

BIOZONAS DE NANOFÓSSEIS DO CRETÁCEO DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA: PROBLEMAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES

CRETACEOUS NANNOFOSSIL BIOZONES OF THE BRAZILIAN CONTINENTAL MARGIN: PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS

Rogério Loureiro Antunes¹

RESUMO - Realiza-se, aqui, uma análise crítica de cada uma das 12 biozonas de nanofósseis propostas até hoje, discutindo-se seus aspectos positivos e negativos. Apresentam-se, também, outros eventos biológicos que poderão ser utilizados no refinamento das seções, e um arcabouço bioestratigráfico hipotético que procura abranger todas as nuances e peculiaridades observadas nas bacias investigadas. Este arcabouço deverá ser testado e, se comprovada sua exequibilidade, orientar estudos futuros.

(Originais recebidos em 18.06.96.)

ABSTRACT - In this paper, each one of the twelve nannofossil zones that were proposed, up to the present date, undergoes a critical analysis, and their positive and negative aspects are discussed. In addition, other biological events are presented and they may be used in order to refine the sections. It is also presented a hypothetical biostratigraphical framework with an attempt to cover all nuances and peculiarities observed in the investigated basins. This framework shall be tested, if accomplishable, it shall guide future studies.

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

1 - INTRODUÇÃO

A pesquisa dos nanofósseis no Brasil iniciou-se com a exploração petrolífera no mar, em 1968. Como resultado das primeiras investigações, surgiu o trabalho de Trøelsen e Quadros (1971) propondo, com base nestes microorganismos, uma série de zonas bioestratigráficas para a seção Aptiano-Mioceno. Com relação ao Cretáceo, foram reconhecidas cinco biozonas.

Dos anos 70 até os dias atuais, foram apresentadas numerosas contribuições, enfocando ou não a nanoflora do Cretáceo. Em sua grande maioria, estes trabalhos tiveram como objetivo o refinamento bioestratigráfico da seção cretácea com a proposição de novas biozonas, a emenda de outras e, sempre que necessário, o ajuste cronoestratigráfico das biounidades, em função de informações obtidas.

Atualmente, são reconhecidas, para essa fatia do registro geológico, 12 biozonas. Porém este número não significa que os sedimentos cretáceos marinhos de qualquer bacia da margem brasileira possam ser subdivididos em, no máximo, 12 intervalos bioestratigráficos. Isto se justifica na medida em que algumas destas biozonas indicam o mesmo intervalo cronoestratigráfico, e nem todas foram reconhecidas em todas as bacias.

Outro problema verificado refere-se à falta de homogeneidade entre algumas unidades bioestratigráficas reconhecidas. É relativamente comum determinada zona indicar intervalos cronoestratigráficos diferentes em bacias distintas.

Objetivou-se, aqui, principalmente, realizar um inventário de toda a história das biozonas cretáceas de nanofósseis, tecendo uma análise crítica a respeito de

1 - Setor de Bioestratigrafia e Paleoecologia (SEBIPE), Divisão de Exploração (DIVEX), Centro de Pesquisas (CENPES), Avenida 1, Quadra 7, Cidade Universitária, 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

cada uma delas, apontando seus aspectos positivos e negativos. Pretende-se discutir a validade das unidades bioestratigráficas e o porquê de algumas possuírem limites cronoestratigráficos distintos. Secundariamente, são apresentados eventos biológicos que podem ser utilizados no refinamento e na reformulação do arcabouço bioestratigráfico, atualmente disponível para a seção cretácea média a superior (Albiano a Maastrichtiano) das bacias da margem continental brasileira (fig.1).

dos estudos mais recentes disponíveis, sempre que necessário, estes serão referenciados.

Como se observa (fig. 2), biozonas com nomes e definições idênticos têm amplitudes cronoestratigráficas distintas. Outras não integram a coluna bioestratigráfica de todas as bacias tomadas como referência. Estes e outros aspectos serão abordados detalhadamente a seguir. Procurou-se manter a definição original de cada biozona ou a que foi emendada em estudos posteriores.



Fig. 1 - Bacias marginais brasileiras.
Fig. 1 - Brazilian marginal basins.

2 - ZONAS RECONHECIDAS NAS BACIAS MARGINAIS BRASILEIRAS

Na figura 2, apresenta-se a disposição cronoestratigráfica das biozonas de nanofósseis em algumas bacias da margem continental brasileira. O quadro elaborado reproduz, com pequenas modificações, os resultados das últimas pesquisas realizadas em cada uma dessas áreas. Para sua confecção, foram consultados os trabalhos desenvolvidos para cada bacia que compõem o volume *Bioestratigrafia das Bacias Mesozóicas-Cenozóicas Brasileiras*, editado por Beurlen *et al.* (1992). Tomou-se esta decisão de vez que o trabalho de Beurlen *et al.* é, na realidade, uma compilação das pesquisas que serviram de base para esta análise crítica. Apesar de não incluir os resultados

2.1 - Zona *Nannoconus quadriangulus apertus*

Definição: intervalo compreendido entre a primeira e a última ocorrência de *Nannoconus quadriangulus apertus* Deflandre & Deflandre.

Autor: Beurlen *et al.* (1992; in Beurlen *et al.* 1992).

Código: inexistente.

Cronoestratigrafia: Alagoas (parte superior), o que corresponde, aproximadamente, à porção basal do Albiano (Beurlen *et al.* 1992).

Observações:

1. a biozona foi originalmente definida em depósitos da Bacia de Sergipe/Alagoas (testemunhos do poço 7-BRG-12-SE), por Beurlen *et al.* (1987). Nesta perfuração, os autores verificaram que algumas espécies do gênero *Nannoconus* têm ocorrência estratigráfica coincidente com a parte superior da Zona *Cytheridea* ex. gr. C. 201/218 de ostracodes e com a superzona *Exesipollenites tumulus* (P-200) de palinórfos. Com base nos aspectos da assembléia de nanoconídeos, relativamente diferentes dos até então conhecidos, Beurlen *et al.* (*op. cit.*) propuseram, em caráter informal, a biunidade. O intervalo cronoestratigráfico atribuído (Alagoas - parte superior) foi obtido por intermédio das biozonas de ostracodes e palinórfos;
2. os estratos da Zona *Nannoconus quadriangulus apertus* só foram assinalados na perfuração que serviu de seção de referência. Na verdade, acredita-se que tais estratos tenham estreita relação com os da biozona *Nannoconus fragilis* (descrita a seguir). Como esta zona passou a ser registrada em poços de mais de uma bacia, a biunidade *Nannoconus quadriangulus apertus* caiu em desuso. No entanto, foi revalidada por Beurlen *et al.* (1992; in Beurlen *et al.* 1992), para a Bacia de Sergipe/Alagoas;
3. em face do caráter de desuso, todas as demais observações julgadas pertinentes para a biozona *Nannoconus quadriangulus apertus* são comentadas na descrição da Zona *Nannoconus fragilis*.

| M. a. | TEMPO | SANTOS ² | CAMPOS ³ | ESP. SANTO ⁴ | SERG./ALAGOAS ⁵ | POTIGUAR ⁶ | CEARÁ ⁷ |
|-------|----------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 65,0 | PALEOCENO | | | | | | |
| | MAASTRICHTIANO | <i>A. Cymbiformis</i> N290 | <i>A. Cymbiformis</i> N290 | <i>A. Cymbiformis</i> N290 | <i>A. Cymbiformis</i> N290 | <i>A. Cymbiformis</i> N290 | <i>A. Cymbiformis</i> N290 |
| | | <i>Q. trifidum</i> N280 | <i>Q. trifidum</i> N280 <i>A. parvus</i> N270 | <i>Q. trifidum</i> N280 <i>A. parvus</i> N270 | <i>Q. trifidum</i> N280 | <i>Q. trifidum</i> N280 | <i>Q. trifidum</i> N280 |
| 74,0 | CAMPANIANO | <i>E. eximius</i> N265 | <i>E. eximius</i> N265 | <i>E. eximius</i> N265 | <i>A. parvus</i> N270 <i>E. eximius</i> N265 | <i>E. eximius</i> N265 | <i>E. eximius</i> N265 |
| 83,0 | | SANTONIANO | <i>M. furcatus</i> N260 | <i>L. grillii</i> N260 | <i>L. grillii</i> N260 | <i>L. grillii</i> N260 | <i>L. grillii</i> N260 |
| 86,6 | CONIACIANO | | | ? | | | |
| 88,5 | TURONIANO | <i>S. achylorus</i> N255.2 | | | | <i>S. achylorus</i> N255.2 | <i>S. achylorus</i> N255.2 |
| 90,4 | CENOMANIANO | <i>A. albianus</i> N255.1 | ? | <i>A. albianus</i> N255.1 | ? | <i>A. albianus</i> N255.1 | <i>A. albianus</i> N255.1 |
| 97,0 | | ALBIANO | <i>N. truitti</i> N250 | <i>N. truitti</i> N250 | <i>N. truitti</i> N250 | ? <i>N. truitti</i> N250 <i>N. q. apertus</i> | <i>N. truitti</i> N250 |

1 - Harland *et al.* 1989; 2 - Viviers, 1986; 3 - Azevedo *et al.* 1987a e Cunha *et al.* 1993; 4 - Antunes, 1990 e Oliveira *et al.* 1993; 5 - Beurlen *et al.* 1987 e Beurlen *et al.* 1992; 6 - Wanderley, 1987, 1988; 7 - Cunha, 1990.

Fig. 2 - Biozonas cretáceas de nanofósseis em algumas bacias da costa brasileira.
Fig. 2 - Cretaceous biozones with nanofossils in some basins of the Brazilian shore.

2.2 - Zona *Nannoconus fragilis*

Definição: intervalo situado abaixo da última ocorrência de *Nannoconus fragilis* Deres & Achéritéguy.

Autor: Cunha (1990a, b).

Código: inexistente.

Cronoestratigrafia: Albiano, podendo, entretanto, englobar parte do Aptiano.

Observações:

1. a biozona *Nannoconus fragilis* não teve uma definição adequada, uma vez que sua base não foi assinalada. Cunha (1990a, b) poderia ter-se valido para individualizar seu limite inferior da primeira ocorrência da espécie nominativa, o que a caracterizaria como uma zona de amplitude;
2. a biozona *Nannoconus fragilis* foi definida na Bacia do Ceará, tendo sido reconhecida posteriormente em alguns poços de Sergipe/Alagoas e Potiguar. Embora verificada nestas bacias, ainda não foi formalmente incorporada aos zoneamentos de Ceará e Potiguar (Viviers *et al.* 1992a, b; *in* Beurlen *et al.* 1992);

3. os estratos da biozona geralmente são caracterizados por uma associação relativamente rica em espécies do gênero *Nannoconus*. *Nannoconus quadriangulus* s.l., *Nannoconus circularis* Deres & Achéritéguy e *Nannoconus truitti* s. l. Brönnimann destacam-se como as mais conspícuas. Além destas, são também registradas *Watznaueria barnesae* (Black) Perch-Nielsen, *Eprolithus* spp. Stover, *Radiolithus* spp. (Stover) Varol e *Axopodorhabdus albianus* (Black) Wind & Wise, entre outras;

4. certas ocorrências da Zona *Nannoconus fragilis* na Bacia do Ceará, quando comparadas às informações bioestratigráficas de foraminíferos e palinóforos, sugerem que pelo menos sua parte superior seja de idade albiana. No poço 1-CES-112, por exemplo, verificou-se que o limite superior da biozona de nanofósseis ocorre em estratos neoalbianos a eocenomanianos. Na realidade, o topo da biozona foi assinalado logo acima daquele da Zona de palinóforos *Classopolis spinosus* (P-355), o que indica a parte intermediária do Albiano. Com relação aos foraminíferos, constatou-se que a última ocorrência de *Nannoconus fragilis* é, também, imediatamente posterior ao

desaparecimento das espécies do gênero *Ticinella*, tido, na bacia, como um evento neoalbiano (Abrahão *et al.* 1993);

5. associações de *Nannoconus*, características da zona considerada, parecem ter sido formalmente registradas pela primeira vez na margem continental brasileira por Freitas *et al.* (1986). No entanto, Trøelsen e Quadros (1971) já haviam fotografado alguns de seus exemplares (Bacia de Sergipe/Alagoas, poço 7-BRG-12-SE). Foi com base nestas ocorrências que, posteriormente, Beurlen *et al.* (1987, 1992) definiram a Zona *Nannoconus quadriangulus apertus*, já comentada. Em termos cronoestratigráficos, entretanto, Freitas *et al.* (*op. cit.*), preferiram não firmar posição quanto ao andar em que as tais associações estavam inseridas, limitando-se a afirmar que as espécies reconhecidas não eram suficientes para distinguir o Aptiano do Albiano. A dúvida então existente tinha forte componente taxonômica. Em face da péssima preservação de determinados exemplares, tornou-se impossível reunir caracteres diagnósticos que viabilizassem a distinção entre as espécies *Nannoconus fragilis* e *Nannoconus quadriangulus* s.l.. Na época, acreditava-se que a distinção entre estas espécies seria fundamental para o reconhecimento dos andares mencionados, pois de acordo com Deres e Achéritéguy (1980), *Nannoconus quadriangulus* s.l., entre outros nanoconídeos, estaria restrito ao Aptiano, ao passo que *Nannoconus fragilis* seria exclusivo do Albiano.

A distinção entre as várias espécies de *Nannoconus*, mesmo em associações relativamente bem preservadas, não é considerada fácil, uma vez que muitos taxa têm dimensões semelhantes e encerram poucas características diagnósticas. Na verdade, os nanoconídeos pertencem a um grupo bastante complexo, e a literatura dispõe de poucos trabalhos que investigam estes componentes da nanoflora calcária. Além disso, em face da escassez de pesquisas, não se tem um bom controle cronoestratigráfico da distribuição de suas várias espécies. Este poderia ser o caso da amplitude de *Nannoconus quadriangulus* s.l., cuja extinção era tida como aptiana (Deres e Achéritéguy, 1980). Esta espécie foi registrada, em testemunhos do poço 1-US-1-SE (Cunha, informação verbal) em associação com *Predicosphaera columnata* (Stover) Perch-Nielsen. É oportuno citar que a primeira ocorrência de *Predicosphaera columnata* evidencia a base da zona CC8 de Sissingh (1977) que, segundo Perch-Nielsen (1985), refere-se a uma biunidade intra-albiana. A idade albiana para estes testemunhos também é indicada por foraminíferos. Para Koutsoukos (1989), as referidas amostras pertencem à zona *Biticinella breggiensis*

Ticinella ex. gr. *primula* (Al4), definida pelo mencionado autor, para a bacia.

