

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**Nanofósseis Calcários do Testemunho 45, Cruzeiro 0775 da Série “Ara Islas Orcadas”,
Banco Maurice Ewing, Antártica. Sistemática e Diagênese Primária**

Beatriz Appel Dehnhardt, Helena Maria Souto Gonçalves
Pesquisas em Geociências, 20 (1): 33-47, Mai./Ago., 1993.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21280>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - Mai./Ago., 1993.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Nanofósseis Calcários do Testemunho 45, Cruzeiro 0775 da Série "Ara Islas Orcadas", Banco Maurice Ewing, Antártica. Sistemática e Diagênese Primária

BEATRIZ APPEL DEHNHARDT E HELENA MARIA SOUTO GONÇALVES

CECO, Instituto de Geociências, UFRGS, Caixa Postal 15.001, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

(Recebido em 25/11/92. Aceito para publicação em 29/07/93.)

Abstract — A detailed systematic study of the calcareous nanofossils of the piston core n° 45 from Maurice Ewing Bank — Antarctic was carried on through the use of scanning electronic microscope. Evaluation of the microfossils preservation degree allowed for the species behavior interpretation regarding the dissolution "in situ" and the calcite skeleton reprecipitation as a result of the early diagenesis. At the same time observations were made on, the secondary calcite overgrowths as the most frequent limitation factor on species identification.

Resumo — O emprego do microscópio eletrônico de varredura permitiu a realização de um estudo sistemático, detalhado, dos nanofósseis calcários do testemunho n° 45 localizado no Banco Maurice Ewing-Antártica. A avaliação do grau de preservação destes microfósseis possibilitou interpretações do comportamento das espécies com relação à dissolução "in situ" e à reprecipitação do esqueleto de calcita, resultantes da diagênese primária. Ao mesmo tempo foram feitas observações referentes ao supercrescimento secundário de calcita como fator limitante mais freqüente na identificação das espécies.

INTRODUÇÃO

O testemunho utilizado para análise dos nanofósseis calcários é o de n° 45, obtido a partir do cruzeiro 0775 da série "Ara Islas Orcadas" na expedição que abrangeu o setor sudoeste do Atlântico Sul, coletado no Banco Maurice Ewing a leste do Platô Malvinas (ou Falkland), latitude 50°25.0'S e longitude 44°52.4'W (Fig. 1).

Este trabalho objetiva registrar os resultados da diagênese primária sobre os nanofósseis calcários deste testemunho, detectados pelos efeitos de dissolução "in situ" e reprecipitação do carbonato de cálcio bem como o supercrescimento secundário de calcita, fator limitante para o estudo sistemático destes microfósseis.

A disponibilidade do carbonato em altas latitudes é baixa quando comparada com outras áreas do globo terrestre afetando, assim, o estado de preservação dos nanofósseis calcários.

A remoção seletiva dos elementos ultra-estruturais destes microfósseis, bem como a reprecipitação do carbonato de cálcio, resultante da dissolução "in situ", estão intimamente relacionadas com a distribuição assimétrica das vasas carbonáticas nas bacias oceânicas. Como a maioria das águas superficiais são saturadas de carbonato de cálcio, não existe nenhuma tendência à dissolução nas águas superiores imediatamente após à morte dos organismos. Entretanto as águas subsuperficiais tornam-se progressivamente subsaturadas em carbonato de cálcio. O aumento da solução do carbonato em relação à profundidade é o fator primário de controle da distribuição do carbonato na coluna d'água e independe da produtividade biológica que ocorre nas águas superficiais (Kennett, 1982).

Os nanofósseis calcários são afetados por dissolução na interface sedimento/água e também dentro do sedimento. Parte do esqueleto carbonático, dissol-

vido na coluna d'água ou próximo à interface sedimento/água, é reciclado de volta à hidrosfera. Muitos autores acreditam que entre estes dois ambientes, a dissolução é mais intensa na interface sedimento/água onde o tempo de residência é muito maior (Wise Jr., 1977). Este tempo varia em função da taxa de sedimentação local. Secundariamente, a dissolução do carbonato na coluna d'água apresenta uma redução significativa devido a organismos que se alimentam do plâncton, provocando um rápido transporte dos nanofósseis que são "empacotados" por estes organismos para o fundo dos oceanos (Wise Jr., *op. cit.*).

Através do microscópio eletrônico de varredura (MEV) pode-se observar que a preservação das assembléias de nanofósseis calcários varia significativamente com a litologia. As assembléias mais pobremente preservadas são aquelas que ocorrem em vasas carbonáticas puras, onde não existem barreiras para a difusão do carbonato no ambiente. Nanofósseis calcários em amostras onde existe alta quantidade de argila, zeolita, vidro vulcânico ou microfósseis silicosos são geralmente melhor preservados do que aqueles encontrados em vasas carbonáticas (Bukry *et al.*, 1971). Na ocorrência simultânea de nanofósseis calcários e de organismos silicosos, no mesmo intervalo, os nanofósseis podem estar levemente dissolvidos, mas não mostram supercrescimento de calcita, indicando que a presença de sílica na solução pode inibir a reação dissolução-precipitação em carbonatos. O mesmo ocorre em vasas carbonáticas puras, onde a presença de vidro vulcânico provoca significantes reduções no supercrescimento de calcita dos nanofósseis calcários (Bukry *et al.*, *op. cit.*). Percentagens altas de argila também reduzem o supercrescimento de calcita, aparentemente, devido ao efeito de isolamento que as partículas de argila têm sobre os nanofósseis isolados; este fato inibe a difusão necessá-

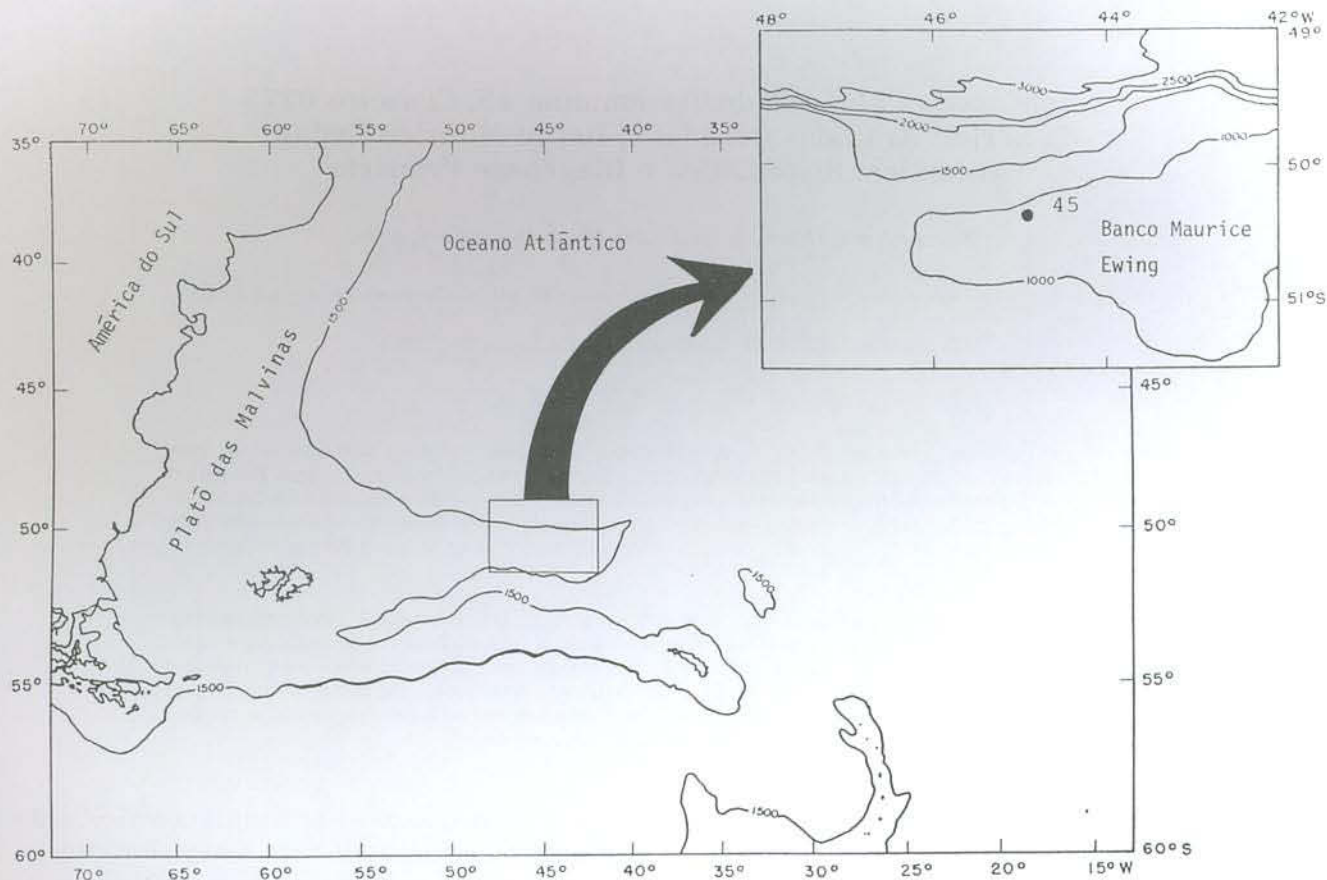


Figura 1 — Localização da área estudada e do testemunho 45 (modificado de Cassidy *et al.*, 1977).

ria para que ocorram as reações de dissolução-difusão-reprecipitação.

