

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
TESE DE DOUTORADO

**Nanofósseis Calcários do Campaniano e Maastrichtiano no Atlântico Sul:
Bioestratigrafia, Paleoceanografia e Paleobiogeografia.**

Rodrigo do Monte Guerra

São Leopoldo, Janeiro de 2016

Rodrigo do Monte Guerra

**Nanofósseis Calcários do Campaniano e Maastrichtiano no Atlântico Sul:
Bioestratigrafia, Paleoceanografia e Paleobiogeografia.**

Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, pelo Programa de Pós Graduação em Geologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS.

Área de concentração: Geologia Sedimentar
Linha de Pesquisa: Paleontologia Aplicada

Orientador: Dr. Gerson Fauth

Coorientadora: Dr^a Andrea Concheyro

Banca Examinadora:

Dra. Renata Guimarães Netto - UNISINOS

Dr. Francisco Henrique de Oliveira Lima - PETROBRAS

Dr. Rogério Loureiro Antunes - PETROBRAS

G934n Guerra, Rodrigo do Monte.
Nanofósseis calcários do Campaniano e Maastrichtiano no Atlântico Sul : bioestratigrafia, paleoceanografia e paleobiogeografia / Rodrigo do Monte Guerra. – 2016.
300 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Geologia, 2016.

“Orientador: Dr. Gerson Fauth ; coorientadora: Dr^a Andrea Concheyro.”

1. Atlântico Sul. 2. Nanofósseis calcários. 3. Cretáceo superior. 4. Campaniano-Maastrichtiano. 5. Bioestratigrafia. 6. Paleoceanografia. 7. Paleobiogeografia. I. Título.

CDU 55

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

A tese de doutorado

**“Nanofósseis Calcários do Campaniano e Maastrichtiano no Atlântico Sul: Bioestratigrafia,
Paleoceanografia e Paleobiogeografia.”**

apresentada por **Rodrigo do Monte Guerra**

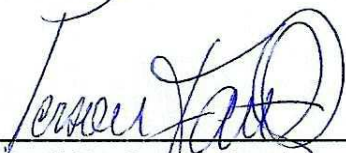
foi aceita e aprovada como atendimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de

DOUTOR EM GEOLOGIA pela seguinte banca examinadora:


Dr. Rogério Loureiro Antunes
Petróleos Brasileiros


Dr. Francisco Henrique de Oliveira Lima
Petróleos Brasileiros


Prof.ª Dr.ª Renata Guimarães Netto
Universidade do Vale do Rio dos Sinos


Prof. Dr. Gerson Fauth
Presidente da Banca Examinadora
Universidade do Vale do Rio dos Sinos

São Leopoldo, 19 de janeiro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Foram tantas coisas importantes acontecendo durante estes quatro anos de tese que não posso deixar de agradecer a Deus e a meu estimado Anjo da Guarda por todas minhas conquistas e principalmente por minha saúde.

Agradeço à UNISINOS pela concessão da bolsa parcial de estudos Padre Milton Valente e a CAPES pela bolsa de doutorado sanduíche (CAPES - Proc. BEX 10863/14-1).

Aos meus orientadores Prof. Dr. Gerson Fauth e Prof^a. Dr^a. Andrea Concheyro pelo apoio incondicional e pelos ensinamentos e discussões durante estes quatro anos. Ao primeiro serei sempre grato pela confiança que me deu ao possibilitar o estudo deste interessante grupo de microfósseis, desde a época da minha graduação em Geologia (2008). A Dr. Andrea agradeço pelas longas horas de debate em frente ao microscópio ou via skype, importantes para a conclusão desta etapa.

Ao Prof. Dr. Sherwood Wise Jr. da Florida State University por ter me recebido e dedicado tempo para discutir os dados da tese.

Aos colegas de itt Fossil, especialmente Karlos G. D. Kochhann, Marlone H. H. Bom, Cristianini T. Bergué, Daiane Ceolin, Michele Goulart e ao grupo de nanofósseis calcários (Mauro D. B. Rodrigues, Tadeu de Paula e Andressa N. Alves) por todo o auxílio e pelas mateadas que sempre alegraram os dias mais cinzas.

Por fim, agradeço a minha família, principalmente minha esposa Kaila, pelo incentivo de sempre e pela compreensão nos momentos em que tive que estar longe.