Apesar da falta de conhecimento acurado sobre o range das várias espécies, parece haver consenso de que a maioria delas habitou, principalmente, os mares eocretáceos, sendo poucas aquelas observadas em sedimentos representativos dos tempos cretáceos pós-albianos.

Em face dos problemas mencionados, acredita-se que a delimitação entre os andares Aptiano e Albiano, com base em exemplares do gênero *Nannoconus*, seja uma tarefa difícil. Decorrência direta desta afirmação é a idade atribuída para a Zona *Nannoconus fragilis* que, a julgar pelo que as evidências indicam, situa-se principalmente no Albiano. Entretanto, não se descarta a possibilidade de seus estratos mais basais pertencerem ao Aptiano;

6. sedimentos contendo exemplares de *Nannoconus* têm sido observados principalmente nos estratos representativos dos estágios iniciais da formação do Oceano Atlântico. Contudo, a associação da biozona *Nannoconus fragilis* não foi registrada, até hoje, nos carbonatos cretáceos das bacias mais investigadas da margem sudeste (Santos, Campos e Espírito Santo). Nestas bacias, os carbonatos pertencem, quase sempre, à biozona *Nannoconus truitti* (descrita a seguir), e a nanoflora observada geralmente é pobre. A Zona *Nannoconus truitti* possui maior abrangência cronoestratigráfica e engloba aquela da biunidade *Nannoconus fragilis*. Esta constatação induz à formulação de algumas hipóteses para explicar o não-registro desta última biozona nas bacias mencionadas:

- a) a existência de amplo hiato intra-albiano, correspondente ao tempo compreendido pela biozona *Nannoconus fragilis*;
- b) as condicionantes ambientais da água do mar necessárias para a proliferação e sedimentação (após a morte do organismo) de *Nannoconus fragilis* não teriam sido atingidas;
- c) a recristalização sofrida pelos carbonatos durante a diagênese teria destruído ou dificultaria muito a liberação dos nanofósseis da matriz da rocha, impedindo, assim, o reconhecimento da biozona em análises rotineiras;
- d) eventualmente, já em tempos aptianos (?), a margem equatorial receberia influxos de águas oriundas do oceano situado a norte do primitivo Atlântico Sul. Estes corpos aquosos trariam bioelementos

planctônicos (entre eles as associações da Zona *Nannoconus fragilis*) que seriam disseminados apenas pelas bacias circunjacentes, não atingindo a margem sudeste.

De acordo com os arcabouços bioestratigráficos elaborados a partir de outros grupos fósseis (palinórfos, principalmente), o Albiano, na margem sudeste, é dividido em duas ou mais biozonas e as investigações não sugerem a existência de qualquer hiato intra-albiano de grande expressão geográfica (Azevedo *et al.* 1987a; Viviers *et al.* 1986; Oliveira *et al.* 1993). Esta informação parece invalidar a primeira hipótese (a). Do mesmo modo, não há evidências que suportem a necessidade de condições ambientais para a proliferação de *Nannoconus fragilis* muito diferentes daquelas requeridas por *Nannoconus truitti* s.l. Ao contrário, interpreta-se que os ambientes propícios ao florescimento das duas espécies fossem semelhantes, uma vez que ambas pertencem ao mesmo gênero, e o *Nannoconus truitti* s.l. é uma forma coadjuvante da Zona *Nannoconus fragilis*, o que descarta a hipótese (b).

Por outro lado, as duas últimas suposições não devem ser desprezadas. É sabido; por exemplo, que a porção superior da Formação Macaé (Albiano/Turoniano da Bacia de Campos) encerra níveis ricos em nanofósseis, observáveis somente com o auxílio do microscópio eletrônico de varredura (MEV, Spadini *et al.* 1988). Quando estes níveis são investigados com o emprego do microscópio óptico com luz polarizada (MO), apenas poucas espécies são constatadas em meio a um aglomerado indistinto e amorfo. Assim, ao que parece, a diagênese que atuou na litificação dos carbonatos não permite que a maioria dos nanofósseis seja liberada durante o processamento do material para a análise ao MO. Logo, o não-registro da biozona *Nannoconus fragilis* nas bacias da margem sudeste pode ser devido a fenômenos puramente diagenéticos – hipótese (c).

Finalmente, a hipótese (d) também parece ser bastante viável. Há vários trabalhos que objetivaram, entre outros aspectos, a identificação da época em que o contato entre os oceanos Atlântico Sul e Atlântico Norte foi efetivado (Dias-Brito, 1987). E a maioria tende a reconhecer, a partir da comparação de associações fossilíferas, que tal contato deu-se entre o Aptiano e o Cenomaniano. Deste modo, com a ingressão e circulação das massas de água do Atlântico Norte, a biota planctônica seria disseminada. Entretanto, esta circulação, pelo menos no início, seria restrita e ficaria limitada, principalmente, às áreas ao norte da Bacia de Sergipe/Alagoas, uma vez que exemplares de *Nannoconus fragilis* não foram observados na margem sudeste. Entretanto, deve ser comentado que Dias-Brito (1994) sugere que esta circulação, já em tempos eoalbianos, seria mais abrangente e atingiria a Bacia de

Santos. Esta sugestão é amparada pela constatação de calpionelídeos (*Colomiella recta* e *Colomiella mexiacana*) típicos do Atlântico Norte (Mar de Tétis) em testemunhos do poço 1-SPS-6;

7. Em função do exposto, acredita-se que a biozona *Nannoconus fragilis* não tenha ampla aplicação na margem continental brasileira, limitando-se, principalmente, às bacias marginais situadas a leste e nordeste do Brasil.

2.3 - Zona *Nannoconus truitti*

Definição: intervalo situado abaixo da última ocorrência de *Nannoconus truitti*.

Autores: Trøelsen e Quadros (1971).

Código: N-250.

Cronoestratigrafia: Albiano/Cenomaniano (parte inferior).

Observações:

1. Trøelsen e Quadros (1971), ao definirem a biozona, preferiram não separar as associações de *Nannoconus* que se sucedem nas seções estratigráficas do Cretáceo "médio" das bacias marginais brasileiras (principalmente aquelas situadas ao norte de Sergipe/Alagoas). Assim, utilizaram-se, além do desaparecimento de *Nannoconus truitti* s.l., da última ocorrência das demais espécies do gênero para identificar o topo da zona. Porém, o que se observa é que o *taxon* *Nannoconus truitti* s.l. geralmente tem extinção posterior à dos demais nanocónídeos. Aliás, esta observação foi o principal fator em que Cunha (1990a, b) se baseou para definir a Zona *Nannoconus fragilis*;
2. em geral, principalmente nas bacias da margem sudeste, a zona em questão encerra uma associação nanofossilífera relativamente pobre. Além da espécie diagnóstica, são registrados exemplares de *Watznaueria barnesae*, *Eprolithus* spp., *Radiolithus* spp. e *Braarudosphaera* ex. gr. *B. africana*;
3. em sua concepção original, Trøelsen e Quadros (1971) haviam proposto para a Zona *Nannoconus truitti* o intervalo aptiano (parte superior)/cenomaniano (parte basal), sobretudo com base em investigações feitas na Bacia de Sergipe/Alagoas. Tal proposição apoiou-se na contemporaneidade de *Nannoconus truitti* s.l. e *Nannoconus* spp. Kamptner com foraminíferos planctônicos e amonóides desse intervalo. Mais tarde, Perch-Nielsen (1977), Proto-Decima *et al.* (1978) e Cepek (1978), analisando, respectivamente, as amostras dos Legs 39, 40 e 41 do *Deep Sea Drilling*

Project (DSDP) – Atlântico Sul e Equatorial –, registraram as últimas ocorrências de *Nannoconus truitti* s.l. na parte superior do Albiano. Da mesma forma, Viviers (1986), Azevedo *et al.* (1987a), Antunes (1987), Beurlen *et al.* (1987) e Viviers e Azevedo (1988) também reconheceram nas bacias de Santos, Campos, Espírito Santo e Sergipe/Alagoas (área de Brejo Grande-Carapitanga) que a extinção do gênero *Nannoconus* teria ocorrido próximo ao topo do Albiano, uma vez que guarda estreito sincronismo com as últimas ocorrências dos foraminíferos *Ticinella raynaudi* Sigal, *Ticinella primula* Luterbacher, *Rotalipora ticinensis* Brotzen e *Neobulimina minima* Tappan e do dinoflagelado *Oligosphaeridium complex* (Davey e Willians) Davey (= *Hystricosphaeridium maranhensis* Regali *et al.*).

Por outro lado, Wanderley (1987, 1988), em estudos referentes à Bacia Potiguar, considerou que o topo da Zona *Nannoconus truitti* seria um biorizonte mesocenomaniano, posicionado entre as últimas ocorrências dos pólenes *Psilatricolpites papilioniformis* (Regali *et al.*) e *Gnetaceaepollenites diversus* Stover, e abaixo do desaparecimento do foraminífero *Rotalipora aff. R. appenninica* Renz. Na Bacia do Ceará, Cunha (1990a) sugere que a espécie *Nannoconus truitti truitti* teria sido extinta no Turoniano (poço 1-CES-75), o que também pode ser verificado na perfuração 1-US-1-SE da Bacia de Sergipe/Alagoas (Cunha, informação verbal). No testemunho T1 deste poço, exemplares de *Nannoconus truitti* s.l. ocorrem em associação com foraminíferos planctônicos, interpretados por Koutsoukos (1989) como característicos do Turoniano (Zona *Hedbergella (Whiteinella) archaeocretacea-Heteroelix reussi* (T1) de Koutsoukos *op. cit.*).

Como já abordado por Antunes (1987, 1990), a extinção do gênero *Nannoconus* nas bacias da costa brasileira parece estar vinculada a fenômenos ecológicos, pois, de acordo com Dêres e Achéritéguy (1980), a ocorrência deste *taxon*, mais abundante e diversificado no Cretáceo Inferior, parece ter-se estendido até o Campaniano. Provavelmente, tais fenômenos ecológicos estariam diretamente relacionados à mudança climática postulada por Dias-Brito (1987) e Viviers e Regali (1987), em investigações referentes às bacias de Campos e Potiguar, respectivamente. O clima, de quente e seco, teria passado a quente e úmido, ocasionando o fim da sedimentação carbonática em algumas bacias da costa brasileira. A causa desta mudança estaria associada ao aumento do volume de água do Atlântico Sul, em decorrência de seu crescente contato com massas de água dos oceanos posicionados ao sul e ao norte (Dias-Brito, *op. cit.*).

Entretanto, Dias-Brito (1987) e Viviers e Regali (1987) advogam épocas distintas para este evento

climático: para Dias-Brito (*op. cit.*), tal mudança teria sido efetuada próximo ao término do Albiano, ao passo que, de acordo com Viviers e Regali (*op. cit.*), teria sido um pouco mais tarde, com início na porção intermediária (?) do Cenomaniano e término no início do Turoniano.

Essa diferença de tempo em que tal alteração climática é sugerida pode ajudar a explicar o diacronismo observado para a última ocorrência de *Nannoconus truitti* s.l. Iniciada na parte sul da costa brasileira, próximo ao término do Albiano, esta mudança teria migrado, gradativamente, para norte, atingindo as bacias de Sergipe/Alagoas, Potiguar e do Ceará somente em tempos cenomanianos/turonianos. Assim, o desaparecimento total das espécies de *Nannoconus* teria ocorrido primeiramente nas bacias da margem sudeste, e posteriormente nas bacias de Sergipe/Alagoas, Potiguar e Ceará, como observado, respectivamente, por Tröelsen e Quadros (1971), Wanderley (1987, 1988) e Cunha (1990a);

4. a ocorrência das zonas tipificadas por exemplares de nanoconídeos parecem ter forte conotação ambiental. Pelo que foi comentado, os últimos registros de exemplares de *Nannoconus (Nannoconus truitti* s.l., principalmente) estão relacionados, nesta porção do Atlântico Sul, à própria evolução do oceano, e não à extinção definitiva do gênero. Uma vez que as condições favoráveis à sua proliferação eram modificadas, dava-se seu desaparecimento local. Com base nestes aspectos, Cunha (1990a, b) julgou desaconselhável, para fins bioestratigráficos, a utilização do desaparecimento de *Nannoconus truitti* s.l., opinião que não é integralmente compartilhada aqui.

De fato, o emprego da Zona *Nannoconus truitti* s.l. nas bacias de Sergipe/Alagoas, Potiguar e Ceará pode acarretar problemas cronoestratigráficos, já que o diacronismo verificado para seu limite superior é mais pronunciado. Além disso, Cunha (1990a, b) introduziu a Zona *Braarudosphaera africana* (descrita a seguir), na Bacia do Ceará, que tem certa superposição cronoestratigráfica com a biunidade em questão.

Em contrapartida, nas bacias de Campos e Espírito Santo, até o momento, não foi observado qualquer diacronismo flagrante para o topo da zona e, também, não se dispõe de outra espécie fóssil capaz de substituir, com características cronoestratigráficas melhores, *Nannoconus truitti* s.l. O que foi dito anteriormente é, também, de certo modo, válido para a Bacia de Santos. Neste sítio sedimentar, raros exemplares de *Nannoconus truitti* têm sido observados nos estratos basais da Formação Itajaí (folhelhos e margas) que jazem imediatamente acima da Formação Guarujá (carbonatos). Constatações como estas podem suscitar questionamentos relativos ao sincronismo da amplitude cronoestratigráfica da Zona *Nannoconus truitti* na margem sudeste como um todo, uma

vez que é estimado, principalmente a partir de foraminíferos e palinórfos, que a Formação Itajai depositou-se durante o Cenomaniano/Campaniano. Talvez por isso Viviers *et al.* (1992c; in Beurlen *et al.* 1992) tenham admitido que o topo da biozona situa-se na parte inferior do Cenomaniano.