Conforme Thierstein (1974) a reprecipitação do carbonato afeta as assembléias de nanoplâncton seletivamente, ou seja, algumas espécies e sempre algumas estruturas em detrimento de outras tendem a desenvolver o supercrescimento mais facilmente. O aumento progressivo da pressão e da temperatura locais, durante a fase inicial da diagênese, também podem corroborar neste processo.

O resultado da variabilidade morfológica termina por mascarar padrões de construções distintas dos nanofósseis, sendo esta a causa mais comum para o constante crescimento do número de sinonímias. O supercrescimento diagenético é o fator limitante mais freqüente para a identificação das espécies.

DIAGÊNESE PRIMÁRIA

A maioria das vasas de carbonato são misturas heterogêneas de componentes esqueléticos que são variáveis, em sua estabilidade, no ambiente marinho.

Os discoasteres apresentam continuidade óptica e cristalográfica. Portanto, seus raios comportam-se como um cristal único de calcita onde tem início o processo de nucleação. Desta maneira atuam como um germe de cristal capaz de atrair íons das soluções intersticiais (Martini & Worsley, 1971).

Já os placolitos por não apresentarem continuidade óptica e cristalográfica, a nucleação se efetua sobre

cada elemento do placolito separadamente. É provável que o supercrescimento se inicie, primeiramente nos escudos e na extremidade dos elementos imbricados, porque a nucleação da calcita apresenta um efeito muito mais eficaz ao longo da extremidade do cristal do que na sua superfície plana. Com isto, os discoasteres se tornam bem mais susceptíveis a alterações diagenéticas, através do supercrescimento de calcita, do que os placolitos. Estas alterações tendem a reduzir as concentrações de carbonato na água intersticial. E partículas menos estáveis como os elementos que constituem os placolitos iniciam a dissolver-se e transportam a água intersticial de volta à hidrosfera na tentativa de manter um equilíbrio entre os dois meios. Componentes metaestáveis (p. ex. aragonita), se soterrados no sedimento, podem tornar-se importantes doadores de carbonato de cálcio para cimentação durante a litificação (Wise Jr., 1977).

DESCRIÇÃO DO TESTEMUNHO

A base do testemunho, intensamente bioturbada, correspondente ao intervalo (354-477 cm) contém uma vasa de nanofósseis calcários-radiolários com a presença de algumas diatomáceas, foraminíferos, silicoflagelados, espículas de esponjas, quartzo e feldspatos, minerais pesados e percentagem alta de vidro vulcânico. Acima deste intervalo, em contato gradacional, segue o intervalo (107-354 cm), representado por uma vasa de nanofósseis calcários-foraminíferos com a presença

de algumas diatomáceas, silicoflagelados, radiolários, espículas de esponjas, quartzo e feldspatos e baixa percentagem de vidro vulcânico. Acima, seguindo este intervalo, também em contato gradacional está o intervalo (38-107 cm) que representa uma vasa de radiolários com a existência de diatomáceas, poucos silicoflagelados, algumas espículas de esponjas e alta percentagem de vidro vulcânico. Logo acima desta vasa de radiolários, em contato brusco, tem-se uma vasa de silicosos correspondente ao intervalo (15-38 cm), contendo quantidade elevada de radiolários e diatomáceas, alguns silicoflagelados, espículas de esponjas, minerais pesados, baixa percentagem de vidro vulcânico, além da quantidade elevada de quartzo e feldspatos e, principalmente, glauconita. Já o topo do testemunho, em contato gradacional correspondente ao intervalo (0-15 cm) representa uma vasa de foraminíferos com muitas diatomáceas, alguns radiolários e silicoflagelados, espículas de esponjas, baixa percentagem de vidro vulcânico, minerais pesados, presença elevada de glauconita e alta percentagem de quartzo e feldspatos (Fig. 2).

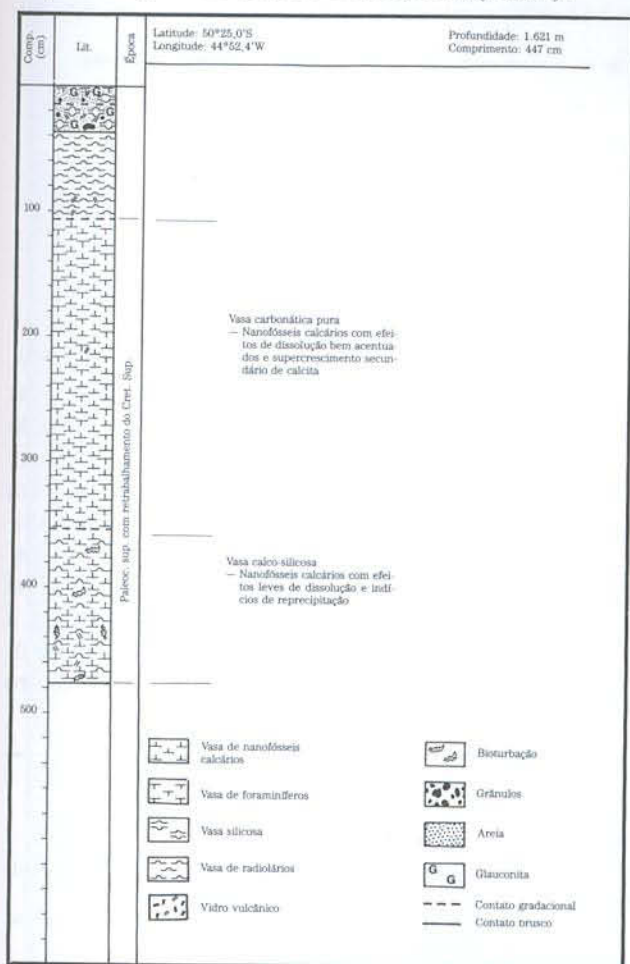


Figura 2 — Seção litológica do testemunho 45 (modificado de Cassidy et al., 1977).

Os sedimentos que foram amostrados neste testemunho, de 477 cm a 107 cm, correspondem ao Paleoceno superior identificado pelos nanofósseis calcários: *Neochiastozygus chiastus*, *Neochiastozygus junctus*, *Toweius eminens*, *Toweius pertusus*, *Toweius tovae*, *Chiasmolithus bidens*, *Helio-discoaster mohlerii*, *Heliolithus riedelii*, *Fasciculithus involutus* e *Fasciculithus tympha-*

niformis, com retrabalhamento de algumas espécies do Cretáceo Superior como: *Acuturris scotus*, *Lucianorhabdus cayeuxi*, *Arkhangelskiella specillata*, *Kamptnerius magnificus*, *Cyclagelosphaera reinhardtii* e *Watznaeria barnesae*. Tal retrabalhamento provavelmente ocorreu devido às fortes correntes de turbidez locais. Assim este processo turbidítico propiciou a preservação de *A. scotus* e *L. cayeuxi*, pois, sendo estes holococólitos e indicadores de profundidades rasas, dificilmente se preservariam nestas condições.

As espécies acima citadas são comuns nas duas seções estudadas (Vasa carbonática pura e Vasa calcossilicosa).

Já para os intervalos que seguem acima deste intervalo retrabalhado, até o topo, não foi possível definir a época correspondente em face da ausência dos nanofósseis calcários.

DESCRIÇÃO SISTEMÁTICA

A classificação apresentada neste trabalho segue a sistemática de Hay (1977).

As descrições têm, como base, as diagnoses originais de cada espécie e, na medida do possível, se buscou elaborar uma descrição fiel às características morfológicas, desprezando-se as deformidades conforme demonstram as fotografias, em função do supercrescimento secundário de calcita, da dissolução e da reprecipitação. Neste caso, são feitos comentários pertinentes a cada exemplar de acordo com a ocorrência dos fatos.

Para *Kamptnerius magnificus*, após discussões, optou-se por apresentar uma diagnose ao invés de uma descrição, pois as inúmeras controvérsias, apresentadas pelos autores consultados, deixam dúvidas com relação às características morfológicas da mesma. Estas controvérsias são colocadas no momento da discussão correspondente à espécie.

As sinônimas aqui listadas foram retiradas apenas da bibliografia pesquisada.

Reino Plantae
Divisão Chrysophyta Rothmaler, 1949
Classe Coccolithophyceae Rothmaler, 1951
Ordem Eiffellithales Rood, Hay e Barnard, 1971
Família Zygodiscaceae Hay e Mohler, 1967
Subfamília Parhabdolithoideae Gartner, 1968
Gênero *Acuturris* Wind e Wise, 1977

Acuturris scotus (Risatti, 1973) Wise e Wind, 1977
Lâm. 1, Figs. 1, 2a-c

Eurhabdus scotus Risatti, 1973. p. 29, pl. 7, figs. 9, 10.

Descrição — Espinho alongado, estreito, que se projeta de um pequeno disco elíptico basal. Superfície externa do espinho irregular e interna lisa. Este espinho é formado por três componentes, divididos por linhas de suturas retas e perpendiculares à base. Um estreito canal é formado pela junção destes três compo-

nentes, quando observado ao MEV. Em luz polarizada o espécime se apresenta em duas partes, divididas por uma linha de sutura. A 45° de giro da platina, uma das partes fica bem iluminada enquanto a outra permanece escura, ocorrendo o inverso ao girar novamente.