RESUMO

O final do período Cretáceo é caracterizado por uma gradual transição climática de escala global, fator que modificou a composição das assembleias de nanofósseis calcários e por conta disso vem causando problemas nas interpretações bioestratigráficas entre diferentes faixas latitudinais. Apesar de possuir alguns estudos realizados principalmente entre as décadas de 1980 e 1990, existe uma carência na avaliação do Atlântico Sul como um todo. Desta forma, este estudo objetiva descrever as assembleias de nanofósseis calcários comuns em cada faixa latitudinal e testar o sincronismo dos principais bioeventos. Foram analisadas 649 amostras provenientes de doze seções testemunhadas pelos projetos *Deep Sea Drilling Project (DSDP)* e *Ocean Drilling Program (ODP)* nas proximidades da margem brasileira e africana, além de um afloramento na Península Antártica. O estudo taxonômico possibilitou a identificação de 197 espécies de nanofósseis calcários do Campaniano e Maastrichtiano. Através do uso conjunto da bioestratigrafia e magnetoestratigrafia, foram reconhecidos diacronismos em eventos de primeira e última ocorrência de espécies do Campaniano superior e Maastrichtiano superior. Este diacronismo está relacionado a migrações de espécies entre baixas e médias latitudes, decorrentes de mudanças na circulação oceânica e temperatura das águas superficiais. Com base na variação latitudinal das assembleias de nanofósseis calcários, um detalhado estudo bioestratigráfico possibilitou a divisão de três zoneamentos para o Atlântico Sul (baixas, médias e altas latitudes). Além disso, foram definidos os padrões de distribuição de diversas espécies, mostrando uma clara divisão paleobiogeográfica entre espécies que ocorrem somente em latitudes altas e outras limitadas a latitudes médias a baixas. Este padrão possivelmente foi controlado por variações na temperatura das massas de água superficiais. Outras espécies possuem sua distribuição variada em todas as faixas latitudinais, tendo sua distribuição relacionada provavelmente à disponibilidade de nutrientes.

Palavras-Chave: Atlântico Sul, Nanofósseis Calcários, Cretáceo Superior, Campaniano-Maastrichtiano, Bioestratigrafia, Paleocanografia, Paleobiogeografia.

ABSTRACT

The Late Cretaceous period is characterized by global climatic transition that influenced calcareous nannofossil assemblages posing a challenge for biostratigraphic interpretation between different latitudinal degrees. There are a few studies on South Atlantic calcareous nannofossils from 1980 and 1990 decades, but none of them evaluate the South Atlantic as a whole. Therefore, this study aims to describe the calcareous nannofossils assemblages in each latitudinal zone and test the bioevents synchronicity. It were selected 649 samples from twelve cored sections coming from DSDP (Deep Sea Drilling Project) e ODP (Ocean Drilling Program) close to the Brazilian and African margins, in addition to an outcrop in the Antarctic Peninsula. The taxonomic study allowed the identification of 197 calcareous nannofossils species from the Campanian and Maastrichtian. Using the correlation between the biostratigraphical data and magnetostratigraphy, it was possible to identify diachronism in some bioevents of first and last occurrences during the late Campanian and late Maastrichtian. This diachronism is related to species migration between low and mid-latitudes, due to changes in the ocean circulation and surface water temperature. Based on the latitudinal variation in the calcareous nannofossils assemblages, a detailed biostratigraphic study enabled the South Atlantic division in three zonations (low, medium and high-latitudes). We also defined the distribution pattern of some species, indicating a clear paleobiogeographical division between high latitude species and some species limited to low and mid-latitudes. This pattern was possibly controlled by surface water temperature variation. Other species have a wide distribution across the latitudes probably related to nutrient availability.

Keywords: South Atlantic Ocean, Calcareous Nannofossils, Late Cretaceous, Campanian-Maastrichtian, Biostratigraphy, Paleoceanography, Paleobiogeography.

SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução	8
1.1. Objetivos	9
1.2. Apresentação da tese	10
Capítulo 2 - Materiais e Métodos	13
2.1. Amostragem e preparação das lâminas	14
2.2. Análise das amostras e preservação dos espécimes	14
Capítulo 3 - Resultados e discussões	16
3.1 - Atlas de Nanofósseis Calcários do Cretáceo Superior no Atlântico Sul	16
3.2 - Calcareous nannofossils from the Santa Marta Formation (Upper Cretaceous), northern James Ross Island, Antarctic Peninsula	198
3.3 - New latitude-based nannofossil zonations for the Campanian-Maastrichtian of the South Atlantic Ocean and its paleoceanographic implications	212
3.4 - Late Campanian-Maastrichtian <i>Kamptnerius magnificus</i> acme in the South Atlantic section of the Southern Ocean, ODP Holes 690C and 700B	226
Capítulo 4 - Paleobiogeografia dos nanofósseis calcários do Atlântico Sul durante o Campaniano e Maastrichtiano	242
4.1. Introdução	242
4.2. Materiais e métodos	243
4.2.1. Definição dos intervalos de tempo	243
4.2.2. Análise estatística	245
4.3. Resultados	245
4.3.1. Intervalo 1 - Campaniano inferior / Campaniano médio	246
4.3.2. Intervalo 2 - Campaniano médio / Campaniano superior	248
4.3.3. Intervalo 3 - Campaniano superior / Maastrichtiano inferior	250
4.3.4. Intervalo 4 - Maastrichtiano superior	253
4.4. Discussão	255
4.5. Conclusão	259
Capítulo 5 - Conclusões	261
Referências	262
Anexos	275
Anexo 1: Tabela de distribuição das espécies no Leg 39 - Site 354	276
Anexo 2: Tabela de distribuição das espécies no Leg 39 - Site 356	277