Na verdade, os estudos efetuados até o momento não se mostraram suficientemente conclusivos para elucidar as questões relativas ao possível diacronismo constatado para a extinção local de *Nannoconus truitti* s.l., na margem sudeste. Se o desaparecimento deste *taxon* encontra-se vinculado a uma mudança climática (obs. 3), que se deu gradativamente de sul para norte, o mesmo não deveria ter os últimos registros nos depósitos cenomanianos da Bacia de Santos, e albianos das bacias de Campos e Espírito Santo. Assim, esta incoerência induz a formulação de duas hipóteses:

a) ou as ocorrências cenomanianas de *Nannoconus truitti* s.l., na Bacia de Santos, constituem evidências de retrabalhamento;

b) ou os pontos de controle (poços) nas Bacias de Campos e Espírito Santo – em que o desaparecimento de *Nannoconus truitti* s.l. foi aferido com relação aos outros grupos fósseis – não guardam o registro sedimentar contínuo dos andares Albiano e Cenomaniano. Neste caso, um hiato intracenomaniano (podendo ser estendido até a parte superior do Albiano) e com amplitude inferior à da resolução bioestratigráfica deveria ser esperado. Com efeito, caso se consulte o arcabouço bioestratigráfico destas bacias – principalmente Campos, onde a aferição foi mais efetiva (Azevedo *et al.* 1987a) – observa-se que o Cenomaniano não é prolífero em termos de biozonas. Para este andar, tanto foraminíferos quanto palinórfos contam com apenas uma zona (*Whiteinella* spp. e *Classopolis major* Groot e Groot, respectivamente).

Ainda não há argumentos consistentes para firmar uma posição quanto ao limite superior da biozona (Albiano ou Cenomaniano - parte inferior). Apesar destes problemas, a biounidade é identificada com certa facilidade nas bacias da margem sudeste. Deste modo, deveria continuar sendo empregada nestas áreas, com a amplitude Albiano/Cenomaniano (parte inferior).

2.4 - Zona *Braarudosphaera africana*

Definição: intervalo estratigráfico situado entre as últimas ocorrências de *Nannoconus fragilis* (base) e *Braarudosphaera africana* Stradner (topo).

Autor: Cunha (1990a, b).

Código: inexistente.

Cronoestratigrafia: Albiano/Cenomaniano (parte inferior).

Observações:

1. a biozona em pauta foi proposta na Bacia do Ceará, principalmente, em face do diacronismo verificado para o topo da Zona *Nannoconus truitti* s.l. Posteriormente, foi assinalada em poucas perfurações das bacias de Sergipe/Alagoas e Potiguar, embora não tenha tido sua ocorrência formalizada;
2. além da espécie diagnóstica, são registrados exemplares de *Radiolithus* spp., *Eprolithus* spp., *Nannoconus* spp. e *Watznaueria barnesae*, entre outros;
3. originalmente, Cunha (1990a, b) definiu o topo da zona pela última ocorrência de *Braarudosphaera africana*, podendo também ser caracterizado por um conjunto de espécies do gênero *Braarudosphaera*. Para Perch-Nielsen (1985), estas espécies de *Braarudosphaera*, com aspectos morfológicos bastante semelhantes, teriam se extinguido em tempos albo-cenomanianos. Dentre os vários *taxa*, encontram-se *Braarudosphaera africana*, *B. hockwoldensis* Black, *B. batiliformis* Tröelsen e Quadros, *B. quinquecostata* Hill, *B. stenorhetha* Hill e *B. primula* Black. Para Lambert (1986), tais *taxa* poderiam integrar a cocosfera de um mesmo braarudosferideo, como alga vivente. As pequenas diferenças morfológicas entre eles seriam, basicamente, devidas à posição que o nanolito (a plaqueta identificada como espécie) ocuparia na cocosfera. Por esta razão, opta-se, aqui, por agrupar as espécies mencionadas em um único *taxon* designado *Braarudosphaera* ex gr. *B. africana*. Assim, o topo da biozona em questão passaria a ser definido pela extinção de *Braarudosphaera* ex gr. *B. africana*.
4. com base em investigações realizadas nas bacias da margem sudeste (Santos, Campos e Espírito Santo; Viviers, 1986; Richter, 1987; Azevedo *et al.* 1987a e Antunes, 1987, 1990), acredita-se que esta biozona não tenha ampla aplicação nos estudos bioestratigráficos das mesmas. Isto porque exemplares relacionados a *Braarudosphaera* ex gr. *B. africana*, embora algumas vezes presentes, não constituem elementos conspícuos do nanoplâncton calcário das amostras provenientes destas bacias.

2.5 - Zona *Axopodorhabdus albianus*

Definição: intervalo compreendido entre as últimas ocorrências de *Nannoconus truitti* s.l. (base) e

Axopodorhabdus albianus (topo). Na Bacia do Ceará, Cunha (1990a) utilizou o nível de extinção local de *Braarudosphaera africana* para delimitar a base da biozona.

Autores: Richter *et al.* (1987). Definição emendada por Cunha (1990a).

Código: N-255.1.

Cronoestratigrafia: Cenomaniano/Turoniano.

Observações:

1. a biozona *Axopodorhabdus albianus* foi definida na Bacia Potiguar, onde, segundo seus autores e Wanderley (1987, 1988), encontra-se "bem caracterizada", sendo composta "por um espesso pacote sedimentar de ampla ocorrência". Na Bacia do Ceará (Sub-bacia de Mundaú), Cunha (1990a) registrou a biozona em algumas perfurações. Em contrapartida, nas bacias do Espírito Santo, Campos e Santos, a ocorrência de *Axopodorhabdus albianus* é tão esparsa e rara que uma série de questionamentos pode surgir quanto ao reconhecimento ou não da biozona. Os próprios autores da biounidade (Richter *et al.* 1987) comentam que, nas áreas de Campos e Santos, sua forma-índice tem ocorrência esporádica, o que nem sempre permite assinalar com segurança seu limite superior. Não obstante a baixa frequência da espécie *Axopodorhabdus albianus* nas bacias mencionadas, a biozona de mesmo nome foi incorporada aos arcabouços bioestratigráficos das bacias de Santos (Viviers, 1986) e Espírito Santo (Oliveira, 1989; Oliveira *et al.* 1993). Para a Bacia de Campos, Richter (1987) sugeriu que a biozona (então denominada *Podorhabdulus albianus*) tivesse caráter informal, uma vez que seus estratos são portadores de poucas espécies fósseis e a forma-guia raramente encontra-se presente. É interessante registrar que Azevedo *et al.* (1987a), na mesma bacia, em trabalho contemporâneo e independente daquele de Richter (*op. cit.*), não reconheceram a biozona *Axopodorhabdus albianus*. Constataram, apenas, que a seção cronoestratigraficamente correspondente à biozona é caracterizada por uma associação nanoflorística geralmente pobre e pouco diversificada. A pobreza de nanofósseis constatada nos estratos da biozona *Axopodorhabdus albianus*, assim como a precariedade com que esta tem sido registrada nas bacias da margem sudeste, pode, basicamente, ser devida a três motivos:

a) à deposição dos sedimentos, que pode ter ocorrido abaixo da lisoclina do carbonato de cálcio, o que provocaria a dissolução seletiva dos nanofósseis, restando, apenas, aqueles mais resistentes. Este motivo é também advogado por Magniez-Jannin e

Muller (1987) para explicar a pobreza de microfósseis carbonáticos e nanofósseis em depósitos neocenomanianos/eoturonianos registrados em alguns sites do DSDP do Atlântico Sul;

- b) ao evento global de anoxia reconhecido para esse intervalo de tempo (Herbin *et al.* 1987). Assim, nos estágios mais avançados desse evento, haveria a liberação, por parte da matéria orgânica, de ácido carbônico, o que provocaria a acidificação do meio e a conseqüente dissolução das partículas carbonáticas;
- c) às condições ecológicas da superfície marinha, que não seriam as mais apropriadas para a proliferação das comunidades planctônicas calcárias. De fato, Azevedo *et al.* (1987b) reconhecem que, durante esse tempo, a Bacia de Campos estava submetida a profundas variações físico-químicas, o que pode corroborar esta hipótese;
2. nos locais onde a biozona é bem documentada, além da presença da forma diagnóstica, registram-se, também, dentre outros nanofósseis, exemplares de *Watznaueria barnesae*, *Eiffellithus turriseiffeli* (Deflandre) Reinhardt, *Stoverius achylosus* (Stover) Perch-Nielsen, *Eprolithus floralis* (Stradner) Stover, *Petrobrasiella venata* Tröelsen e Quadros e *Radiolithus planus* Stover;
3. de acordo com Richter *et al.* (1987), o desaparecimento de *Axopodorhabdus albianus* situa-se entre as últimas ocorrências dos foraminíferos planctônicos *Gobigerinelloides bentonensis* Morrow (mais antigo) e *Whiteinella brittonensis* (Loeblich e Tappan) Robaszynski e Caron. Da mesma forma, com relação aos palinomórfos, localiza-se entre as extinções dos pólenes *Gnetaceaepollenites diversus* (mais antigo) e *Gnetaceaepollenites similis* Regali *et al.* Em termos geocronológicos, os autores mencionados estimam que a extinção de *Axopodorhabdus albianus* tenha ocorrido em tempos turonianos. Entretanto, ainda não há consenso quanto a esta estimativa. Determinados autores (Cooper, in Jarvis *et al.* 1988; Bralower, 1988; por exemplo) sugerem que a última ocorrência dessa espécie seria um evento intra-cenomaniano;
4. é oportuno frisar que a Zona *Axopodorhabdus albianus*, como definido por Richter *et al.* (1987), nada tem em comum com a biozona de mesmo nome definida por Roth (1978). Este último autor definiu a biozona *Axopodorhabdus albianus* como o intervalo situado entre as primeiras ocorrências de *Axopodorhabdus albianus* e *Eiffellithus turriseiffeli*, e, cronoestratigraficamente, posicionou-a no Albiano Médio. Assim, não há qualquer correspondência e/ou correlação estratigráfica entre as duas biozonas;

5. diante dos comentários apresentados especialmente na observação 1, conclui-se que a biozona em pauta tem utilização restrita nas bacias da margem continental brasileira, sendo mais bem caracterizada nas bacias do Ceará e Potiguar.

2.6 - Zona *Stoverius achylosus*

Definição: intervalo compreendido entre as últimas ocorrências de *Axopodorhabdus albianus* (base) e *Stoverius achylosus* (topo).

Autores: Richter *et al.* (1987).

Código: N-255.2.

Cronostratigrafia: Turoniano.

Observações:

1. a biozona em questão foi definida na Bacia Potiguar, onde Wanderley (1987, 1988) a registra em poucos poços e com espessura modesta. Algum tempo depois, Cunha (1990a) a reconheceu com pequena espessura no poço 1-CES-75 da Bacia do Ceará (Sub-bacia de Mundaú). Embora integre o arcabouço bioestratigráfico da Bacia de Santos (Viviers, 1986; Viviers *et al.* 1992c), o registro da biozona *Stoverius achylosus* nesta área é bastante escasso e quase sempre questionável, em função da raridade e da péssima preservação dos exemplares-guia registrados. Na Bacia de Sergipe/Alagoas, Beurlen *et al.* (1987) postulam a existência de um hiato, o que justificaria a ausência da biozona. Na Bacia do Espírito Santo, Antunes (1987, 1990) e Antunes *et al.* (1992) preferiram não reconhecer a biounidade, uma vez que *Stoverius achylosus* tem rara expressão e, muitas vezes, reconhecimento duvidoso. Sua ausência na Bacia de Campos é atribuída, por Richter (1987), a uma discordância regional. Azevedo *et al.* (1987a), nesta mesma bacia, não tecem qualquer comentário sobre sua ausência ou presença da zona em questão.

Como se pode notar, a Zona *Stoverius achylosus* não é uma biounidade de fácil reconhecimento, uma vez que, nas bacias onde foi registrada, sua espessura é sempre modesta (em geral, inferior a 100 m; duas ou três amostras de calha de poços). Nas demais áreas sedimentares, hiatos e/ou discordâncias e a escassez de bioelementos são os argumentos comumente evocados para justificar sua ausência. Na realidade, estes dois aspectos são bastante plausíveis e encontram respaldo em outras pesquisas.

Pereira (1992), em estudo integrativo de algumas bacias da costa brasileira, reconhece a atuação de um episódio erosivo de grande expressão durante o

Neoturoniano/Eoconiaciano. O citado autor acredita, inclusive, que este evento modificou a história deposicional das bacias marginais e, possivelmente, trata-se do episódio geológico mais importante ocorrido entre o Aptiano e o Paleoceno. Assim, o esparsos registro da biozona *Stoverius achylosus* pode ser devido à atuação de erosões.

Por outro lado, Thierstein (1976) reconheceu que *Stoverius achylosus* (= *Corollithion achylosum*) é uma espécie com pouca resistência à dissolução, sendo apenas observada em amostras cujo conteúdo nanofossilífero encontra-se bem preservado. Deste modo, a dificuldade em se identificar a biozona (e, por conseguinte, o intervalo cronoestratigráfico que a mesma evidencia) pode estar relacionada à ausência ou escassez de exemplares da espécie, por motivo da má preservação da associação fossilífera. De fato, nas seções cenomanianas-turonianas (identificadas a partir de outros grupos fósseis), de modo geral, as associações nanofossilíferas apresentam-se pobres, e somente as espécies mais resistentes à dissolução como *Eprolithus* spp., *Lithastrinus* spp. e *Watznaueria barnesae* são mais freqüentemente observadas. Esta escassez de exemplares pode estar relacionada, pelo menos parcialmente, aos mesmos motivos apresentados na observação número 1, da Zona *Axopodorhabdus albianus*.