Gênero *Lucianorhabdus* Deflandre, 1959

Lucianorhabdus cayeuxi Deflandre, 1959

Lâm. 1, Figs. 3, 4a-c

Lucianorhabdus maleformis Reinhardt, 1966. p. 42, pl. 21, figs. 5, 7.

Descrição — Ao MEV o espécime possui forma geral variável: cilíndrica a subcilíndrica, com extremidade globular ou em forma de verruga. Holococolito composto de disco basal e haste proeminente. O disco é espesso e formado por elementos que apresentam os cristais de calcita com orientação diferente dos cristais encontrados na haste. Esta haste é constituída por quatro lâminas longitudinais que se afilam gradativamente ou apenas se encurvam na extremidade afilada. Ao microscópio óptico a 90° de giro da platina a haste aparece brilhante em todo seu comprimento, de contorno irregular, resultando numa aparência rugosa e com linha mediana obscura. A 30°, no sentido longitudinal, somente metade da haste aparece brilhante. A base desta haste não é muito nítida com nicóis cruzados.

Gênero *Neochiastozygus* Perch-Nielsen, 1971

Neochiastozygus chiastus (Bramlette e Sullivan, 1961)

Perch-Nielsen, 1971

Lâm. 1, Figs. 5-7

Zygoolithus chiastus Bramlette e Sullivan, 1961. p. 149, pl. 6, figs. 1a-d, 2a-d, 3a-b.

Descrição — Cocolito elíptico de borda espessa. Esta borda, ao MEV é constituída por elementos em forma de ripas e imbricados radialmente. Área central atravessada por duas barras cruzadas, menos espessas

do que a borda e composta por elementos em forma de ripas mais grosseiras. As barras podem ser ambas retas, em forma de "X", ou, uma reta e a outra levemente sigmóide.

Neochiastozygus junctus (Bramlette e Sullivan, 1961)

Perch-Nielsen, 1971

Lâm. 1, Figs. 8-10

Zygoolithus junctus Bramlette e Sullivan, 1961. p. 150, pl. 6, figs. 11a-b.

Descrição — Cocolito grande de forma elíptica a subelíptica. Borda estreita com discreta inclinação. Área central transversalmente expandida por duas barras estreitas, unidas e retas na sua porção mediana. Na porção próximo à borda as barras sofrem um afastamento. Ao MEV, entre as barras, nota-se uma linha de sutura bem marcada. No microscópio óptico, ao cruzar os nicóis, a borda aparece bem iluminada e as barras da área central parecem ser cruzadas, apresentando a parte mediana obscura onde, ao microscópio eletrônico, corresponde à linha de sutura.

Ordem Podorhabdinales Rood, Hay e Barnard 1971

Família Arkhangelskiellaceae Bukry, 1969

Subfamília Discorhabdoideae Noël, 1965

Gênero *Arkhangelskiella* Vekshina, 1959

Arkhangelskiella specillata Vekshina, 1959

Lâm. 1, Figs. 11-14

Descrição — Forma elíptica a subelíptica. Ao MEV, a borda é formada por elementos de orientação e forma diferentes, sendo a mais interna contínua com o escudo central. Duas linhas de suturas atravessam a elipse, orientadas segundo os eixos maior e menor. A sutura menor é oblíqua, divergindo em torno de 10° no sentido dos ponteiros do relógio. Pequenas perfurações estão distribuídas ao longo das linhas de suturas e na borda mais interna da margem. Em luz polarizada a borda é estreita e fortemente iluminada. A 0° de orientação a área central se apresenta dividida em quatro

Lâmina 1

Acuturris scotus (Risatti, 1973) Wise e Wind, 1977

Figura 1 — ao MEV, apresentando supercrescimento secundário de calcita

Figura 2a — em LP, a 0°, com forte dissolução, aprox. 2.500 X

Figuras 2b e 2c — em LP, a 45°, aprox. 2.800 X

Lucianorhabdus cayeuxi Deflandre, 1959

Figura 3 — ao MEV, com acentuada evidência de dissolução

Figuras 4a e 4b — em LP, a 45°, aprox. 2.200 X

Figura 4c — em LP, a 0°, aprox. 2.200 X

Neochiastozygus chiastus (Bramlette e Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1971

Figura 5 — vista distal, ao MEV

Figura 6 — vista proximal, ao MEV, com evidência de supercrescimento secundário de calcita na borda interna

Figura 7 — vista distal, ao MEV, com forte supercrescimento secundário de calcita

Neochiastozygus junctus (Bramlette e Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1971

Figura 8 — vista distal, ao MEV, com início de supercrescimento secundário de calcita

Figura 9 — em LP, aprox. 2.600 X

Figura 10 — em LP, estrutura central totalmente dissolvida, aprox. 2.900 X

Arkhangelskiella specillata Vekshina, 1959

Figura 11 — vista distal, ao MEV

Figura 12a — em LP, a 0°, aprox. 2.750 X

Figura 12b — em LP, a 45°, aprox. 2.750 X

Figura 13a — vista distal, ao MEV, em fase inicial de reprecipitação

Figura 13b — detalhe da área central, ao MEV

Figura 14 — vista distal, ao MEV, com forte efeito de reprecipitação.



partes bem iluminadas e quatro extintas, alternadamente. Girando a 45° a sutura menor oblíqua torna-se bastante visível.

Subfamília Kamptnerioideae Bukry, 1968

Gênero *Kamptnerius* Deflandre, 1959

Kamptnerius magnificus Deflandre, 1959 emend.

Lâm. 2, Figs. 1-4

Kamptnerius magnificus Deflandre, 1959. p. 135, pl. 1, figs. 1-4.

Diagnose — Ao MEV, o espécime apresenta forma elíptica grande com aba assimétrica. Área central perfurada, constituída de elementos estreitos, alongados, orientados perpendicularmente à margem do ciclo mais interno de elementos e com sutura mediana alinhada transversalmente em relação aos elementos centrais. Ao microscópio óptico, a borda é estreita, assimétrica com alta birrefringência. Área central ampla e obscura sob luz polarizada. Sob luz transmitida, a borda é bem nítida e percebe-se a existência de elementos estreitos e delicados na área central com perfurações dispostas irregularmente.

Discussão — Em 1959 Deflandre descreveu *Kamptnerius magnificus* não mencionando a presença de perfurações na área central do caliptrolito. Stradner (1963) descreveu uma outra espécie deste gênero, com perfurações na área central, a qual denominou de *Kamptnerius punctatus*. Já Cepek (1970) descreveu uma terceira espécie ainda atribuída a esse gênero, denominada de *Kamptnerius pseudopunctatus* que apresenta a área central perfurada, mas com número bem menor, se comparado com as de *Kamptnerius punctatus*. Em trabalho posterior Smith (1981) apresenta diagnose para duas espécies de *Kamptnerius* com base em dois tipos morfológicos distintos, considerando espécie perfurada e espécie imperfurada, *Kamptnerius punctatus* e *Kamp-*

tnerius magnificus, respectivamente. Ao mesmo tempo salienta a importância bioestratigráfica para cada uma destas espécies dentro do Cretáceo Superior.

O espécime do gênero *Kamptnerius*, ilustrado neste trabalho, apesar de apresentar fortes efeitos de supercrescimento de calcita e mesmo indícios de dissolução ao longo da sutura longitudinal permitiu a identificação de perfurações dispostas irregularmente na área central do cocolito (Lâm. 2, Fig. 2a).

Diante do que foi exposto optou-se por seguir a posição adotada por Thierstein (1974 e 1976), Wise Jr. e Wind (1977), Hattner e Wise Jr. (1980) e considerar a espécie como *Kamptnerius magnificus* Deflandre, 1959, pois estes autores não fazem distinção entre as três espécies do gênero *Kamptnerius*, considerando a todas como uma mesma espécie, e afirmam a impossibilidade de subdividi-las com base no número de perfurações existentes ou não na área central.

Para *Kamptnerius magnificus* é considerado aqui, como mais característico e diagnóstico a presença da aba central, passando a denominar-se de *Kamptnerius magnificus* Deflandre, 1959 emend.

Ordem Syracosphaerales Hay, 1977

Família Prinsiaceae Hay e Mohler, 1967

Gênero *Toweius* Hay e Mohler, 1967

Toweius eminens (Bramlette e Sullivan, 1961)

Perch-Nielsen, 1971

Lâm. 2, Figs. 5-13 e Lâm. 4, Fig. 16a

Coccolithus eminens Bramlette e Sullivan, 1961. p. 139, pl. 1, figs. 3a-d.

Descrição — Ao MEV, o cocolito apresenta forma circular a sucircular. Escudo distal bem visível e observa-se, nitidamente, os três ciclos de elementos em pla-

Lâmina 2

Kamptnerius magnificus Deflandre, 1959 emend.

