinoflagellates, complemented by data from other fossil groups. Most dinoflagellates, as part of the marine plankton, are generally regarded as cosmopolitan organisms. Nevertheless, some recent studies have demonstrated that a significant proportion of dinoflagellate species are endemic, or, at least, exhibit some biogeographical distributional patterns related to provincialism. Paleobiogeographic differentiation of South Atlantic dinocyst assemblages, during the Aptian, was induced by physical barriers related to a structural lineament made up of the São Paulo Dorsal and the Florianópolis High, which prevented the free circulation and mixing of marine water between the southernmost South Atlantic and the remainder of that ocean. This gave rise to two distinct biotas on each side of the aforementioned barrier, which persisted until the close of the Albian. During the Aptian-Albian period, all the Brazilian Atlantic margin basins – except its southernmost part (Pelotas Basin) – were flooded by water from the Central Atlantic. This had been previously identified based on foraminiferal and ammonite faunas preserved in Aptian-Albian transitional strata of the Sergipe Basin (Northeast Brazil). This study, which focuses on dinoflagellate paleobiogeography, indicates that Aptian dinocyst records north of the barrier consist of geographically restricted occurrences of a low-diversity assemblage related to *Subtilisphaera* blooms. Here, marine paleoenvironments range from predominantly evaporitic (in the Brazilian East Margin Basins) to paralic (in the Brazilian Equatorial Margin Basins). The presence of different endemic species – *Subtilisphaera codoensis* in the Parnaíba Basin, *Subtilisphaera almadaensis* in the Almada Basin – suggests that the marine interconnection of Brazilian Atlantic basins was still limited. This study confirms the Aptian transgression, in most of these basins, was fed by

Tethyan water from the Central Atlantic, reaching as far south as the Santos Basin. This inference relies on the geographic distribution of *Subtilisphaera* bloom records, combined with further evidence of marine sedimentation; e.g., Aptian evaporites, various marine fossil occurrences in the Araripe Basin, radiolarians in the Areado Formation (São Francisco Basin), and geochemical analyses of the Codó and Alagamar formations (in the Parnaíba and Potiguar basins, respectively). The São Paulo Dorsal-Florianópolis High lineament prevented Tethyan water from reaching the Pelotas Basin to the south. There, open marine conditions are substantiated by fairly diverse dinoflagellate assemblages containing over 20 species; viz., *Achomosphaera* spp., *Circulodinium distinctum*, *Circulodinium* spp., *Cribroperidinium* cf. *parorthoceras*, *Cribroperidinium* spp., *Exochosphaeridium* spp., *Florentinia mantellii*, *Impletosphaeridium* spp., *Occisucysta victorii*, *Odontochitina* spp., *Oligosphaeridium* complex, *O. tenuiprocessum*, *O. totum*, *Oligosphaeridium* spp., *Palaeoperidinium cretaceum*, *Pervosphaeridium cenomaniense*, *Pervosphaeridium* cf. *pseudohystrichodinium*, *Pervosphaeridium* spp., *Pseudoceratium anaphrissum*, *P. eisenackii*, *Spiniferites bejui*, *Spiniferites* spp., *Tenua americana*, *Trichodinium* spp., and *Wrevittia cassidata*. The presence of *Occisucysta victorii* and *Tenua americana* represents important new evidence, because their only previously documented occurrence was from their type-stratum (lower Aptian, Rio Fósiles, Província de Santa Cruz, Argentina). This indicates that the Pelotas Basin assemblage can be related to the Austral Microflora, hence endorsing that in the Aptian the Pelotas Basin was already part of the southern South Atlantic. The northern and southernmost South Atlantic were first connected in the Albian, but the influence of the São Paulo Dorsal-Florianópolis High lineament persisted until the late Albian. The effective mixing of oceanic water only took place in the Vraconian (latest Albian), when high-diversity dinoflagellate assemblages occur in the Santos and Campos basins, including such exclusively Austral species as *Ascodinium acrophorum*.

The proposed model differs fundamentally from those that have traditionally hypothesized the entry of Aptian sea water from the South, even in the Brazilian Southeastern and Eastern Continental Margin Basins, accompanying the tectonic opening of the South Atlantic from south to north. This work concludes that the early marine ingressions could have occurred independently of the ocean formation. The major Aptian transgression was very likely favored by the subdued

*topography at that time and led to the development of an extensive epicontinental sea on interior inlands, as represented by much of present-day Brazil. At its maximum extent, the Aptian sea invaded the interior of the South American continent, forming a seaway that effectively connected several basins such as São Luís, Parnaíba, Araripe, Tucano, Recôncavo, Sergipe, and Almada. Thus, the Tethyan water coming from the north could reach the Eastern Brazilian Continental Margin Basins even at a time when South America was still joined with Africa at the region corresponding to the Pernambuco-Paraíba Basin (Northeastern Brazil). Branches of this seaway probably reached the São Francisco Basin (Areado/Urucuia system) and perhaps the Parecis Basin (Western Brazil).*

*The proposed model thus supports the adoption of a new paradigm for the Aptian paleogeographic reconstruction. Clearly, reinterpretations of this nature must be consonant primarily with the paleontological evidence. One of the most notable examples was recognition of continental drift, the main aspect of the Plate Tectonics Theory, which was based initially on paleontological evidence accrued early last century by Alfred Wegener, and ratified some decades later by other geological and geophysical evidence.*