2. de acordo com Richter *et al.* (1987), a última ocorrência de *Stoverius achylosus*, na Bacia Potiguar, é anterior à do foraminífero planctônico *Dicarinella hagni* e ao desaparecimento do pólen *Psilatricolpites* sp. (= *Tricolpites* sp. S.427 Jardiné e Magloire), o que lhe sugere idade turoniana. Entretanto, Richter *et al.* (*op. cit.*) alertam para a possibilidade de a extinção de *Stoverius achylosus* não ser coincidente com o término do Turoniano, uma vez que as extinções das citadas espécies de foraminífero e palinomorfo são associadas ao topo deste andar. Dentre os argumentos apresentados, os autores citam que a reduzida amostragem da zona (poços em que a mesma foi identificada) impede o estabelecimento de uma correlação segura entre os eventos biológicos mencionados. Viviers *et al.* (1992c, in Beurlen *et al.* 1992), na Bacia de Santos, consideraram, com dúvidas, que o topo da zona se encontraria no interior do Santoniano. Entretanto, tal suposição carece de fundamentos e não deve ser considerada;

3. tomando-se por base o exposto, fica evidente que a biozona em questão apresenta problemas de caracterização e reconhecimento, mesmo nas bacias onde foi documentada. Pelo que as informações sugerem, *Stoverius achylosus* não é uma biozona com bom registro nestas bacias. Deste modo, a

realização de mais estudos nas áreas de Potiguar e Ceará parece necessária para que sua aplicabilidade seja efetivamente comprovada. Já nas bacias da margem leste e sudeste, sua utilização parece ser bastante limitada.

2.7 - Zona *Lithastrinus grillii*

Definição: intervalo compreendido entre a primeira e a última ocorrência de *Lithastrinus grillii* Stradner.

Autores: Trøelsen e Quadros (1971). Definição emendada por Gomide (1982).

Código: N-260.

Cronoestratigrafia: Turoniano (parte superior)/Santoniano. Na Bacia de Campos, Cunha *et al.* (1993) admitem que o topo da biozona atinja a parte inferior do Campaniano. O mesmo foi assumido por Oliveira *et al.* (1993), para a Bacia do Espírito Santo. Estes últimos autores também sugerem que a base da biozona e o limite inferior do Santoniano sejam coincidentes.

Observações:

1. nas bacias onde a Zona *Stoverius achylosus* é reconhecida, a última ocorrência desta espécie é utilizada para delimitar a base da presente biounidade. O desaparecimento de *Marthasterites furcatus* (Deflandre) Deflandre ou *Eprolithus floralis* também tem sido empregado para indicar seu topo;
2. entre a proposição original e as definições em uso, existe uma diferença bastante significativa em relação à identificação do topo da biozona. Trøelsen e Quadros (1971) valeram-se da última ocorrência de *Petrobrasiella venata* para defini-lo; os autores subsequentes, sem exceção, utilizaram-se do nível de extinção de *Lithastrinus grillii*. Na verdade, Gomide (1982) e os demais autores que se valeram da biozona *Lithastrinus grillii*, deram-lhe uma conotação bioestratigráfica totalmente diferente daquela de Trøelsen e Quadros (1971). De acordo com o Código Norte-americano de Nomenclatura Estratigráfica (NASC, art. 17, obs. (a) e art. 19, obs. (a), respectivamente),

"uma revisão [de unidade estratigráfica] envolve tanto pequenas modificações na definição de um ou ambos os limites, quanto na categoria da unidade (...) se a revisão modifica apenas uma pequena parte do conteúdo de uma unidade [estratigráfica] previamente estabelecida o nome original pode ser retido".

Como fica evidente, as modificações efetuadas nos limites da biozona *Lithastrinus grillii* (incluindo-se também aquelas de sua base) alteraram substancialmente sua definição original. Assim, à luz das recomendações do NASC, uma nova unidade bioestratigráfica deveria ser proposta, ao invés das sucessivas emendas, o que, no entanto, jamais se verificou.

3. de modo geral, os estratos da biozona apresentam-se pobres em nanofósseis em sua porção mais basal, tornando-se mais ricos em direção ao seu topo. Provavelmente, esta pobreza dos níveis mais inferiores tem alguma relação com a escassez em nanofósseis verificada nos depósitos das zonas *Axopodorhabdus albianus* e *Stoverius achylosus*. Dentre as espécies associadas mais importantes, além das já citadas, observam-se *Watznaueria barnesae*, *Lithastrinus moratus* Stover, *Vagalapilla matalosa* (Stover) Thierstein e *Micula decussata* Vekshina;
4. em termos práticos, nas bacias onde a seção cenomaniana-turoniana inferior carece de resolução bioestratigráfica, a base da Zona *Lithastrinus grillii* é determinada pelo topo da biozona *N. truitti*, embora esse procedimento possa acarretar certo erro no reconhecimento da cronoestratigrafia dos sedimentos. Isso porque, nestas bacias, a base da biounidade é definida pelo surgimento de *Lithastrinus grillii*, praticamente impossível de ser registrado corretamente em amostras de calha. Provavelmente objetivando eliminar este erro, Richter (1986) atribuiu à biozona o intervalo cenomaniano/santoniano;
5. nos estudos efetuados ao longo da margem continental brasileira, tem sido possível posicionar o desaparecimento de *Lithastrinus grillii* em relação a eventos biológicos de outros grupos fósseis. De acordo com Azevedo *et al.* (1987a), na Bacia de Campos, a última ocorrência de *Lithastrinus grillii* deu-se no mesmo nível estratigráfico que os foraminíferos planctônicos *Dicarinella concavata* Brotzen e *Marginotruncana renzi* Gandolfi e o pólen *Confossia vulgaris* Stough. Na Bacia de Sergipe/Alagoas, segundo Beurlen *et al.* (1987), este evento está relacionado à última ocorrência do foraminífero *Globotruncana asymetrica* Sigal. Na Bacia Potiguar, Wanderley (1987, 1988) verificou que a extinção de *Lithastrinus grillii* tem boa coincidência com o desaparecimento do foraminífero *Dicarinella concavata* e do pólen *Steevesipollenites nativensis* Regali *et al.* Na Bacia do Espírito Santo, Oliveira *et al.* (1993) verificaram o mesmo com relação a *Steevesipollenites nativensis*. Quanto ao surgimento de *Lithastrinus grillii*, quase não há informações deste

tipo, uma vez que a grande maioria dos resultados provêm da investigação de amostras do tipo calha, o que dificulta a obtenção de comparações seguras;

- o maior problema desta biozona não se relaciona à caracterização e ao reconhecimento da biozona em si (como corpo de rocha), mas ao intervalo cronoestratigráfico que é interpretado a partir de sua presença. Trøelsen e Quadros (1971) atribuíram-lhe o intervalo turoniano/santoniano, por meio da correlação com informações de foraminíferos e amonóides. Antunes (1984, 1987, 1990), baseando-se em Smith (1981), reduziu um pouco a amplitude da biozona, posicionando sua base na porção superior do Turoniano. Por ter modificado seu limite inferior, passando a identificá-lo a partir da última ocorrência de *Stoverius achylosus*, Wanderley (1987, 1988) atribuiu para a biozona o intervalo coniaciano/santoniano. Seguiu-se o trabalho de Cunha *et al.* (1993) que, apoiando-se em investigações de detalhe e em informações da literatura, posicionou seu topo na parte inferior do Campaniano. Finalmente, Oliveira *et al.* (1993), adotando as observações de Perch-Nielsen (1985) e Cunha *et al.* (*op. cit.*), concluíram que a zona abrange a seção santoniana/campaniana (parte inferior).

De especial interesse, neste tópico, reveste-se o trabalho de Cunha *et al.* (1993), que foi o primeiro a reconhecer em uma área sedimentar brasileira a extinção eocampaniana para *Lithastrinus grillii*. Este é um fato importante, pois, até então, as correlações estabelecidas entre nanofósseis e outros grupos fósseis (ver obs. 3) sugeriam que a última ocorrência de *Lithastrinus grillii* teria-se dado ao término do Santoniano, embora já se tivesse o conhecimento de que, em outras partes do mundo, esta espécie teria sobrevivido até o início da deposição do Campaniano. Cunha *et al.* (*op. cit.*), analisando testemunhos e amostras laterais de perfurações da Bacia de Campos, verificaram que a última ocorrência de *Lithastrinus grillii* é posterior ao surgimento de *Aspidolithus parvus* (Hattner *et al.*) Perch-Nielsen, o que pode lhe assegurar idade campaniana. A base do Campaniano, em termos de nanofósseis calcários, é posicionada imediatamente acima do nível de surgimento de *Aspidolithus parvus*.

Na verdade, a idade atribuída para a extinção de *Lithastrinus grillii* tem sido alvo de controvérsia, e a discrepância existente não é só verificada na margem continental brasileira. De modo geral, o mesmo problema tem sido observado em outras regiões do globo. A discrepância pode ser devida tanto a aspectos conceituais quanto a fenômenos geológicos, dificultando o registro de *Lithastrinus grillii* em estratos campanianos.

Um dos aspectos conceituais relaciona-se, principalmente, à própria definição do Andar

Campaniano, que é relativamente complexa, se considerada a proposição de uma seção-tipo. O outro refere-se à correta identificação taxonômica das espécies *Lithastrinus grillii* e *Aspidolithus parvus*. Uma consulta à literatura revela a falta de critérios homogêneos para o reconhecimento destas espécies. Problemas como esse interferem sobremaneira na estimativa da amplitude vertical dos taxa, o que pode acarretar interpretações cronoestratigráficas indevidas. Cunha e Antunes (1993) tecem comentários mais detalhados a respeito.

Os aspectos geológicos encontram-se relacionados a episódios de erosão ou não-deposição. Na margem continental brasileira, por exemplo, há trabalhos que postulam a ocorrência de eventos erosivos destruindo os estratos basais do Campaniano, e a espécie *Lithastrinus grillii* seria, na maioria das seções, registrada apenas nos depósitos santonianos (Cunha *et al.* 1993; Oliveira *et al.* 1993). Em outra vertente, há estudos que sugerem que a extinção de *Lithastrinus grillii* no Santoniano é função de um hiato não-deposicional. Para Antunes (1990), esta hipótese seria viável, uma vez que durante o neossantoniano/eocampaniano o nível do mar encontrava-se em ascensão (Haq *et al.* 1987). Deste modo, seria possível que as cunhas sedimentares ficassem mais restritas às regiões proximais e as porções distais de determinadas bacias recebessem pouco ou nenhum influxo de sedimentos (bacia "faminta"). Assim, sem aporte sedimentar expressivo, formariam uma zona de condensação e os depósitos neossantonianos se confundiriam com os do início do Campaniano. A este propósito, no trabalho de Azevedo *et al.* (1987b), está corroborada a hipótese de Antunes (*op. cit.*).

Em análise geo-histórica do Cretáceo Superior da Bacia de Campos, Azevedo *et al.* (*op. cit.*) elaboraram um mapa paleobatimétrico que procura representar a fisiografia do fundo da bacia durante o Neoconiaciano e o Santoniano. De acordo com estes autores, grande parte da área investigada encontrava-se sob uma lâmina d'água situada entre 500 m e 1 000 m (batial médio a inferior), ambiente propício ao recebimento de reduzido aporte sedimentar. Neste mesmo raciocínio, Azevedo *et al.* (*op. cit.*) também creditam a escassez de depósitos tipicamente campanianos na Bacia de Campos a um hiato não-deposicional.

2.8 - Zona *Marthasterites furcatus*

Definição: intervalo estratigráfico situado entre as últimas ocorrências de *Stoverius achylosus* (base) e *Marthasterites furcatus* (topo).

Autores: Cepek e Hay (1969). Definição emendada por Cunha (1990a).

Código: N-260.

Cronoestratigrafia: Coniaciano/Santoniano.

Observações:

1. o desaparecimento de *Lithastrinus grillii* ou *Eprolithus floralis* também tem sido utilizado para caracterizar o topo da biozona;
2. a utilização da biozona *Marthasterites furcatus* em investigações da margem continental brasileira é relativamente nova e foi introduzida, simultaneamente, por Azevedo *et al.* (1987a) e Richter (1987). Contudo, as definições utilizadas nos dois trabalhos apresentam-se ligeiramente diferentes. Azevedo *et al.* (*op. cit.*) definiram-na como o intervalo situado entre o surgimento de *Lithastrinus grillii* (base) e a última ocorrência de *Marthasterites furcatus* (topo). Richter (*op. cit.*), por sua vez, valeu-se da primeira e da última ocorrência de *Marthasterites furcatus* para assinalar os seus limites inferior e superior, respectivamente. Segundo Azevedo *et al.* (*op. cit.*), esta biounidade foi introduzida em substituição à *Lithastrinus grillii*, na Bacia de Campos, visando a ressaltar a relativa abundância de sua espécie nominativa. Isto porque, aparentemente, *Marthasterites furcatus* é mais freqüente do que *Lithastrinus grillii*.

Viviers (1986), em citação aos trabalhos de Azevedo *et al.* (1987a) e Richter (1987; então, no prelo) também considerou a Zona *Marthasterites furcatus* como integrante do arcabouço bioestratigráfico da Bacia de Santos, sugerindo, implicitamente, que a base da biozona seria indicada pelo último registro de *Stoverius achylosus*. Posteriormente, Cunha (1990a), na Bacia do Ceará, tornou explícita a sugestão de Viviers (*op. cit.*). Finalmente, Viviers *et al.* (1992b, *in* Beurlen *et al.* 1992) integraram a biozona em questão ao arcabouço da Bacia Potiguar;

3. como está claro, os depósitos da Zona *Marthasterites furcatus* são os mesmos da biounidade *Lithastrinus grillii* e todas as observações discutidas na biozona anterior são também válidas para a presente unidade bioestratigráfica. Até mesmo a polêmica relativa ao momento da extinção de *Marthasterites furcatus* (término do Santoniano ou início do Campaniano) é bem semelhante àquela de *Lithastrinus grillii*. Assim, evita-se repetir as observações anteriores. Contudo, deve ser dito que determinados trabalhos (p. ex., Perch-Nielsen, 1985) assinalam que o surgimento de *Marthasterites furcatus* é um pouco mais antigo do que a primeira ocorrência de *Lithastrinus grillii*. Do mesmo modo, o último registro de *Marthasterites furcatus* é anterior ao de *Lithastrinus grillii* (Perch-Nielsen, 1985; Cunha *et al.* 1993).

Em função da identidade dos depósitos das duas biozonas, certa confusão foi formada pelos autores que

investigaram os nanofósseis das bacias marginais brasileiras, após a edição dos trabalhos de Azevedo *et al.* (1987a) e Richter (1987).