Figura 1 — vista distal, ao MEV, com forte supercrescimento secundário de calcita na área central, início de dissolução ao longo da sutura longitudinal e posterior formação de cristais euédricos sobre os elementos da área central por reprecipitação

Figura 2a — vista proximal, ao MEV, com algumas perfurações visíveis na área central e as demais preenchidas por supercrescimento secundário de calcita observado pelo desenvolvimento dos elementos e princípio de dissolução ao longo da sutura longitudinal

Figura 2b — vista proximal, ao MEV, com começo de dissolução na borda do escudo proximal e na extremidade da sutura longitudinal

Figura 2c — detalhe da dissolução na sutura longitudinal, ao MEV

Figura 3 — vista proximal, ao MEV, com forte efeito de dissolução ao longo da sutura longitudinal

Figuras 4a e 4b — em LN e LP, respectivamente, aprox. 2.850 X

Toweius eminens (Bramlette e Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1971

Figura 5 — vista distal, ao MEV

Figura 6 — vista proximal, ao MEV, com dissolução no escudo proximal e numa das barras da área central

Figura 7 — vista distal, ao MEV, princípio de dissolução numa das barras

Figura 8 — vista distal, ao MEV, com uma das barras totalmente dissolvida

Figura 9 — vista proximal, ao MEV, com intenso desenvolvimento dos cristais de calcita por supercrescimento secundário entre os escudos distal e proximal

Figura 10 — escudo proximal, ao MEV, com forte dissolução e escudo distal preservado

Figura 11 — em LP, três exemplares com diferentes orientações, evidenciando dissolução na área central, aprox. 2.350 X

Figura 12a — em LN, aprox. 3.000 X

Figura 12b — em LP, com dissolução na área central, aprox. 3.000 X

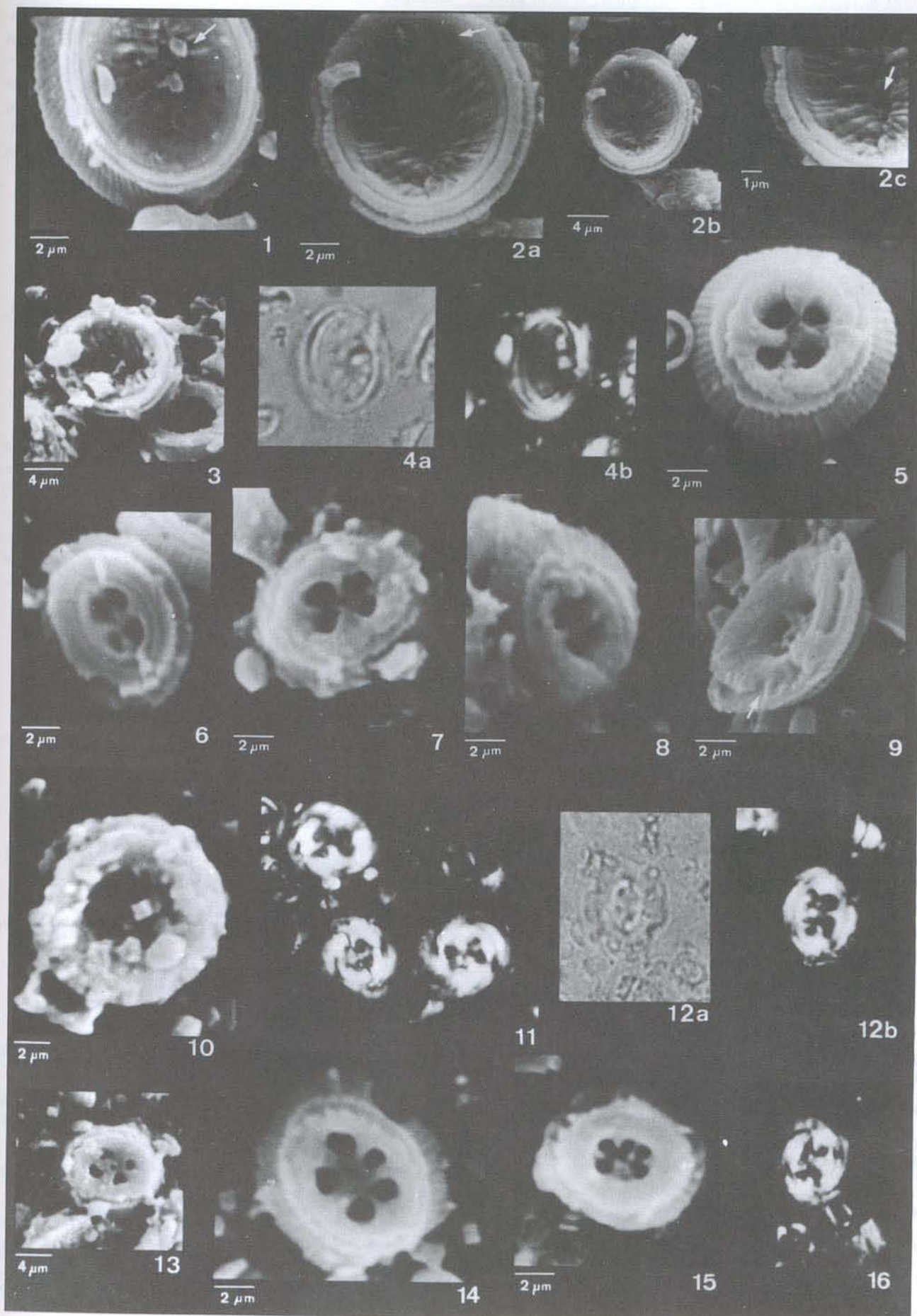
Figura 13 — vista distal, ao MEV, com evidências de dissolução-reprecipitação

Toweius tovae Perch-Nielsen, 1971

Figura 14 — vista distal, ao MEV, com indícios de dissolução

Figura 15 — vista proximal, ao MEV, com forte evidência de dissolução nas barras centrais

Figura 16 — em LP, com dissolução na área central aprox. 2.350 X.



nos diferentes. O mais externo possui elementos simétricos, dispostos lado a lado, em forma tabular, conferindo ao placolito uma margem irregular. O ciclo intermediário apresenta elementos também simétricos, retangulares e levemente imbricados na mesma orientação dos ponteiros do relógio. O ciclo mais interno é formado por elementos sem forma e tamanho definidos e arranjados desordenadamente. As barras cruzadas, na área central, partem de expansões destes elementos, sendo uma bem mais larga do que a outra. Em microscópio óptico, percebe-se a existência de dois escudos, devido à diferente luminosidade em luz polarizada e que se confirma em luz transmitida. O escudo maior mostra estrias bem delicadas. A borda apresenta-se larga e com descontinuidade óptica. A área central porta duas barras cruzadas que demarcam claramente quatro espaços arredondados e de igual tamanho.

Toweius pertusus (Sullivan, 1965) Romein, 1979
Lâm. 3, Figs. 1-2

Coccolithus pertusus Sullivan, 1965. p. 32, pl. 3, figs. 5, 6.

Descrição — Placolito pequeno, subelíptico a circular, apresentando dois escudos unidos, compostos por elementos não imbricados a levemente imbricados. Área central ocupada por quatro ou cinco fileiras de perfurações subcirculares. Quando observado ao MEV, em vista distal, nota-se que as perfurações estão num plano mais inferior do que os escudos.

Toweius tovae Perch-Nielsen, 1971
Lâm. 2, Figs. 14-16

Descrição — Placolito circular a subcircular, apresentando escudos compostos de elementos não imbricados a levemente imbricados com forma petalóide ou trapezoidal ao MEV. Área central ocupada por seis perfurações grandes. Escudo proximal brilhante, escudo distal fracamente iluminado com nicóis cruzados.

Discussão — As espécies do gênero *Toweius* divergem em sua denominação quanto ao número de perfurações existentes na área central. Romein (1979) afirma que a classificação taxonômica, com base neste as-

pecto, representa apenas uma variação intra-específica. Perch-Nielsen (1985) determina a possibilidade de identificação das espécies, baseando-se no número de perfurações. Após algumas discussões e análises, embasadas na estrutura morfológica e levando em conta as observações de Perch-Nielsen (1985), optou-se por seguir as colocações desta autora considerando, então, as espécies descritas como: *Toweius eminens* com quatro perfurações; *Toweius tovae* com seis ou sete perfurações e *Toweius pertusus* com oito a vinte perfurações na área central.

Ordem Coccolithales Rood, Hay e Barnard, 1971
Família Ellipsagelosphaeraceae Nöel, 1965
Gênero ***Watznaueria*** Reinhardt, 1964

Watznaueria barnesae (Black, 1959) Perch-Nielsen, 1968
Lâm. 3, Figs. 5-8

Tremalithus barnesea Black, 1959. p. 325, pl. 9, figs. 1, 2.

Descrição — Placolito circular a elíptico formado por dois escudos côncavo-convexos de diferentes tamanhos quando observados ao MEV. Escudo distal (maior) constituído por elementos radiais imbricados, inclinados no sentido horário e com extremidades retangulares. Escudo proximal (menor) apresenta elementos de disposição radial, suavemente curvados e com extremidades pontiagudas, resultando em uma margem periférica serrilhada. Área central pode ser fechada ou apresentar uma pequena abertura circular ou elíptica.

Gênero ***Cyclagelosphaera*** Nöel, 1965

Cyclagelosphaera reinhardtii (Perch-Nielsen, 1968)
Romein, 1977

Lâm. 3, Figs. 3, 4a-b

Markalius reinhardtii Perch-Nielsen, 1968. p. 76, pl. 23, figs. 6-8; text-fig. 38.

Descrição — Cocolito circular constituído por dois

Lâmina 3

Toweius pertusus (Sullivan, 1965) Romein, 1979

Figura 1 — vista distal, ao MEV, com efeitos de dissolução-reprecipitação

Figura 2 — vista distal, ao MEV, com total dissolução da área central

Cyclagelosphaera reinhardtii (Perch-Nielsen, 1968) Romein, 1977

Figura 3 — vista distal, ao MEV, com acentuado desenvolvimento de elementos do ciclo interno por supercrescimento secundário de calcita

Figuras 4a e 4b — em LP, aprox. 2.000 X

Watznaueria barnesae (Black, 1959) Perch-Nielsen, 1968

Figura 5 — vista distal, ao MEV

Figura 6 — vista proximal, ao MEV, com início de dissolução nas bordas do escudo proximal

Figura 7 — vista proximal, ao MEV, com forte efeito de dissolução no escudo proximal

Figura 8 — vista proximal, ao MEV, com escudo proximal quase totalmente destruído por dissolução

Chiasmolithus bidens (Bramlette e Sullivan, 1961) Hay e Mohler, 1967
Figura 9 — vista proximal, ao MEV, com princípio de dissolução nas bordas do escudo proximal

Figura 10 — vista distal, ao MEV, com dissolução-reprecipitação
Figura 11 — vista proximal, ao MEV, com expressiva dissolução-reprecipitação

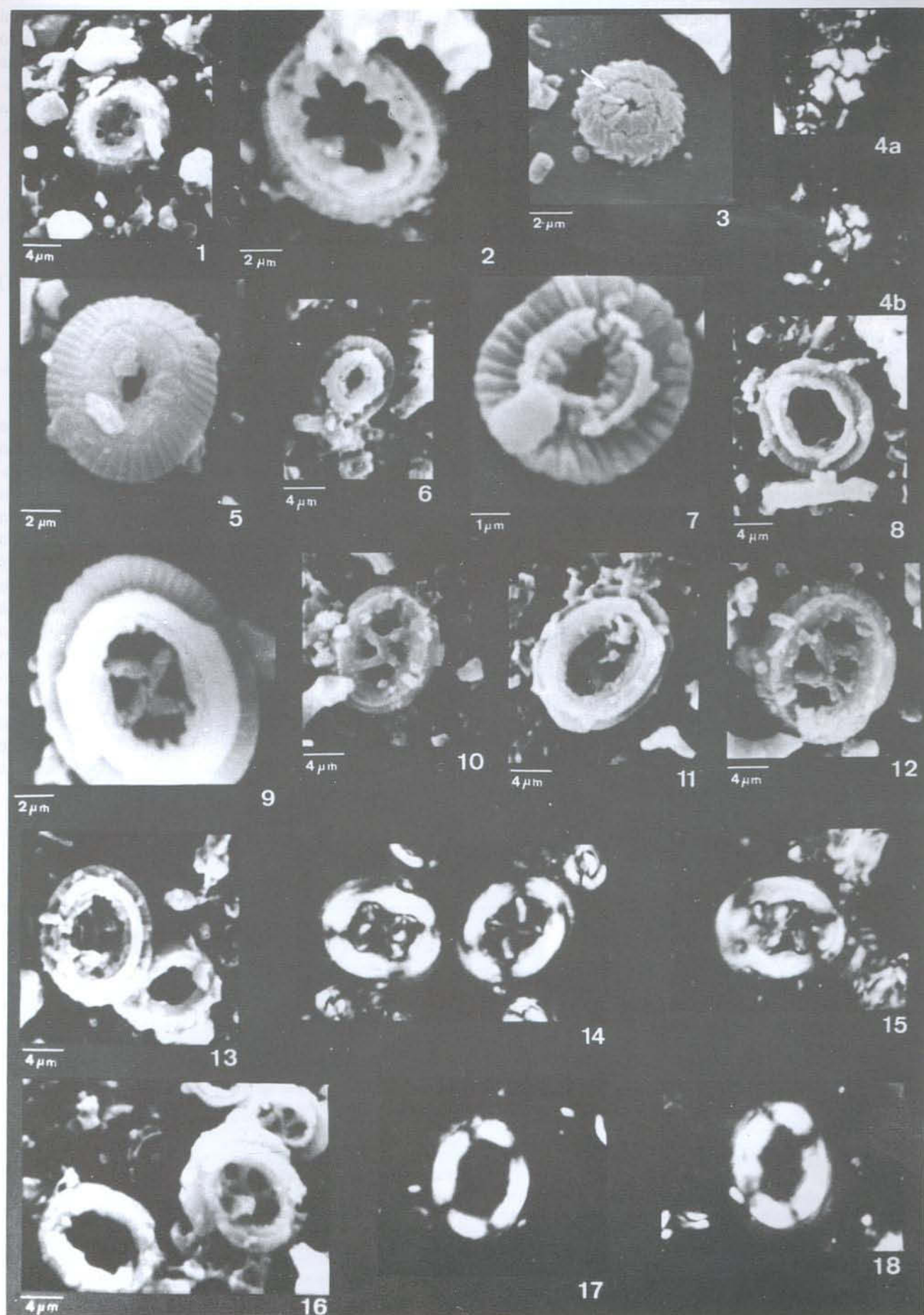
Figura 12 — vista distal, ao MEV, com dissolução-reprecipitação
Figura 13 — vista proximal, ao MEV, com estrutura central totalmente destruída pelos efeitos da dissolução

Figura 14 — em LP, com típico padrão de extinção, aprox. 3.000 X
Figura 15 — em LP, reprecipitação, aprox. 2.600 X

Figura 16 — ao MEV, três exemplares em alto estado de dissolução

Figura 17 — em LP, escudo distal preservado, aprox. 2.900 X

Figura 18 — em LP, escudo distal preservado, aprox. 2.900 X.



escudos. Ao MEV o escudo interno é formado por elementos alongados, em forma de ripas, e o externo apresenta elementos em forma de placas sobrepostas e inclinadas. Abertura central pequena. Com nicóis cruzados, os escudos aparecem bem iluminados e as linhas de extinção são largas, escuras e de disposição radial. Em vista distal, a área central mostra linhas de extinção fortemente dextróginas.

Família Gephyrocapsaceae Hay, 1977

Gênero *Chiasmolithus* Hay, Mohler e Wade, 1966

Chiasmolithus bidens (Bramlette e Sullivan, 1961)

Hay e Mohler, 1967

Lâm. 3, Figs. 9-18

Coccolithus bidens Bramlette e Sullivan, 1961. p. 139, est. 1, fig. 1.

Descrição — Ao MEV, os elementos do ciclo externo no escudo distal estão dispostos, radialmente, imbricados e podem variar de cinquenta e um a setenta e cinco elementos. Os elementos do ciclo interno não apresentam forma e tamanho definidos, propiciando ao placolito uma superfície lisa. O escudo distal é maior do que o proximal e possui uma abertura central, atravessada por barras que se cruzam formando um "X" modificado. A superfície distal desta barra é formada por ripas de calcita com seus eixos maiores, alinhados paralelamente ao eixo dos segmentos da barra. A superfície proximal mostra as ripas com disposição normal ao eixo que se interdigitam em padrão "zigzag" ao longo da sutura central. Em vista distal, as barras X_1 (barras que cortam obliquamente a elipse na direção do eixo X em vista distal) apresentam sentido anti-horário e os ângulos XX_1 e YY_1 variam de 40° a 50° com sentido horário. Barras Y_1 (barras que cortam obliquamente a elipse na direção do eixo Y). Em microscópio óptico o placolito é composto, em vista distal, por dois ciclos de elementos. O ciclo mais externo é formado por ripas radiais e o ciclo mais interno possui

os elementos arranjados desordenadamente. No primeiro ciclo, visualizam-se os elementos radiais. O escudo distal apresenta descontinuidade óptica em função das linhas de extinção que partem da abertura central em direção à borda do placolito, resultando em quatro partes, iguais duas a duas, sendo duas maiores e duas menores. A área central é grande e possui uma estrutura composta por duas barras robustas cruzadas, as quais consistem em um segmento reto, e outro sigmoides.

Ordem Discoasterales Hay, 1977

Família Eu-discoasteraceae Prins, 1971

Gênero *Helio-discoaster* Tan Sin Hok, 1927 emend. Theodoridis, 1983

Helio-discoaster mohlerii (Bukry e Percival, 1971)

Theodoridis, 1983

Lâm. 4, Figs. 1-4a-b

Discoaster mohleri Bukry e Percival, 1971. p. 128, pl. 3, figs. 3-5.

Descrição — Ao MEV, o asterolito apresenta os segmentos com treze raios em forma dômica e arranjo radial. A porção livre dos segmentos possui extremidade rômica. Na face superior, o asterolito é plano ou levemente convexo e apresenta uma depressão bem rasa na área central. Esta espécie de discoaster não possui haste ou botão central. As suturas existentes nesta face são curvas na área central e, à medida que se dirigem à periferia da margem, tendem a tornar-se retas. Ao microscópio óptico, sob luz transmitida, o asterolito é composto por quatorze segmentos. Estes segmentos são estreitos e unidos. Apenas uma pequena porção do raio é livre e apresenta extremidade relativamente rômica. Na face superior, as suturas são quase retas e o asterolito é levemente convexo. Na face inferior existe uma depressão central bem definida e ele é fortemente côncavo.