Assim; em determinados estudos de uma mesma área figura a Zona *Marthasterites furcatus*, ao passo que, em outros, encontra-se a biounidade *Lithastrinus grillii*. Como exemplo, podem ser ilustrados os zoneamentos de Azevedo *et al.* (1992, *in* Beurlen *et al.* 1992) e Cunha *et al.* (1993), para a Bacia de Campos, e Wanderley (1987, 1988) e Viviers *et al.* (1992b, *in* Beurlen *et al.* 1992), para a Bacia Potiguar. Não obstante, apesar da confusão de nomes, o código referenciado é sempre o mesmo (N-260) e as duas biozonas, de modo geral, indicam o mesmo intervalo cronoestratigráfico.

2.9 - Zona *Eiffellithus eximius*

Definição: intervalo estratigráfico situado entre as últimas ocorrências de *Lithastrinus grillii* (base) e *Eiffellithus eximius* (Stover) Perch-Nielsen (topo).

Autores: Bukry e Bramlette (1970). Definição emendada por Freitas (1984).

Código: N-265.

Cronoestratigrafia: Campaniano.

Observações:

1. o desaparecimento de *Marthasterites furcatus* ou *Eprolithus floralis* também é utilizado para evidenciar a base da biozona;
2. nas bacias marginais brasileiras, a zona foi empregada, pela primeira vez, por Freitas (1984) e Antunes (1984). Contudo, o segundo autor valeu-se impropriamente do nome *Eiffellithus augustus* que é um sinônimo-júnior de *Eiffellithus eximius*;
3. de modo geral, a biozona tem sido observada, com espessuras reduzidas, em várias bacias e, sempre que possível, os autores tentam associar a última ocorrência da espécie nominativa a eventos biológicos de outros grupos fósseis. A este propósito, Antunes (1990) comenta:

"(...) na Bacia de Santos, Viviers (1986) reconhece que *E. eximius* se extinguiu antes de uma espécie de pólen do gênero *Tricesticillus* Stough (um biorizonte eomaastrichtiano). Para a Bacia de Campos, Azevedo *et al.* (1987a) relacionam o desaparecimento de *Eiffellithus eximius* com o do foraminífero planctônico *Globotruncana lapparenti* Brotzen, embora comentem que não existe, a nível mundial, consenso quanto à época de extinção do citado protozoário. Em Sergipe/Alagoas, Beurlen *et al.* (1987) observam que

Eiffellithus eximius tem seu último registro anterior ao desaparecimento do foraminífero *Globotruncana bulloides* Vogler e se situa abaixo da última ocorrência do pólen *Retitriporites mirabilis*. Regali et al. (= *R. piacabucuensis* Hergreen), que se localiza no topo do Campaniano. Finalmente, na Bacia Potiguar, é correlacionado a um biorizonte rico em globigerineloídes situado no topo do Campaniano (Viviers et al. 1992b; in Beurlen et al. 1992) (...);

4. nas áreas da margem sudeste (Santos, Campos e Espírito Santo), nem sempre a biozona é facilmente registrada. Para a Bacia de Santos, Viviers (1986) argumenta que grande parte dos sedimentos campanianos/maastrichtianos são representados por espessas camadas de clásticos grosseiros, o que inviabilizaria a individualização da biozona. Para a Bacia de Campos, Azevedo et al. (1987 a, b) admitem que a escassez do registro da biozona se deve a um hiato não-deposicional. Em contrapartida, Cunha et al. (1993) sugerem que a "ausência de sedimentos campanianos [em Campos] encontra-se associada a três grandes descontinuidades". Para a Bacia do Espírito Santo, Antunes (1984, 1990) associa a escassez de registros da biozona a eventos erosivos;
5. nas áreas em que a biozona tem ocorrência mais consistente, observam-se em seus estratos, dentre outras, as espécies *Watznaueria barnesae*, *Micula decussata*, *Vagalapilla matalosa*, *Aspidolithus parvus*, *Calculites obscurus* (Deflandre) Prins e Sissingh e *Bukryaster hayi* (Bukry) Prins e Sissingh;
6. em termos cronoestratigráficos, alguns ajustes têm sido feitos aos limites da biozona. Parte destes ajustes (os de sua base) relacionam-se àqueles das zonas *Lithastrinus grillii* e/ou *Marthasterites furcatus*, discutidos anteriormente. Os que concernem ao seu topo referem-se às estimativas do momento em que se deu o desaparecimento de *Eiffellithus eximius*. Em determinados trabalhos, o limite superior da biozona é associado ao término do Campaniano (Freitas, 1984; Antunes, 1984 e 1987, por exemplo); em outros é considerado um biorizonte intra-campaniano, muito próximo ao topo deste andar (Cunha e Antunes, 1993). Atualmente, tende-se a acreditar que a última estimativa é a mais correta. De qualquer modo, a biozona seria exclusivamente campaniana. O trabalho de Cunha e Antunes (1993) sintetiza a evolução dos conceitos relativos à amplitude cronoestratigráfica da biounidade;
7. o maior problema relacionado à biounidade refere-se à comparação que pode ser feita entre a espessura de seus depósitos e sua amplitude geocronológica. Como já mencionado, os estratos da biozona, quando

reconhecidos, não apresentam possanças expressivas. Entretanto, sua amplitude absoluta abrange parte significativa do Campaniano que, estima-se, representa cerca de 10,0 M.a. da Época Neocretáceo (o Campaniano, em termos geocronológicos, é uma das idades de maior duração do Neocretáceo). Deste modo, além das explicações tradicionais para seus reduzidos registros (eventos erosivos e hiatos não-deposicionais), é também possível que as idades absolutas atribuídas para os limites da zona não sejam as mais adequadas.

2.10 - Zona *Aspidolithus parvus*

Definição: intervalo estratigráfico situado entre as últimas ocorrências de *Eiffellithus eximius* (base) e *Aspidolithus parvus* (topo).

Autores: Trøelsen e Quadros (1971). Definição emendada por Antunes (1987).

Código: N-270.

Cronoestratigrafia: Maastrichtiano (parte inferior) em algumas bacias. Em outras é associada ao Campaniano (parte superior) ou Campaniano (parte superior)/Maastrichtiano (parte inferior).

Observações:

1. na maioria dos trabalhos desenvolvidos para as bacias marginais brasileiras, a Zona *Aspidolithus parvus* figura com o nome *Broinsonia parva*. Entretanto, de acordo com Perch-Nielsen (1985), o primeiro nome é o mais apropriado. Cunha et al. (1993) adotaram a orientação de Perch-Nielsen (*op. cit.*), que também é aqui seguida. Não obstante a diferença de nomes, o código da biozona é o mesmo, sendo, da mesma forma, idênticos os depósitos a ela relacionados;
2. nas bacias em que a Zona *Aspidolithus parvus* é documentada, são observadas em seus estratos, dentre outras espécies, *Arkhangeskiella cymbiformis* Vekshina, *Quadrum trifidum* (Stradner) Prins e Perch-Nielsen, *Quadrum sissinghii* Perch-Nielsen, *Calculites obscurus*, *Watznaueria barnesae* e *Micula decussata*;
3. na Bacia de Campos, Azevedo et al. (1987a), posicionam o limite superior da biozona entre as últimas ocorrências dos foraminíferos planctônicos *Globotruncana fornicata* Plummer e *Globotruncana elevata* Brotzen. Em Sergipe/Alagoas, Beurlen et al. (1987) admitem que o desaparecimento de *Aspidolithus parvus* encontra-se abaixo do nível de extinção do foraminífero *Globotruncana bulloides*, coincidente com o último registro do pólen *Retitriporites mirabilis* (*R. piacabucuensis*);

4. a biozona *Aspidolithus parvus* talvez seja a unidade bioestratigráfica de nanofósseis que apresente maiores problemas, principalmente no que se refere ao seu reconhecimento. É bastante comum a existência de trabalhos, desenvolvidos na mesma bacia, que consideram ou não a existência da biozona. Azevedo *et al.* (1987a), Richter (1987), Azevedo *et al.* (1992, in Beurlen *et al.* 1992) e Cunha *et al.* (1993), para a Bacia de Campos, e Freitas (1984) e Beurlen *et al.* (1987), para a área de Sergipe/Alagoas, constituem bons exemplos.

Além disso, há problemas de natureza conceitual. Após a definição, a biounidade sempre foi considerada nas investigações bioestratigráficas dos poços. Entretanto, em função dos modelos então existentes (Trøelsen e Quadros, 1971; Gomide, 1982), algumas vezes seu limite superior era assinalado, indevidamente, com base no desaparecimento de *Eprolithus floralis* (= *Lithastrinus floralis* Stradner) e/ou *Eiffellithus eximius* (= *Eiffellithus augustus*). Com a conclusão do trabalho de Antunes (1984), este conceito foi modificado, uma vez que *Eprolithus floralis* tem seu nível de extinção abaixo do topo da Zona *Lithastrinus grillii* e/ou *Marthasterites furcatus* (N-260) e *Eiffellithus eximius* passou a ser o fóssil-guia da zona de mesmo nome (N-265).

5. Freitas (1984) parece ter sido o primeiro autor a descartar a biozona *Aspidolithus parvus*. Contudo, as explicações apresentadas não foram bem argumentadas e, na realidade, não justificam a decisão tomada. Para este autor (p. 37)

" (...) a última ocorrência desta unidade taxonômica [*Aspidolithus parvus*] ocorre, segundo a maioria dos autores, na Zona *Tetralithus nitidus trifidus* [*Quadrum trifidum*], havendo então uma interseção de zonas".

Em face deste suposto argumento, a Zona *Aspidolithus parvus* não foi utilizada em seu zoneamento.

Posteriormente, na mesma linha de supressão, seguiu-se o trabalho de Richter (1987). Suas idéias foram adotadas por Viviers (1986, que citou Richter, então, no prelo), para a Bacia de Santos. É interessante registrar que Richter (*op. cit.*) não explicitou as razões que o levaram a desconsiderar a biozona em questão. Possivelmente, como argumenta Antunes (1990), a supressão da Zona *Aspidolithus parvus* tenha sido feita em função de incongruências verificadas na literatura (estudos provenientes de outras regiões do globo) e na pequena espessura observada para os depósitos da biounidade, principalmente na Bacia de Campos. As incongruências estariam relacionadas ao momento de extinção de *Aspidolithus parvus*. Para determinados autores (Thierstein, 1976; Proto-Decima *et al.* 1978), tal

extinção seria posterior ao desaparecimento de *Quadrum trifidum* (espécie-guia da zona de mesmo nome, descrita a seguir); para outros, este evento seria anterior (Perch-Nielsen, 1985), numa seqüência semelhante àquela postulada por Trøelsen e Quadros (1971).

Os trabalhos de Wanderley (1987, 1988) e Viviers *et al.* (1992b; in Beurlen *et al.* 1992), para a Bacia Potiguar, e Cunha (1990a), para a área do Ceará, também não reconheceram a biozona em questão. Wanderley (*op. cit.*) posicionou a última ocorrência de *Aspidolithus parvus* no mesmo nível estratigráfico que *Eiffellithus eximius*. Cunha (*op. cit.*), por sua vez, verificou que *Aspidolithus parvus* teria a extinção concomitante à de *Quadrum trifidum*. Entretanto, os referidos autores aventaram a possibilidade de hiatos para explicar a ausência da biozona.

Por outro lado, as pesquisas de Azevedo *et al.* (1987), Antunes (1984, 1987 e 1990), Beurlen *et al.* (1987) e Cunha *et al.* (1993), desenvolvidas em Campos, Espírito Santo e Sergipe/Alagoas, consideram a existência da biounidade *Aspidolithus parvus*.

Na realidade, a não-utilização da biozona em questão, por determinados autores, objetivou a valorização da Zona *Quadrum trifidum*. Isto porque a diferença geocronológica entre as últimas ocorrências de *Aspidolithus parvus* e *Quadrum trifidum* é reduzida, inferior a 1,0 M. a., segundo Perch-Nielsen (1985). Assim, o último registro de *Aspidolithus parvus* era assinalado como um *datum* coadjuvante na caracterização da Zona *Quadrum trifidum*. Além disso, existia – e de certo modo ainda existe – a possibilidade de a extinção de *Aspidolithus parvus* ser um evento bastante diacrônico. Deste modo, em determinadas regiões, ocorreria antes do último aparecimento de *Quadrum trifidum*, e, em outras, seria concomitante ou mesmo posterior. O desaparecimento de *Quadrum trifidum* é um bom *datum* para comparação, uma vez que esse evento biológico tem sido empregado em zoneamentos bioestratigráficos de outras partes do mundo (Perch-Nielsen, 1985);

6. o intervalo cronoestratigráfico reconhecido a partir do registro da biozona não tem sido o mesmo. É possível verificar que pequenas divergências podem ser facilmente verificadas. Parte dessas divergências está relacionada ao posicionamento do topo da Zona *Eiffellithus eximius*, discutida anteriormente. Na mesma linha, com relação ao limite superior da biozona, também há algumas discrepâncias. Antunes (1984, 1987 e 1990), Azevedo *et al.* (1987) e Cunha *et al.* (1993) reconhecem que *Aspidolithus parvus* desapareceu no Maastrichtiano. Para Beurlen *et al.* (1987), este evento seria coincidente com o limite Campaniano/Maastrichtiano. Atualmente, com base em investigações e informações difundidas na literatura, acredita-se que o *Aspidolithus parvus* se extinguiu no Maastrichtiano.

2.11 - Zona *Quadrum trifidum*

Definição: intervalo estratigráfico situado entre as últimas ocorrências de *Aspidolithus parvus* (base) e *Quadrum trifidum* (topo).

Autores: Bukry e Bramlette (1970). Definição emendada por Trøelsen e Quadros (1971).

Código: N-280.

Cronoestratigrafia: Maastrichtiano.

Observações:

1. a biozona foi originalmente definida com o nome *Tetralithus nitidus trifidus*. Porém, com o avanço dos estudos taxonômicos, sua espécie-guia passou a ser designada *Quadrum trifidum*;
2. nas áreas em que ocorre, além da espécie nominativa, são também registrados, entre outros nanofósseis, exemplares de *Quadrum sissinghii* (= *Tetralithus nitidus nitidus*), *Prediscosphaera cretacea* (Arkangelsky) Gartner, *Reinhardtites* spp. Perch-Nielsen e *Watznaueria bamesae*;
3. a Zona *Quadrum trifidum* é assinalada em todas as bacias marginais brasileiras em que a nanoflora calcária foi avaliada. Contudo, sua amplitude geocronológica varia de uma área para outra, em função, principalmente, do posicionamento da extinção da espécie *Aspidolithus parvus*, anteriormente discutido;
4. para Azevedo *et al.* (1987a), na Bacia de Campos, o topo desta biozona situa-se um pouco abaixo do nível de desaparecimento do foraminífero planctônico *Globotruncana gansseri* Bolli e do pólen *Tricornites elongatus* Regali *et al.* Para Beurlen *et al.* (1987), em Sergipe/Alagoas, sua posição encontra-se no mesmo nível da última ocorrência do palinomorfo *Retitriporites mirabilis*;
5. como já foi mencionado, o desaparecimento de *Quadrum trifidum* constitui-se em bom horizonte para correlações globais, uma vez que tem sido utilizado em outras regiões do mundo (Perch-Nielsen, 1985).

2.12 - Zona *Arkhangeskiella cymbiformis*

Definição: intervalo estratigráfico situado entre as últimas ocorrências de *Quadrum trifidum* (base) e *Arkhangeskiella cymbiformis* (topo).

Autores: Trøelsen e Quadros (1971).

Código: N-290.

Cronoestratigrafia: Maastrichtiano.

Observações:

1. a biozona em questão é registrada em várias áreas sedimentares e delimita o fim do Cretáceo. Em geral, apresenta nanoflora bastante rica e diversificada, não havendo qualquer dificuldade em se reconhecer seu topo. Do mesmo modo, não há qualquer problema de datação e correlação. Em nível mundial, não há grandes desacordos quanto à provável época de extinção de suas formas-guia e associadas. Aliás, como observado em inúmeros outros grupos fósseis, há uma diferença marcante entre as assembléias maastrichtianas (que caracterizam a presente biozona) e aquelas paleocênicas (danianas), o que facilita, sobremaneira, a delimitação destes intervalos cronoestratigráficos;
2. nas bacias da plataforma continental brasileira, a extinção de *A. cymbiformis* é sempre relacionada com as últimas ocorrências de foraminíferos e palinórfos que indicam o fim do Maastrichtiano (Azevedo *et al.* 1987a; Beurlen *et al.* 1987; Wanderley, 1987, 1988).

3 - DIACRONISMO DOS LIMITES DAS UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS

Por princípio, as unidades bioestratigráficas são diácronas e, via de regra, os diacronismos de seus limites encontram-se vinculados a determinantes ecológicas. Entretanto, dependendo do limite de resolução geocronológica inerente às investigações bioestratigráficas o diacronismo pode tornar-se imperceptível.

Quando um diacronismo é verificado, de imediato duas hipóteses podem ser suscitadas: ou é devido a determinantes ecológicas ou foi ocasionado por circunstâncias geológicas ou metodológicas. Sítios deposicionais localizados abaixo da profundidade de compensação do carbonato de cálcio (CCD), variações de fácies, retrabalhamento de fósseis, erosão de seções, efeitos destrutivos da diagênese, e baixas taxas de sedimentação costumam ser, dentre outros, os principais aspectos que mais dificultam a inferência e datação fidedigna dos eventos biológicos. Questões de natureza taxonômica e dificuldades em retirar os fósseis das amostras também podem simular um diacronismo. Do mesmo modo, o melhor conhecimento relativo da amplitude geocronológica de determinada espécie pode conduzir erroneamente a um diacronismo, se este novo conhecimento for comparado aquele observado em trabalhos mais antigos.

Observando-se a figura 2, percebe-se que alguns limites de biozonas não têm o mesmo posicionamento geocronológico em todas as bacias. Ao contrário,

verifica-se que tais limites, com freqüência, variam de uma área sedimentar para outra. No entanto, ao invés de refletirem verdadeiros eventos bióticos e/ou geológicos, estes diacronismos espelham o grau de conhecimento e a atribuição cronoestratigráfica da época em que os trabalhos foram realizados. Assim, o diacronismo observado é "artificial", e, na maioria das vezes, deve-se à melhoria do conhecimento da amplitude geocronológica do fóssil e à literatura utilizada como referência.

Por outro lado, exceções devem ser feitas para os topos das biozonas *Nannoconus truitti* e *Aspidolithus parvus*. Como discutido anteriormente, os últimos registros de *Nannoconus truitti* parecem estar vinculados às variações ecológicas ocorridas, nas várias bacias, durante os primeiros estágios de evolução do Oceano Atlântico e não à efetiva extinção da espécie. O desaparecimento de *Aspidolithus parvus*, por sua vez, ainda não foi devidamente avaliado. A ausência da biozona de mesmo nome, em certas bacias, pode ser devida à falta de estudos mais detalhados.

4 - BIORIZONTES POTENCIAIS

O objetivo precípuo da bioestratigrafia é a divisão de uma coluna sedimentar em estratos que possam ser reconhecidos e individualizados por meio de seu conteúdo fossilífero. Esta divisão, na medida do possível, deve estar alicerçada em espécies que sejam facilmente identificadas e que apresentem boa freqüência e persistência nas seções a serem investigadas. Só assim um arcabouço bioestratigráfico elaborado terá aplicação plena por qualquer profissional especializado no grupo fóssil em questão.

Na figura 3, ilustram-se o zoneamento internacional de Sissingh (1977) e o atual arcabouço bioestratigráfico da PETROBRAS, onde, generalizadamente, tentou-se expressar a amplitude cronoestratigráfica de cada biozona nas bacias da margem sudeste e equatorial. Na realidade, esta coluna é uma síntese do quadro esboçado na figura 2. Na figura 3 ilustra-se, também, a distribuição estratigráfica máxima atualmente conhecida dos principais nanofósseis capazes de detalhar uma seção a ser investigada. Para a estimativa da amplitude de cada espécie, além da experiência do autor, contou-se com os trabalhos de Smith (1981), Perch-Nielsen (1985) e Varol (1992).

Com maior ou menor freqüência, todas as espécies assinaladas já foram registradas em amostras provenientes de poços exploratórios das bacias brasileiras e constituem bioelementos importantes para a mais precisa datação bioestratigráfica de seções, principalmente, quando estas seções contam com testemunhos e amostras laterais.

Percebe-se claramente que um maior refinamento é

possível para o Maastrichtiano, onde, com amostras não-contaminadas, pode-se dividir a Zona *Arkhangeskiella cymbiformis* em, pelo menos, três partes. Maior detalhamento também poderia ser esperado para a Zona *Eiffelithus eximius*, que abrange grande parte do Campaniano. Entretanto, como comentado anteriormente, as camadas desta biozona apresentam, em geral, espessuras reduzidas, o que dificulta sua subdivisão.

Com relação ao Cretáceo "médio", o desaparecimento de determinados taxa auxilia o melhor detalhamento desta série. Entretanto, como será visto a seguir, alguns destes eventos biológicos parecem ter melhor aplicação bioestratigráfica do que aqueles empregados na definição de certas biozonas.

5 - REESTRUTURANDO O ARCABOUÇO BIOESTRATIGRÁFICO CRETÁCEO

A bioestratigrafia, como as demais ferramentas geológicas, caracteriza-se por uma constante evolução. À medida que informações e constatações são feitas, os modelos disponíveis são reestruturados de modo a abarcar lógica e coerentemente as informações prévias e as novas. Na realidade, esta foi a dinâmica que sempre norteou as inovações introduzidas no arcabouço bioestratigráfico dos nanofósseis do Cretáceo "médio" a Superior das bacias marginais brasileiras. Não obstante o compromisso de melhorar e aprimorar a resolução bioestratigráfica, houve a introdução de alterações e emendas nem sempre bem alicerçadas, que se mostraram pouco eficientes, causando certa confusão nas correlações e associações bio- e cronoestratigráficas.

Atualmente, as principais bacias sedimentares contam com zoneamentos próprios que evidenciam diferenças significativas, se comparados uns com os outros (fig. 2). Como foi exaustivamente discutido, algumas dessas diferenças existem de fato e espelham, de certo modo, os diferentes processos geológicos e/ou paleoceanográficos que intervieram na história destas bacias. Outras refletem, apenas, enfoques distintos que orientaram o desenvolvimento das pesquisas.

Com o grau de conhecimento atualmente assimilado, já não é mais factível estabelecer uma sucessão de biozonas que abranja todas as nuances e peculiaridades de cada área sedimentar, como havia sido proposto por Tröelsen e Quadros (1971). Esta é uma constatação importante, pois evidencia o progresso que houve em relação ao conhecimento das bacias da margem continental.

Por outro lado, é necessário que os zoneamentos guardem entre si certa coerência, principalmente no que se relaciona às atribuições cronoestratigráficas, uma vez que tais coerências facilitam os estudos que objetivam o

| ANDAR | SISSINGH (1977) | ZONAS DA PETROBRÁS MARGEM | | ZONEAMENTO HIPOTÉTICO MARGEM | |
|----------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------|
| | | Subzona | Episódio | Subzona | Episódio |
| MAASTRICHTIANO | CC26 | | | | |
| | CC25 | c b a | <i>A. cymbiformis</i> N-290 | <i>A. cymbiformis</i> N-290 | |
| | CC24 | | | | |
| CAMPANIANO | CC23 | b a | <i>O. trifidum</i> N-288 <i>A. parvus</i> N-278 | <i>O. trifidum</i> N-288 <i>A. parvus</i> N-278 | |
| | CC22 | b a | <i>E. eximius</i> N-265 | <i>E. eximius</i> N-265 | |
| | CC21 | c b a | | | |
| | CC20 | | | | |
| | CC19 | b a | | | |
| | CC18 | b a | | | |
| | CC17 | a | | | |
| SANTONIANO | CC16 | | <i>L. grillii</i> ou N-260 | <i>L. grillii</i> ou <i>M. furcatus</i> N-260.9 | |
| | CC15 | | | <i>L. moratus</i> N-260.7 | |
| CONIACIANO | CC14 | | <i>M. furcatus</i> | <i>E. floralis</i> N-260.5 | |
| | CC13 | | | | |
| TURONIANO | CC12 | | <i>S. achylosus</i> N-255.2 | <i>R. planus</i> N-260.3 | |
| | CC11 | | | <i>A. albianus</i> N-260.1 | |
| CENOMANIANO | CC10 | | <i>A. albianus</i> N-255.1 | <i>A. albianus</i> N-260.1 | |
| | CC9 | | <i>B. africana</i> | <i>N. truitti</i> ou <i>N. fragilis</i> N-252 | |
| ALBIANO | CC8 | | <i>N. truitti</i> N-250 | <i>N. truitti</i> N-250 | |
| | | | <i>N. fragilis</i> ou <i>N. q. operatus</i> | <i>N. fragilis</i> N-248 | |

Fig. 4 - Arcabouço bioestratigráfico hipotético e sua correlação com o zoneamento da PETROBRÁS e de Sissingh (1977).

Fig. 4 - Hypothetical biostratigraphical framework and its correlation to the biozone adopted by PETROBRÁS and by Sissingh (1977).

- codificação das biounidades *Nannoconus fragilis* (N-240) e *Braarudosphaera* ex. gr. *B. africana* (N-252);
- o limite superior da Zona *Eiffelithus eximius* (N-265) ficaria localizado, em todas as bacias, na parte superior do Campaniano (não-coincidente com o topo), no interior da zona CC22b de Sissingh (1977).

Por outro lado, a mudança mais expressiva se refere ao intervalo cenomaniano/campaniano (parte inferior). Para esta seção apresenta-se a Zona *Lithastrinus* spp. (N-260), a ser dividida em cinco subzonas: *Axopodorhabdus albianus* (N-260.1), *Radiolithus planus* (N-260.3), *Eprolithus floralis* (N-260.5), *Lithastrinus moratus* (N-260.7) e *Lithastrinus grillii* ou *Marthasterites furcatus* (N-260.9). Em contrapartida, haveria a supressão da Zona *Stoverius achylosus* (N-255.2) e as unidades *Axopodorhabdus albianus* e *Lithastrinus grillii* ou *Marthasterites furcatus* teriam sua categoria rebaixada. O código da biounidade *Axopodorhabdus albianus* também seria modificado. A sucessão de códigos estabelecidos (N-260.1 a N-260.9) não é contínua, mas apresenta espaçamentos regulares (as terminações pares foram suprimidas). Isto porque procurou-se levar em conta a possibilidade de uma

subdivisão mais detalhada da zona N-260, em estudos futuros. Caso se estabeleçam novas unidades bioestratigráficas no interior da N-260, o código a ser adotado poderá ter a mesma estrutura dos aqui sugeridos.

Com esta significativa alteração do arcabouço, tenta-se diminuir um dos grandes problemas do zoneamento cretáceo de nanofósseis – a dificuldade em identificar confiavelmente seções cenomanianas a santonianas. Como indicado na figura 2 e nos comentários sobre as zonas *Axopodorhabdus albianus*, *Stoverius achylosus* e *Lithastrinus grillii*, esta faixa cronoestratigráfica nem sempre tem fácil caracterização, em face da escassez de formas diagnósticas, dentre outros motivos. Provavelmente, esta pobreza está relacionada à dissolução dos nanofósseis, ocorrida durante os episódios globais de anoxia registrados neste intervalo. Os fósseis escolhidos para nomear as biounidades *Radiolithus planus*, *Eprolithus floralis* e *Lithastrinus moratus*, por sua vez, têm sido observados, com maior ou menor frequência, em todas as bacias, uma vez que tais espécies figuram entre as mais resistentes aos efeitos da dissolução, conforme comentam Thierstein (1976) e Varol (1992).

As definições das biozonas seriam:

Zona *Lithastrinus* spp.

Intervalo compreendido entre as últimas ocorrências de *Nannoconus truitti* ou *Braarudosphaera* ex. gr. *B. africana* (dependendo da bacia) (base) e *Lithastrinus grillii* ou *Marthasterites furcatus* (dependendo da bacia) (topo);

Subzona *Axopodorhabdus albianus*

Intervalo compreendido entre as últimas ocorrências de *Nannoconus truitti* ou *Braarudosphaera* ex. gr. *B. africana* (dependendo da bacia) (base) e *Axopodorhabdus albianus* (topo);

Subzona *Radiolithus planus*

Intervalo compreendido entre as últimas ocorrências de *Axopodorhabdus albianus* (base) e *Radiolithus planus* (topo);

Subzona *Eprolithus floralis*

Intervalo compreendido entre as últimas ocorrências de *Radiolithus planus* (base) e *Eprolithus floralis* (topo);

Subzona *Lithastrinus moratus*

Intervalo compreendido entre as últimas ocorrências de *Eprolithus floralis* (base) e *Lithastrinus moratus* (topo);

Subzona *Lithastrinus grillii* ou *Marthasterites furcatus*
(dependendo da bacia)

Intervalo compreendido entre as últimas ocorrências de *Lithastrinus moratus* (base) e *Lithastrinus grillii* ou *Marthasterites furcatus* (topo).