Família Heliolithaceae Hay e Mohler, 1967

Gênero *Heliolithus* Bramlette e Sullivan, 1961

Lâmina 4

Helio-discoaster mohlerii (Bukry e Percival, 1971) Theodoridis, 1983
Figuras 1 e 2 — ao MEV, acreção de calcita secundária em forma de supercrescimento, ao longo dos raios, evidenciado pela superfície escavada em "cavinhas" e subsequente dissolução, detectada pela ranhura em um dos raios

Figura 3 — ao MEV, com marcante supercrescimento secundário de calcita, ao longo dos raios, denotado pelas faces de cristais eudíricos

Figuras 4a e 4b — em LN, aprox. 2.500 X

Heliolithus riedelii Bramlette e Sullivan, 1961

Figura 5 — vista distal, ao MEV, com sinais de supercrescimento secundário de calcita sobre os elementos da coluna e do disco

Figura 6 — vista lateral, ao MEV, apresentando evidências de supercrescimento secundário de calcita

Figura 7 — vista distal, em LP, aprox. 2.800 X

Figura 8 — vista proximal, ao MEV

Figura 9 — vista distal, ao MEV, com início de reprecipitação

Figura 10 — vista distal, ao MEV, com supercrescimento secundário

rio de calcita, nucleado ao longo dos elementos da coluna
Figuras 11a e 11b — vista lateral, em LN e LP, respectivamente, aprox. 2.200 X

Fasciculithus involutus Bramlette e Sullivan, 1961

Figura 12 — vista lateral, ao MEV, com evidências de dissolução

Figura 13 — vista lateral, ao MEV, com sinais de dissolução

Figura 14 — vista lateral, ao MEV

Figura 15 — vista lateral, em LP, aprox. 1.900 X

Toweius eminens (Bramlette e Sullivan, 1961) Perch-Nielsen, 1971

Figura 16a — vista distal, ao MEV

Fasciculithus tympaniformis Hay e Mohler, 1967

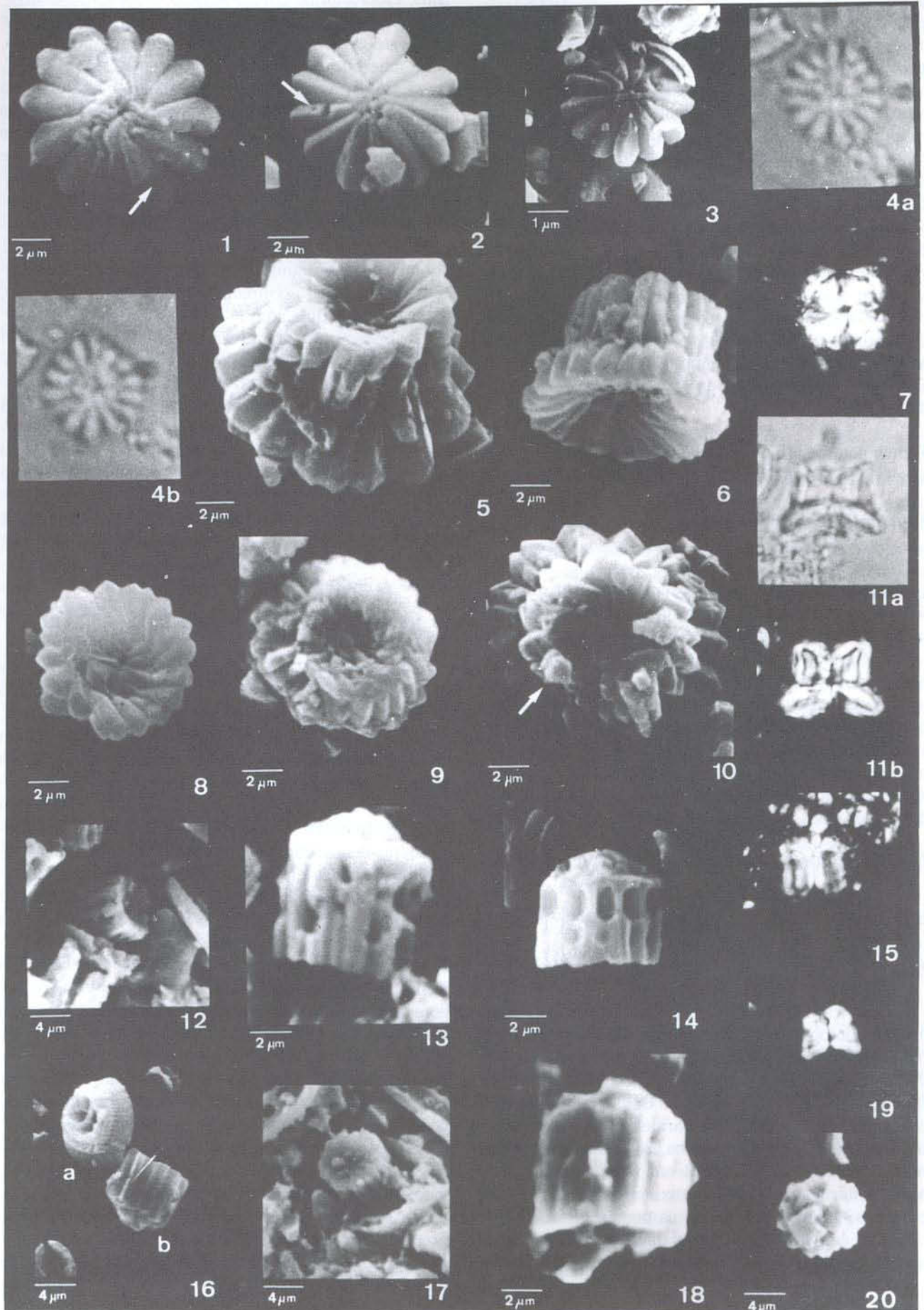
Figura 16b — vista lateral, ao MEV, com indícios de dissolução

Figura 17 — vista proximal, ao MEV, com princípio de supercrescimento secundário de calcita

Figura 18 — vista lateral, ao MEV, mostrando os efeitos de dissolução

Figura 19 — vista lateral, em LP, aprox. 3.000 X

Figura 20 — vista distal, ao MEV.



Heliolithus riedelii Bramlette e Sullivan, 1961
Lâm. 4, Figs. 5-11a-b

Descrição — Espécie de heliolito constituído de coluna proximal composta por elementos em forma de ripas verticais, orientadas perpendicularmente aos elementos que compõem o disco. Este disco é levemente côncavo, apresentando aproximadamente vinte elementos em forma de pétalas, dispostas radialmente. Área central espessa podendo apresentar um orifício, quando observada ao MEV. O arranjo radial dos elementos de calcita é especialmente conspícuo em vista planar e as linhas de extinção estão fortemente definidas. Em geral, estas linhas de extinção são mais delicadas em espécimes maiores devido à depressão central. Em vista lateral, a coluna proximal é reta e possui uma forte concavidade no seu ápice. O disco apresenta menor diâmetro na porção que se une à coluna proximal, aumentando gradativamente em direção à porção distal. Entre a coluna e o disco percebe-se uma delicada linha de sutura.

Família Fasciculithaceae Hay e Mohler, 1967
Gênero ***Fasciculithus*** Bramlette e Sullivan, 1961

Fasciculithus involutus Bramlette e Sullivan, 1961
Lâm. 4, Figs. 12-15

Descrição — Ao MEV, o nanofóssil é pequeno e tem forma cilíndrica. Espinho apical em forma de roseta com pétalas arredondadas. Extremidade distal côncava. Coluna proximal com depressões distribuídas entre sulcos e saliências. O padrão de orientação em luz polarizada mostra, em vista lateral, uma linha de extinção mediana reta, bem marcada e larga, observada ao longo do fasciculito (no espinho apical e na coluna). A coluna, nesta mesma vista, possui uma superfície irregular e fracamente iluminada em função da existência dos sulcos e das saliências dispostos longitudinalmente.

Fasciculithus tympaniformis Hay e Mohler, 1967
Lâm. 4, Figs. 16b, 17-20

Fasciculithus involutus Bramlette e Sullivan, 1961. Wind e Wise Jr. in: Wise Jr. e Wind, 1977. p. 295, pl. 14, fig. 12; pl. 15, figs. 1-6; pl. 16, figs. 1-6.

Descrição — Ao MEV, em vista proximal o nanofóssil é composto por aproximadamente dezesseis elementos de calcita, arranjados em forma de cunha. Em vista lateral, o cilindro ou cone truncado é curto. Espinho apical tendendo a afilar-se. Coluna proximal formada por sulcos e saliências paralelas no sentido longitudinal. Ao microscópio óptico, sob luz polarizada e nicóis cruzados, o nanofóssil em vista proximal tem aspecto floriforme. Coluna proximal com lados quase paralelos, afinando levemente na porção distal. Porção proximal côncava. Linha de extinção mediana, estreita, de vertical a oblíqua no corpo central pequeno.