Com relação aos intervalos cronoestratigráficos indicados pelas subzonas *Axopodorhabdus albianus*, *Radiolithus planus*, *Eprolithus floralis* e *Lithastrinus moratus*, existem alguns questionamentos. Há carência de informações fidedignas (análises de testemunhos) e a literatura revela-se ambígua quanto ao momento de extinção das espécies-guia. Por isso, preferiu-se considerar os limites cronoestratigráficos destas subzonas de modo duvidoso.

Mais alguns problemas são observados na reformulação sugerida. Uns relacionam-se aos códigos das biozonas e outros concernem a questões de natureza taxonômica.

O código N-260 é atualmente atribuído às zonas *Lithastrinus grillii* e *Marthasterites furcatus* (vide capítulo 2). Com a reformulação sugerida, o mesmo passaria a ter uma abrangência bio- e cronoestratigráfica bem maior. O cognome N-255.1, que corresponde à Zona *Axopodorhabdus albianus*, seria suprimido, uma vez que esta biounidade (com a categoria rebaixada) passaria a ser integrante da Zona *Lithastrinus* spp.

Permutas e modificações de códigos de biozonas não devem ser vistas como atitude usual na reestruturação e aperfeiçoamentos de arcabouços bioestratigráficos, pois, na atualidade, os profissionais responsáveis pela integração das informações geológicas estão acostumados a trabalhar rotineiramente com os códigos e, implicitamente, conhecem suas vantagens. Em outras palavras, hoje em dia, tende-se a valorizar mais o código da biozona do que o intervalo cronoestratigráfico indicado. Assim, tais modificações, se não estiverem bem fundamentadas e objetivamente não se fizerem necessárias, podem causar graves problemas quando se comparam e correlacionam informações bioestratigráficas novas e antigas, uma vez que estas informações serão cronoestratigraficamente distintas. Contudo, acredita-se que as permutas sugeridas não causarão acentuados transtornos. Ao contrário, facilitarão a homogeneização e integração dos dados paleontológicos, pois terão bastante coerência com a realidade nanofossilífera do intervalo cenomaniano/ campaniano (parte inferior) marinho das bacias brasileiras.

Os problemas relacionados às questões taxonômicas referem-se à identificação das espécies de *Lithastrinus*. Como abordado por Cunha e Antunes (1993), a literatura é pouco esclarecedora quanto ao reconhecimento de determinadas espécies do mencionado gênero. Para evitar confusões, as diretrizes

taxonômicas e bioestratigráficas de Varol (1992) foram amplamente adotadas aqui.

Na verdade, a reformulação apresentada não é totalmente original e engloba algumas idéias já divulgadas. Richter (1986) aumentou a amplitude cronoestratigráfica da Zona *Lithastrinus grillii*, atribuindo-lhe, então, o intervalo cenomaniano a santoniano. No entanto, o referido autor não fez qualquer comentário com relação à citada modificação. Cunha *et al.* (1993) sugeriram a utilização informal da Zona *Eprolithus floralis* para a Bacia de Campos. Contudo, alegaram que seria necessária uma análise da seção coniaciana/santoniana para formalizar a biozona.

Além da vantagem de melhor caracterização do intervalo cenomaniano/campaniano (parte inferior), a proposta de reformulação do zoneamento traz em si um compromisso com o acervo de informações bioestratigráficas de nanofósseis calcários do Brasil. Desde a implantação do método no País (a cargo da PETROBRAS, em 1971) até os dias atuais, milhares de análises foram executadas. À medida que novas biozonas foram definidas (a partir de meados da década de 80), os resultados dos poços exploratórios passaram a incorporar estas inovações. Entretanto, aqueles resultados das perfurações mais antigas, já analisadas, viram-se subtraídos de tais aprimoramentos (exceção deve ser feita para os poços que, por algum motivo, tiveram o conteúdo nanofossilífero revisado). As zonas *Axopodorhabdus albianus* e *Stoverius achylosus* foram adotadas em 1987 e, como foi comentado, teriam melhor utilização nas bacias Potiguar e Ceará. Como nessas bacias não há uma tradição de estudo dos nanofósseis, verifica-se relativa escassez de resultados com base neste grupo fóssil. Esta tradição encontra-se principalmente nas bacias da margem sudeste e leste, áreas em que as citadas biounidades não têm sido reconhecidas com frequência. Nestes sítios deposicionais, é bastante comum a caracterização da biozona *Lithastrinus grillii* (N-260) imediatamente sobre os estratos da Zona *Nannoconus truitti* (N-250). Deste modo, com a implantação sugerida, a unidade N-260 continuaria sendo reconhecida sobre a N-250, teria maior amplitude cronoestratigráfica e, quando possível, seria subdividida.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a análise crítica apresentada, foi possível discutir detalhadamente a maioria dos trabalhos que trataram da formulação, caracterização e atribuição cronoestratigráfica das zonas de nanofósseis cretáceas, que compõem o arcabouço bioestratigráfico das bacias marginais brasileiras (fig. 2).

1. Ao todo, 12 biounidades foram analisadas. Determinadas zonas têm caráter regional, ao passo

que outras são observadas em todas as bacias. As biozonas de abrangência notadamente regional são: *Nannoconus truitti* (Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo), *Nannoconus fragilis* e *Braarudosphaera* ex. gr. *B. africana* (por enquanto apenas formalizada para a Bacia do Ceará). Essas três unidades relacionam-se ao início da formação do oceano Atlântico Sul e caracterizam, de modo geral, o intervalo albian/cenomaniano. A Zona *Aspidolithus parvus* também pode ter abrangência regional, contudo, mais estudos são necessários para que este aspecto seja comprovado.

2. Existe certa confusão entre a utilização das biounidades *Lithastrinus grillii* e *Marthasterites furcatus*. Do ponto de vista cronoestratigráfico, entretanto, esta confusão é inócua, uma vez que ambas representam, com pequena diferença, o mesmo intervalo.
3. Foram apresentados outros *data* que poderão auxiliar a subdivisão das biozonas (fig. 3). Com base nestes *data* e no conhecimento geral da distribuição geográfica das unidades bioestratigráficas, acredita-se, no momento, que a Zona *Arkhangeskiella cymbiformis* (N-290) seja aquela que poderá ser subdividida.
4. Foi esboçado um modelo hipotético de zoneamento que tenta abranger todas as nuances e peculiaridades bioestratigráficas de toda a margem continental brasileira conhecidas até o momento (fig. 4). Neste modelo, suprimiram-se as zonas *Nannoconus quadriangulus apertus* e *Stoverius achylosus* (N-255.2) e rebaixaram-se as categorias das biounidades *Axopodorhabdus albianus*, *Lithastrinus grillii* e *Marthasterites furcatus*. Em contrapartida, apresentou-se a biounidade *Lithastrinus* spp. (N-260), que seria composta por cinco subzonas (*Axopodorhabdus albianus*, N-260.1; *Radiolithus planus*, N-260.3; *Eprolithus floralis*, N-260.5; *Lithastrinus moratus*, N-260.7 e *Lithastrinus grillii* ou *Marthasterites furcatus*, N-260.9), e compreenderia o intervalo cenomaniano/campaniano (parte inferior). Outras mudanças menores, de natureza operacional ou conceitual, também foram introduzidas. Este arcabouço deverá ser testado e, se comprovada sua exequibilidade, orientar os estudos futuros.

AGRADECIMENTOS

Aos geólogos Armando Antonio Scarparo Cunha, Luiz Carlos Veiga de Oliveira, Mitsuru Arai, Ricardo Latgé M. de Azevedo, Seirin Shimabukuro e Simone de Oliveira Costa pela leitura crítica do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, D., LANA, C., ANTUNES, R. L., OLIVEIRA, L. C. V., SCARPARO, A. *Biocronoestratigrafia do poço 1-CES-112*. Natal: DEBAR. DIREX. SELAG, 1993. (Nota técnica 010/93). Não publicado.
- ANTUNES, R. L. Geohistória do paleocanion de Fazenda Cedro, Bacia do Espírito Santo - Brasil, segundo dados biocronoestratigráficos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais ...* Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, 1984b. v.2, p. 670-684.
- ANTUNES, R. L. Bioestratigrafia dos nanofósseis calcários do Meso- e Neocretáceo da porção emersa da Bacia do Espírito Santo. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 3-11, 1987.
- ANTUNES, R. L. *Contribuição ao conhecimento geológico do paleocanion de Regência - bacia do Espírito Santo, Brasil*. Um estudo com base na bioestratigrafia dos nanofósseis calcários. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990. 2v. Dissertação (Mestrado).
- ANTUNES, R. L., TELLES JR., A. C. S., MOURA, J. A., LATGE, R., DINO, R. Bacia do Espírito Santo. In: Beurlen, G. et al. *Bioestratigrafia das bacias Mesozóicas-Cenozóicas brasileiras: texto explicativo das cartas bioestratigráficas*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1992. v.1, p. 140-189.
- AZEVEDO, R. L. M., HASHIMOTO, A. T., GOMIDE, J. Bioestratigrafia do cretáceo marinho da bacia de Campos, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 147-153, 1987a.
- AZEVEDO, R. L. M., GOMIDE, J., VIVIERS, M. C. Geo-história da Bacia de Campos, Brasil: do Albiano ao Maastrichtiano. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.17, n.2, p. 139-146, 1987b.
- AZEVEDO, R. L. M., SILVA-TELLES JR., A., ARAI, M., UESUGUI, N., SHIMABUKURO, S. Bacia de Campos. In: BEURLEN, G. et al. *Bioestratigrafia das bacias Mesozóicas-Cenozóicas brasileiras: texto explicativo das cartas bioestratigráficas*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1992. v.1, p. 79-137.
- BEURLEN, G., FREITAS, L. C. S., UESUGUI, N. *Paleoecologia do baixo de São Francisco I - Área de Brejo Grande-Carapitanga*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1987. (Relatório interno). Não publicado.
- BEURLEN, G., RICHTER, A. J., CUNHA, A. A., SILVA-TELLES JR., A., MARTINIS, E., PEDRÃO, E., MOURA, J. A., GOMIDE, J., VIVIERS, M. C., ARAI, M., UESUGUI, N., NASCIMENTO, N. L., AZEVEDO, R. L. M., DINO, R., ANTUNES, R. L., SHIMABUKURO, S., ABREU, W. S. *Bioestratigrafia das bacias Mesozóicas-Cenozóicas brasileiras: texto explicativo das cartas bioestratigráficas*.

- versão 01.88. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1992. 2v. (Relatório interno).
- BEURLEN, G., CUNHA, A. A. S., SILVA-TELLES JR., A., MARTINIS, E., MOURA, J. A., UESÚGUI, N. Bacia de Sergipe/Alagoas. In: BEURLEN, G. *et al.* *Bioestratigrafia das bacias Mesozóicas-Cenozóicas brasileiras* : texto explicativo das cartas bioestratigráficas. Rio de Janeiro: CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1992. v.1, p.261-336.
- BRALOWER, T. J. Calcareous nannofossils biostratigraphy and assemblages of the Cenomanian-Turonian interval: implications for the origin and timing of oceanic anoxia. *Paleoceanography*, Washington, v. 3, n.3, p. 275-316, 1988.
- BUKRY, D., BRAMLETTE, M. N. Coccolith age determinations, Leg 3. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Washington, v. 3, p. 589-611, 1970.
- CEPEK, P. Mesozoic calcareous nannoplankton of the eastern north Atlantic, Leg 41. *Initial Reports of The Deep Sea Drilling Project*. Washington: National Science Foundation, 1978. v. 41, p. 667-687.
- CEPEK, P., HAY, W. W. Calcareous nannoplankton and biostratigraphy subdivision of Upper Cretaceous. *Transactions - Gulf Coast Association Geological Societies*, Houston, v. 19, n. 1, p. 323-336, 1969.
- CUNHA, A. A. S. *Bioestratigrafia dos nanofósseis calcários da Sub-Bacia de Mundaú (Bacia do Ceará)*. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990a. 151p. Dissertação (Mestrado).
- CUNHA, A. A. S. *Nannoconus fragilis* e *Braarudosphaera africana*: duas novas biozonas de nanofósseis calcários da Bacia do Ceará. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 4, n.3, p. 275-284, 1990b.
- CUNHA, A. A. S., ANTUNES, R. L. A identificação do Andar Campaniano através dos nanofósseis calcários: revisão e estado da arte. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 7, n.1/4, p. 135-146, 1993.
- CUNHA, A. A. S., MARTINS, G. A., ANTUNES, R. L., MOREIRA, J. *Reconhecimento do Andar Campaniano na Bacia de Campos*. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1993. (Relatório interno n. 673 S-14511).
- CUNHA, A. A. S., VEIGA, L. C., SANTOS, S. Biocronoestratigrafia dos nanofósseis calcários da bacia de Sergipe/Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Camboriú. *Boletim de Resumos ... Camboriú*, Sociedade Brasileira de Geologia., 1994. v.3, p.207-208.
- DERES, F., ACHÉRITÉGUY, J. Biostratigraphie des nannoconides. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production, Elf-Aquitaine*, Pau, v. 4, n. 1, p. 1-53, 1980.
- DIAS-BRITO, D. A Bacia de Campos no Mesocretáceo: uma contribuição à paleoceanografia do Atlântico Sul primitivo. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.17, n. 2, p. 162-167, 1987.
- DIAS-BRITO, D. Comparação dos carbonatos pelágicos do Cretáceo médio da margem atlântica brasileira com os do Golfo do México: novas evidências do Tétis sul-atlantiano. In: SIMPÓSIO CRETÁCEO DO BRASIL, 3., 1994, Rio Claro. [Anais...].
- FREITAS, L. C. S. *Nanofósseis calcários e sua distribuição (Aptiano-Mioceno) na Bacia Sergipe-Alagoas*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1984. 247p. Dissertação (Mestrado).
- FREITAS, L. C. S., ANTUNES, R. L., SHIMABUKURO, S., RICHTER, A. J., GOMIDE, J. Sergipe/Alagoas Basin: A reconnaissance of Aptian/Early Albian marine sediments based upon calcareous nannoplankton. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 58, n.4, p. 613, 1986.
- GOMIDE, J. Bioestratigrafia do nanoplâncton calcário da Bacia de Campos. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 25, n.3, p. 129-137, 1982.
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J., VAIL, P. R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, Washington, n. 235, p. 1 156-1 167, 1987.
- HARLAND, W. B., ARMSTRONG, R. L., COX, A. V., CRAIG, L. E., SMITH, A. G., SMITH, D. G. *A geologic time scale*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 263 p.
- HERBIN, J. P., MULLER, C., GRACIANSKY, P. C., JACQUIN, T., MAGNIEZ-JANNIN, F., UNTERNEHR, P. Cretaceous anoxic events in the South Atlantic. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 92-99, 1987.
- JARVIS, I., CARSON, G. A., COOPER, M. K. E., HART, M. B., LEARY, P. N., TOCHER, B. A., HORNE, D., ROSENFELD, A. Microfossil assemblages and the Cenomanian - Turonian (late Cretaceous) Oceanic Anoxic Event. *Cretaceous Research*, London, v. 9, n.1, p. 3-103, 1988.
- KOUTSOUKOS, E. A. M. *Mid to Late Cretaceous microbiostratigraphy, palaeoecology and palaeoceanography of the Sergipe basin, northeastern Brazil*. Plymouth, UK : Council for National Academic Awards, 1989.
- LAMBERT, B. La notion d'espèce chez le genre *Braarudosphaera* Deflandre, 1947. *Revue de Micropaleontologie*, Paris, v. 28, n. 4, p. 255-264, 1986.
- MAGNIEZ-JANNIN, F., MULLER, C. Cretaceous stratigraphic and palaeoenvironmental data from the South Atlantic (foraminifers and nannoplankton). *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 100-105, 1987.