Discussão — Wind e Wise Jr. in Wise Jr. e Wind (1977) detectam supercrescimento secundário de calcita nos nanofósseis calcários estudados de perfurações

extraídas do Platô Falkland, próximo à área de estudo. Nas espécies analisadas do gênero *Fasciculithus*, *Fasciculithus tympaniformis* e *Fasciculithus involutus* os autores afirmam que a forma predominante para este gênero, presente no testemunho pesquisado, seria uma função da preservação do material, então, *F. involutus* seria uma forma provavelmente alterada pela diagênese local de *F. tympaniformis*. Por esta razão os autores denominaram de *F. involutus* a todas as formas deste gênero por eles estudadas. Entretanto, Wind e Wise Jr., 1977 (p. 296) cometeram um engano ao denominarem a espécie, pois consideraram que *F. involutus* é uma forma provavelmente corroída de *F. tympaniformis* e colocaram em sinonímia com *F. involutus*. Assim que, a denominação da espécie por eles considerada deveria ser *F. tympaniformis* e *F. involutus* então, estar em sinonímia com *F. tympaniformis*.

O testemunho 45 apresenta estas duas espécies de *Fasciculithus* sendo identificadas no intervalo examinado com base nas características morfológicas pertinentes a cada espécie. O supercrescimento de calcita e a dissolução, observados nos espécimes da Lâmina 4, Figuras 13, 16b, 17 e 18, não impedem a identificação das espécies. Ao mesmo tempo são encontrados neste intervalo, espécimes bem preservados que também corroboram para esta interpretação. Diante do exposto, são aqui consideradas as duas espécies separadamente.

RESULTADOS DA DIAGÊNESE PRIMÁRIA

Wise Jr. (1977) mostra em seu trabalho que os processos de dissolução e supercrescimento secundário de calcita não são somente seletivos para as espécies, mas também para partes de ultraestruturas que podem variar susceptivelmente nestes processos. Apresenta um padrão onde áreas centrais de placolitos freqüentemente se dissolvem enquanto seus escudos permanecem intactos. Registra também que o supercrescimento secundário de calcita ocorre comumente no lado proximal dos escudos distais dos placolitos enquanto os escudos proximais e áreas centrais podem não apresentar o mesmo comportamento. Em formas mais resistentes à dissolução como discoasteres e escudos distais de placolitos, o supercrescimento de calcita é percebido pela formação de faces de cristais euédricos e pela superfície escavada comum aos discoasteres identificados, a qual denominamos de "cavinhas", conforme tradução do tempo inglês "dimples". Para os discoasteres o supercrescimento de calcita pode dobrar, ou até mesmo triplicar o tamanho do discoaster, desenvolvendo ao longo de cada raio, faces de cristais euédricos de calcita. Estas faces se formam simetricamente, porque os raios dos discoasteres comportam-se óptica e cristalograficamente como um único cristal de calcita. Cada raio pode servir como uma área extensa de nucleação para a precipitação inorgânica da calcita. Por esta razão, a grande quantidade de calcita acumulada pode causar modificações acentuadas no contorno dos discoasteres. Conseqüentemente, em face deste expressivo supercrescimento, ocorre um mascaramento dos padrões es-

truturais, propiciando uma variabilidade morfológica muito grande. Com isto, quando se descreve uma espécie nova, deve-se ter o cuidado de examinar a morfologia do exemplar, observar o local onde a espécie foi encontrada e, principalmente, verificar se houve ou não supercrescimento secundário de calcita, a fim de não se cometer erro em descrever uma espécie já existente como uma espécie nova.

Das cinco seções descritas anteriormente para o testemunho 45, duas são importantes pela ocorrência dos nanofósseis calcários. A primeira, correspondente ao intervalo (354-477 cm) na porção basal, é caracterizada por representar uma vasa calco-silicosa, onde os nanofósseis se apresentam dissolvidos e com indícios de reprecipitação. Esta reprecipitação é inibida em função da presença de organismos silicosos e da alta percentagem de vidro vulcânico. Com isto os nanofósseis calcários encontrados neste intervalo não mostram o desenvolvimento de cristais de calcita sob a forma de supercrescimento secundário.

A segunda seção, correspondente ao intervalo (107-354 cm) na porção intermediária do testemunho, é caracterizada por representar uma vasa carbonática onde os nanofósseis calcários apresentam consideráveis problemas de dissolução e de supercrescimento secundário de calcita.

A seguir são caracterizados os espécimes reconhecidos, onde se identificam alterações conforme os dados fornecidos acima.

Arkhangelskiella specillata (Lâm. 1, Figs. 13a-b e 14) mostra em detalhe, na vista distal, um princípio de reprecipitação que não chega a se completar devido à sílica existente no local.

Kamptnerius magnificus (Lâm. 2, Fig. 3) representa, em vista proximal, um espécime com fortes evidências de dissolução ao longo da sutura central. Isto ocorre porque o testemunho 45 se posiciona logo abaixo da lisóclina, na base da zona de compensação do carbonato de cálcio, e o carbonato disponível resultante desta dissolução é reprecipitado, atingindo os espécimes. A dissolução ocorre "in situ", pois não existe outra fonte de carbonato disponível. Assim este carbonato provém da dissolução dos próprios nanofósseis calcários e dos foraminíferos presentes no local.

Toweius eminens (Lâm. 2, Figs. 7, 10, 13), a Figura 7 exhibe em vista distal um exemplar em estágio inicial de dissolução numa das barras centrais; a Figura 10 expõe apenas o escudo distal, pois a área central foi dissolvida; a Figura 13 apresenta em vista distal evidências de dissolução na borda do escudo proximal e reprecipitação nos dois escudos (proximal e distal).

Toweius tovae (Lâm. 2, Figs. 14 e 15), a Figura 14, em vista distal, representa indícios de dissolução no escudo proximal e a Figura 15 mostra uma forte evidência de dissolução nas barras da área central.

Toweius pertusus (Lâm. 3, Fig. 2) exhibe, em vista distal, acentuada dissolução na área central, encaminhando-se na direção do escudo proximal.

Watznaueria barnesae (Lâm. 3, Figs. 6, 8) mostram, em vista proximal, dissolução nos dois escudos

(proximal e distal), mas a Figura 8 exhibe somente o escudo distal preservado.

Chiasmolithus bidens (Lâm. 3, Figs. 10-13 e 16), a Figura 10 representa, em vista distal, o espécime em processo de dissolução na borda e, ao mesmo tempo, reprecipitação no escudo proximal; as Figuras 11 (vista proximal) e 12 (vista distal) apresentam expressiva dissolução no escudo proximal e reprecipitação no escudo distal, respectivamente; a Figura 16 exhibe três exemplares de *C. bidens* em diferentes estágios de dissolução: um com área central totalmente dissolvida e os demais apresentando expressiva dissolução em seus escudos proximais.

Fasciculithus involutus (Lâm. 4, Fig. 13) mostra, em vista lateral, forte processo dissolutivo ao longo da coluna, iniciando-se pelas bordas das depressões e seguindo em direção às saliências e aos sulcos.

Fasciculithus tympaniformis (Lâm. 4, Fig. 18) evidencia, em vista lateral, efeitos de dissolução localizada sobre os sulcos e saliências, principiando também no ápice do fasciculito.

Neochiastozygus chiastus (Lâm. 1, Figs. 6, 7) a Figura 6 mostra, em vista proximal, evidências de supercrescimento de calcita na borda interna. Os elementos, em forma de ripas, dispostos radialmente, estão com seu tamanho modificado em função do acréscimo de calcita acumulado em sua superfície. O exemplar da Figura 7 apresenta um expressivo supercrescimento secundário de calcita, tanto na borda como na área central, mascarando-o totalmente.

Neochiastozygus junctus (Lâm. 1, Fig. 10) apresenta dissolução da estrutura central.

Kamptnerius magnificus (Lâm. 2, Figs. 1 e 2a-b) exibem, em vista distal, forte supercrescimento secundário de calcita na área central. Os elementos encontram-se com sua forma e tamanho modificados. Nota-se também um princípio de dissolução ao longo da sutura central (Fig. 2c) e, posterior a este evento, ocorre a formação de cristais euédricos sobre os elementos centrais (Fig. 1). Em função deste supercrescimento apenas algumas perfurações centrais são percebidas (Fig. 2a).

Toweius eminens (Lâm. 2, Figs. 6, 8, 9, 11) a Figura 6 (vista proximal) e Figura 8 (vista distal) apresentam início de dissolução no escudo proximal e total dissolução na barra mais robusta da área central. A Figura 9 representa, em vista proximal, um intenso desenvolvimento de cristais euédricos de calcita, por supercrescimento secundário, entre os escudos proximal e distal. A Figura 11 exhibe três exemplares de *T. eminens* com diferentes orientações, evidenciando dissolução, principalmente na área central.

Cyclagelosphaera reinhardtii (Lâm. 3, Fig. 3), em vista distal, mostra supercrescimento de calcita, acentuado nos elementos que constituem o ciclo interno. Estes elementos, em forma de ripas, estão com seu tamanho e espessura alterados.

Watznaueria barnesae (Lâm. 3, Fig. 7), em vista proximal, apresenta forte efeito de dissolução e total desestruturação dos elementos que formam o escudo proximal.

Chiasmolithus bidens (Lâm. 3, Figs. 15, 17, 18) a Figura 15 mostra reprecipitação na estrutura central, identificada pelo espessamento desta estrutura e pela forte luminosidade. As Figuras 17 e 18 exibem escudos distais de *C. bidens* onde a estrutura central foi totalmente dissolvida.

Helio-discoaster mohlerii (Lâm. 4, Figs. 1, 2) representam dois exemplares de discoaster onde pode-se verificar, conforme mencionado anteriormente, as "covinhas" ou "dimples" decorrentes do supercrescimento de calcita.