- OLIVEIRA, L. C. V. Ocorrência da Zona de Nanofóssil *Axopodorhabdus albianus* na Bacia do Espírito Santo. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 4, p.405-408, 1989.
- OLIVEIRA, L. C. V., BOTELHO NETO, J., COSTA, L. A. R. Porção norte da plataforma de Regência, bacia do Espírito Santo: caracterização bioestratigráfica e contribuição à interpretação geológica. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1993. (Relatório interno n. 650-1418).
- PERCH-NIELSEN, K. Albian to Pleistocene calcareous nannofossils from the western South Atlantic. *Initial Reports of Deep Sea Drilling Project*, Washington, v. 39, p.699-823, 1977.
- PERCH-NIELSEN, K. Mesozoic calcareous nannofossils/ Cenozoic calcareous nannofossils. In: BOLLI, H. M., SAUNDERS, J. B., PERCH-NIELSEN, K. (Eds.). In: *Plankton Stratigraphy*, p.329-554. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- PEREIRA, M. J. Considerações sobre a estratigrafia do Cenomaniano-Santoniano em algumas bacias marginais brasileiras e sua implicação na história tectônica e sedimentar da margem continental. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*. Rio de Janeiro, v. 6, n. 3/4, p. 171-176, 1992.
- PROTO-DECIMA, F., MEDIZZA, F., TODESCO, L. Southeastern Atlantic, Leg. 40 calcareous nannofossils. *Initial Reporting of Deep Sea Drilling Project*, Washington, v. 40, p.571-634, 1978.
- RICHTER, A. J. Aplicação dos nanofósseis calcários no mapeamento da discordância pré-eocênica na Bacia de Campos. In: *COLETÂNEA* de Trabalhos Paleontológicos. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1986, 656p., 471-480. (Geologia, 27, Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2).
- RICHTER, A. J. Subafloramento das discordâncias turoniana e campaniana no sul da Bacia de Campos. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 173-176, 1987.
- RICHTER, A. J., FREITAS, L. C. S. E WANDERLEY, M. D. Nanofósseis calcários: duas novas biozonas do Cretáceo médio da plataforma continental brasileira. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 225-234, 1987.
- ROTH, P. H. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy of the northwestern Atlantic ocean. *Initial Report of Deep Sea Drilling Project*, Washington, v. 44, p.731-758, 1978.
- SISSINGH, W. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie Mijnbouw*, Amsterdam, v. 56, n. 1, p.37-65, 1977.
- SMITH, C. C. *Calcareous nannofossils and stratigraphy of Late Turonian, Coniacian and early Santonian Age of the Eagle Ford and Austin Groups of Texas*. Washington, U. S. Government of the Interior, 1981, 98 p. (Geological Survey, Professional paper 1075).
- SPADINI, A. R., ESTEVES, F. R., DIAS-BRITO, D., AZEVEDO, R. L. M., RODRIGUES, R. The Macaé formation, Campos Basin, Brazil: its evolution in the context of the initial history of the South/Atlantic. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 261-273, 1988.
- THIERSTEIN, H. R. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology*, Amsterdam, v. 1, p. 325-362, 1976.
- TRÖELSEN, J. C., QUADROS, L. P. Distribuição bioestratigráfica dos nanofósseis em sedimentos marinhos (Aptiano-Mioceno) do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, n. 43, p. 577-609, 1971b. Suplemento.
- VAROL, O. Taxonomic revision of the polycyclolithaceae and its contribution to Cretaceous biostratigraphy. *Newsletter Stratigraphy*, Stuttgart, v. 27, n.3, p. 91-127, 1992.
- VIVIERS, M. C. Bioestratigrafia e evolução paleoambiental do Meso-neocretáceo da Bacia de Santos, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. *Anais... Goiânia*, Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, pp. 50-64.
- VIVIERS, M. C., REGALI, M. S. P. Estudo paleoambiental preliminar do Cretáceo da Bacia Potiguar. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17; n. 2, p. 106-110, 1987.
- VIVIERS, M. C., AZEVEDO, R. L. M. The southeastern area of the brazilian continental margin: its evolution during the middle and late Cretaceous as indicated by paleoecological data. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 18, n.3, p.291-298, 1988.
- VIVIERS, M. C., CUNHA, A. A. S., SHIMABUKURO, S., UESUGUI, N., SILVA-TELLES JR., A., MOURA, A. J. Bacia do Ceará. In: BEURLIN, G. et al. *Bioestratigrafia das bacias Mesozóicas-Cenozóicas brasileiras - texto explicativo das cartas bioestratigráficas*, v.2, p. 409-482, 1992. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE.
- VIVIERS, M. C., RICHTER, A. J., SILVA-TELLES JR., A., MOURA, J. A., NASCIMENTO, N. L., DINO, R., SHIMABUKURO, S. Bacia Potiguar. In: BEURLIN, G. et al. *Bioestratigrafia das bacias Mesozóicas-Cenozóicas brasileiras - texto explicativo das cartas bioestratigráficas*, v.2, p. 337-408, 1992b. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE.
- VIVIERS, M. C., RICHTER, A. J., ARAI, M., UESUGUI, N., ANTUNES, R. L. Bacia de Santos. In: BEURLIN, G. et al. *Bioestratigrafia das bacias Mesozóicas-Cenozóicas brasileiras - texto explicativo das cartas bioestratigráficas*, v.1, p. 28-79, 1992c. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE.

WANDERLEY, M.D. Estudo de uma seção cretácica da bacia Potiguar com base em nanofósseis calcários. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1987. Dissertação (Mestrado). 162p.

WANDERLEY, M.D. Estudo de uma seção cretácica da bacia Potiguar com base em nanofósseis calcários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10., Rio de Janeiro, 1988. *Anais...* Rio de Janeiro, v.2, p. 691-702.

EXPANDED ABSTRACT

In Brazil, the nannofossil study begun in 1968, concomitant with offshore oil exploration. As a result of the first investigations there is paper from Trøelsen & Quadros (1971) that based on these microorganisms proposed a series of biostratigraphical zones for the Aptian-Miocene. As the studies were carried out, several other contributions were presented. The object of most of these studies was the refinement of the biostratigraphical sections, proposing new biozones, making amendments to others and always, when it was necessary, the chronostratigraphical adjustment of the biounits, due to new information that was obtained. Presently, twelve biozones are recognized for the Cretaceous (from Middle to Upper) interval. Thus, this number does not mean that the marine Cretaceous sediments of the Brazilian continental margin may not be, at most, subdivided in twelve distinct biostratigraphical intervals (figure 2).

This paper intends to make a critical analysis of each one of the twelve biozones of nannofossils that have been proposed up to the present, and their positive and negative aspects are discussed. It is also presented a hypothetical biostratigraphical framework with an attempt to cover all the nuances and peculiarities that are observed in the investigated basins.

The main topics related to each one of the biozones are summarized below:

Nannoconus quadriangulus apertus Zone - this biozone has fallen into disuse, since it is identical to *Nannoconus fragilis* Zone;

Nannoconus fragilis Zone (Aptian [?]/Albian) - its utilization is restricted to the Sergipe/Alagoas, Potiguar and Ceará basins;

Nannoconus truitti Zone (N-250, Albian/Cenomanian) - biozone with application restricted to the Santos, Campos and Espírito Santo basins. The last occurrence of *N. truitti* Brönnimann is diachronic along the Brazilian continental margin;

Braarudosphaera africana Zone (Albian/Cenomanian) - observed mainly in the basins of the Eastern and Equatorial margins;

Axopodorhabdus albianus Zone (N-255.1, Cenomanian/Turonian) - it is more frequently registered in the Eastern and Equatorial margins. Its occurrence in the Southeastern margin is occasional. In general terms, the strata of this zone comprise a poor nannofossil association, possibly this is due to the effect caused by global anoxia events;

Stoverius achylosus ((N-255.2, Turonian) - it is not well characterized in the Brazilian continental margin. The scarce

registers are probably due to erosional events and/or to the dissolution of its characteristic fossil, since the *S. achylosus* (Stover) Perch-Nielsen is more frequent in well preserved associations;

Lithastrinus grillii Zone (N-260, Turonian/lowest division of the Campanian) - the characteristic fossil of this biozone is documented over all the Brazilian continental margin. However, the layers of this biostratigraphical unit are nannofossil poor at the base and richer towards the top. The scarceness of the species in the lower portion of this biozone is probably related to the effect caused by global anoxia events;

Marthasterites furcatus Zone (N-260, Coniacian/Santonian) - the species *M. furcatus* (Deflandre) Deflandre is marked all over the Brazilian continental margin, and the deposits of the zone with its name are identical to those of the *L. grillii* unit, despite some chronostratigraphical differences being observed (figure 2). Such a difference is related to distinct conceptions used to estimate the chronostratigraphical amplitude of the two biostratigraphical units;

Eiffelithus eximius Zone (N-265, Campanian) - is observed in several basin, usually it is not thick;

Aspidolithus parvus Zone (N-270, Campanian/Maastrichtian) - perhaps this is the biozone presenting more problems as for being accepted or not. For instance, there are studies that were carried out in the same basin and take this biozone into consideration, while other studies disregard this biozone. Partially this controversy is based on the possibility that the last occurrence of *A. parvus* (Hattnér et al.) Perch-Nielsen is a well diachronic event all over the Brazilian continental margin. In order to confirm this possibility, more studies are necessary;

Quadrum trifidum and **Arkhangelskiella cymbiformis** zones (respectively, N-280 and N-290, Maastrichtian) - these biozones are known without any problems in the Brazilian marginal basins.

As for the hypothetical zoning (figure 4), some of the changes that were presented cause less impact (they have an operational and a chronostratigraphical nature), and others are more expressive changes because they significantly restructure the biostratigraphical framework for the Cenomanian/Campanian section.

The following are the alterations that would cause less impact: the exclusion of the *Nannoconus quadriangulus apertus* Zone, since it has fallen into disuse; the *Braarudosphaera africana*

Zone would be called *Braarudosphaera* ex. gr. *B. africana*; the *Nannoconus truiti* Zone (N-250) would only be used in basins of the Eastern margin. There are evidences that for basins in the Sergipe/Alagoas, Potiguar and Ceará regions, the *Nannoconus fragilis* and the *B. ex. gr. B. africana* biozones are somewhat applicable; codification of the *N. fragilis* (N-240) and *B. ex. gr. B. africana* (N-252) biozones; for all basins, the upper limit of the *Eifelithus eximius* Zone (N-265) would be located in the upper portion of the Campanian (not coincident with its top), within the Sissingh's (1977) CC22b zone.

The most expressive changes are mainly related to the recognition of one zone (*Lithastrinus* spp., N-260) and five subzones, all of them of the interval type, with their top and bottom characterized by the last occurrence (LO) of the diagnostic taxa. The subzones are the following: *Axopodorhabdus albianus* (N-260.1), *Radiolithus planus* (N-260.3), *Eprolithus floralis* (N-260.5), *Lithastrinus moratus* (N-260.7) and *Lithastrinus grillii* or *Marthasterites furcatus* (N-260.9). In return, the *Stoverius achylosus* Zone (N-255.2) should be suppressed, and zones *Axopodorhabdus albianus*

(N-255.1) and *Lithastrinus grillii* (N-260) or *Marthasterites furcatus* (N-260) should have their categories lowered, and the respective codes should be modified.

The reformulation presented hereby is not a totally original suggestion, since it comprises some ideas that have already been disclosed. Richter (1986) extended the chronostratigraphical amplitude of the *Lithastrinus grillii* Zone, and the Cenomanian to Santonian interval was then attributed to it. However, the mentioned author, did not make any comments related to the aforementioned change. Cunha et al. (1993) informally suggested the use of the *Eprolithus floralis* Zone for the Campos Basin. Nevertheless, they stated that an analysis of the Coniacian/Santonian section should be necessary in order to make formal the biozone.

It should be clear, that with this study, the author is not making the proposition for an immediate use of the framework that was elaborated. In order to make an immediate use of this suggestion, it would be necessary the presentation of the reference sections for the biozones. For this reason, at the moment, only the hypothetical framework is presented, and it shall be tested, if accomplishable, it shall guide future studies.