Heliolithus riedelii (Lâm. 4, Figs. 9, 10) a Figura 9, em vista distal, está com início de reprecipitação, evidenciado pelos elementos dispostos na coluna e a Figura 10 mostra, na mesma vista, supercrescimento secundário de calcita nucleado, percebido nos elementos que constituem a coluna do nanofóssil.

Fasciculithus involutus (Lâm. 4, Fig. 12) representa, em vista lateral, evidências de dissolução ao longo da coluna.

Mediante as análises das amostras do testemunho 45 que correspondem ao intervalo identificado pela vasa carbonática pura (107-354 cm), observa-se que as espécies de nanofósseis calcários reconhecidas e descritas no presente trabalho apresentam seus exemplares com efeito de dissolução muito acentuado e também com fortes evidências de supercrescimento secundário de calcita. Estas constatações confirmam o que Bukry *et al.* (1971) registram em seu trabalho, ou seja, as assembléias mais pobremente preservadas são aquelas que ocorrem em vasas carbonáticas puras, não existindo, então, barreiras para a difusão do carbonato no ambiente.

Outros dados fornecidos pelos mesmos autores dizem respeito à ocorrência simultânea de nanofósseis calcários e de organismos silicosos, em um mesmo intervalo. Os nanofósseis que aí ocorrem podem apresentar indícios leves de dissolução, mas não supercrescimento secundário de calcita, indicando com isto que a presença de sílica na solução pode inibir a reação dissolução-precipitação em carbonatos. Assim, as análises das amostras da base do testemunho em questão, correspondentes ao intervalo identificado pela vasa calcossilicosa (354-477 cm) também vêm a confirmar as afirmações de Bukry *et al.* (1971), pois num mesmo intervalo é observada a ocorrência de nanofósseis calcários e organismos silicosos, onde os espécimes de nanofósseis deste intervalo apresentam-se com efeitos muito leves de dissolução.

CONCLUSÕES

Devido ao alto poder de resolução do MEV na ordem de até 200.000 vezes, a visualização dos nanofósseis calcários é facilitada, permitindo maior riqueza de detalhes. Assim, o exame ao MEV possibilitou observar e avaliar as grandes modificações morfológicas sofridas pelos exemplares reconhecidos do testemunho n° 45 tais como: desenvolvimento de cristais euédricos nos placolitos, superfície escavada ("covinhas") nas faces dos cristais euédricos dos discoasteres, estágios iniciais

do processo de reprecipitação e efeitos marcantes do processo de dissolução.

A assembléia de nanofósseis calcários, compreendida entre o intervalo (107-354 cm) e correspondente a uma vasa carbonática pura (vasa de nanofósseis-foraminíferos), é mais pobremente preservada do que aquela encontrada na vasa de nanofósseis-radiolários correspondente ao intervalo (354-477 cm), devido à baixa percentagem de organismos silicosos e de vidro vulcânico.

As espécies *Neochiastoygus chiastus*, *Neochiastoygus junctus*, *Toweius eminens*, *Toweius pertusus*, *Toweius tovae*, *Cyclagelosphaera reinhardtii*, *Chiasmolithus bidens*, *Helio-discoaster molherii*, *Heliolithus riedelii*, *Fasciculithus involutus* e *Fasciculithus tympaniformis* que correspondem ao Paleoceno superior com retrabalhamento do Cretáceo Superior identificado pela presença das espécies *Acuturris scotus*, *Lucianorhabdus cayeuxi*, *Arkhangelskiella specillata*, *Kamptnerius magnificus* e *Watznaueria barnesae* são comuns às duas seções estudadas que compreendem os intervalos (107-354 cm) e (354-477 cm).

Efeitos do processo de dissolução bem acentuados, o desenvolvimento dos cristais euédricos de calcita e a superfície escavada nas faces dos cristais euédricos dos discoasteres causados por supercrescimento secundário são as modificações morfológicas marcantes registradas nos exemplares das espécies encontradas na seção que compreende o intervalo (107-354 cm), diferenciando-a da seção que abrange o intervalo (354-477 cm), onde os exemplares apresentam-se visivelmente em melhor estado de preservação.

Os efeitos de dissolução "in situ" e reprecipitação sob a forma de supercrescimento secundário de calcita, observados nos nanofósseis calcários do testemunho n° 45, além de serem processos seletivos, ocorrem durante a fase primária da diagênese com o aumento progressivo da pressão e da temperatura do sedimento.

A variabilidade morfológica provocada pelo supercrescimento secundário de calcita pode causar equívocos de um determinado taxon, contribuindo para o constante crescimento do número de sinônimas. Conseqüentemente, o supercrescimento diagenético é o fator limitante mais freqüente para a identificação das espécies de nanofósseis calcários.

Agradecimentos — As autoras manifestam agradecimentos ao Prof. Dr. Dennis Cassidy da Florida State University pela doação do material. Ao CNPq, CIRM e UFRGS pelo suporte financeiro. Às biólogas Valesca Eilert e Inês Azevedo pelas sugestões recebidas no transcorrer do trabalho. Ao Prof. Dr. Jorge Alberto Villwock pelas críticas. À Zélia Silva Zaghetto pelos trabalhos fotográficos no MEV. Ao geógrafo Nelson Gruber, coordenador do projeto 9520-Antártica junto ao CECO/IG/UFRGS, pelo constante apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bramlette, M. N. & Sullivan, F. R. 1961. Coccolithophorids and related nannoplankton of the early Tertiary in California. *Micropaleontology*, 7 (2): 129-174.

- Bukry, D. & Percival, S. F. 1971. New Tertiary calcareous nannofossils. *Tulane Studies in Geology*, 8: 123-146.
- _____, Douglas, R. G., Kling, S. A. & Krashennnikov, V. 1971. Planktonic microfossil biostratigraphy of the northwestern Pacific Ocean. *Initial Reports of the Deep Sea drilling Project*, 6: 1253-1300.
- Cassidy, D. S., Ciesielski, P. F., Kaharoeddin, F. A., Wise, S. W. Jr. & Zemmels, I. 1977. *Ara Islas Orcadas Cruise 0775 sediment descriptions*. Antarctic Research Facility, Florida State University, Sedimentology Research Laboratory, 45: 1-76.
- Cepek, P. 1970. Zur Vertikalverbreitung von Coccolithen-Arten in der Oberkreide NW - Deutschlands. *Geologisches Jahrbuch*, 88: 319-336.
- Deflandre, G. 1959. Sur les nannofossiles calcaires et leur systématique. *Revue de Micropaleontologie*, 2 (3): 127-153.
- Hattner, J. G. & Wise, S. W. Jr. 1980. Upper Cretaceous calcareous nannofossils biostratigraphy of South Carolina. *South Carolina Geology*, 24 (2): 41-117.
- Hay, W. 1977. *Calcareous nannofossils*. In: Ramsay, A. T. S. (ed.). *Oceanic Micropaleontology*. University of Miami, Florida, p. 1055-1200.
- _____ & Mohler, H. P. 1967. Calcareous nannoplankton from early Tertiary rocks at Pont Labau, France and Paleocene-Eocene correlations. *Journal of Paleontology*, 41 (6): 1505-1541.
- Kennett, J. P. 1982. *Marine Geology*. Prentice Hall, London. 752 p.
- Martini, E. & Worsley, T. 1971. Tertiary calcareous nannoplankton from the western equatorial Pacific. *Initial Report Deep Sea drilling Project*, 7: 1471-1507.
- Perch-Nielsen, K. 1971. Einige neue coccolithen aus dem Paläozän der bucht von Biskaya. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 20: 347-361.
- _____. 1985. Mesozoic calcareous nannofossils. *Plankton Stratigraphy*, 12: 329-426.
- Romein, A. J. T. 1979. Lineages in early Paleogene calcareous nannoplankton. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 22: 5-231.
- Smith, C. C. 1981. Calcareous nannoplankton and stratigraphy of Late Turonian, Coniacian, and Early Santonian age of the Eagle Ford and Austin Groups of Texas. *Geological Survey Professional Paper*, 1075: 1-98.
- Stradner, H. 1963. Zur gliederung des Paläogen im Helvetikum nördlich Salzburg nach planktonischen foraminiferen. *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien*, 56: 1-116.
- Sullivan, F. R. 1965. Lower Tertiary nannoplankton from the California coast ranges. II Eocene. *University of California Publications in Geological Sciences*, 53: 1-52.
- Theodoridis, S. 1984. Calcareous Nannofossils Biozonation of the Miocene and Revision of the Helicoliths and Discoasters. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 32 (5): 140-176.
- Thierstein, H. R. 1974. Calcareous nannoplankton, Leg 26 of the Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the Deep Sea drilling Project*, 26: 619-667.
- _____. 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology*, 1 (4): 325-362.
- Wise, S. W. Jr. & Kelts, K. R. 1972. Inferred diagenetic history of a weakly silicified deep sea chalk. *Transactions Gulf Coast Association of Geological Societies*, 22: 177-203.
- _____ & Wind, F. H. 1977. Mesozoic and Cenozoic calcareous nannofossils recovered by DSDP Leg 36 drilling on the Falkland Plateau Southwest Atlantic section of the Southern Ocean. *Initial Report Deep Sea drilling Project*, 36 (8): 269-492.