Anexo 3: Tabela de distribuição das espécies no Leg 71 - Site 511	278
Anexo 4: Tabela de distribuição das espécies no Leg 74 - Hole 525A	279
Anexo 5: Tabela de distribuição das espécies no Leg 75 - Hole 530A	280
Anexo 6: Tabela de distribuição das espécies no Leg 108 - Hole 661A	281
Anexo 7: Tabela de distribuição das espécies no Leg 113 - Hole 690C	282
Anexo 8: Tabela de distribuição das espécies no Leg 114 - Hole 700B	283
Anexo 9: Tabela de distribuição das espécies no Leg 207 - Hole 1258A	284
Anexo 10: Tabela de distribuição das espécies no Leg 36 - Hole 327A	285
Anexo 11: Tabela de distribuição das espécies no Leg 39 - Site 355	286
Anexo 12: Tabela de distribuição das espécies no Leg 39 - Site 358	287
Anexo 13: Tabela de distribuição das espécies na Ilha James Ross	288
Anexo 14: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 1	289
Anexo 15: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 2	291
Anexo 16: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 3	293
Anexo 17: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 4	295
Anexo 18: Lista com as espécies identificadas e suas localizações	296

1 INTRODUÇÃO

No final do Mesozóico houve uma gradual transição climática global, onde tanto as águas superficiais como as de fundo, predominantemente quentes do Cretáceo Inferior, esfriaram relativamente no Cretáceo Superior (Barrera *et al.*, 1987; Jenkyns *et al.*, 1994; Huber *et al.*, 1995; Clarke & Jenkyns, 1999; Lees, 2002; Linnert *et al.*, 2014). Estas oscilações climáticas vêm sendo descritas com base nas variações dos valores de isótopos de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) combinados com mudanças da biota. O esfriamento teve seu ápice durante o Campaniano e o Maastrichtiano, com pequenos intervalos de aquecimento superficial da água culminando em significativo aquecimento no final do Maastrichtiano (Shafik, 1990; Huber & Watkins, 1992; Barrera, 1994; Li & Keller, 1999; Barrera & Savin, 1999; Li *et al.*, 2000; Abramovich & Keller, 2003; Stüben *et al.*, 2003; Tantawy, 2003; Gómez-Alday *et al.*, 2004; Frank *et al.*, 2005; Friedrich *et al.*, 2005; 2009; Isaza-Londono *et al.*, 2006; Abramovich *et al.*, 2010; Sheldon *et al.*, 2010; Thibault & Gardin, 2010; Thibault *et al.*, 2010; Linnert *et al.*, 2011; Jung *et al.*, 2012; Alsenz *et al.*, 2013; Thibault & Husson, no prelo). Essas mudanças climáticas resultaram em provincialismo e migrações de nanofósseis calcários (Thibault *et al.*, 2010), assim como a maior diversidade de espécies que este grupo já atingiu, durante o Campaniano (Bown *et al.* 1991).

O provincialismo de algumas espécies de nanofósseis calcários gera problemas nas correlações bioestratigráficas. Alguns estudos notaram que o zoneamento global de Burnett *et al.* (1998), que engloba três províncias denominadas boreal, tetiana/intermediária e austral, não pode ser totalmente aplicado em algumas regiões devido à ausência e ao diacronismo aparente de algumas espécies (noroeste da margem australiana, Campbell *et al.*, 2004; noroeste do Oceano Pacífico, Lees & Bown, 2005; Atlântico Equatorial, Thibault & Gardin, 2006; Dinamarca, Sheldon, 2008). O zoneamento para o Oceano Austral descrito por Watkins *et al.* (1996), por exemplo, contém diferentes espécies do zoneamento austral de Burnett *et al.* (1998). Além disso, tanto Watkins *et al.* (1996) como Burnett *et al.* (1998) não correlacionaram seus bioeventos com os padrões magnetoestratigráficos, ou seja, o sincronismo das espécies não foi testado. Thibault *et al.* (2010) documentaram diacronismo na primeira ocorrência global da espécie *Micula murus* no Maastrichtiano superior. De acordo com os autores esta espécie, típica de águas quentes, migrou de baixas para médias latitudes quando mudanças climáticas permitiram a instalação de águas mais quentes nesses

ambientes e concluíram que de acordo com esse diacronismo, seria interessante um trabalho detalhado para a construção de dois biozoneamentos distintos para baixa e média latitude.

Os principais estudos abordando a distribuição dos nanofósseis calcários do Campaniano e Maastrichtiano no Atlântico Sul, são provenientes dos projetos de perfuração oceânica DSDP (*Deep Sea Drilling Project*) e ODP (*Ocean Drilling Program*) principalmente durante as décadas de 1980 e 1990 (Bukry & Bramlete, 1970; Roth & Thierstein, 1972; Bukry, 1973a; Hay & Beaudry, 1973; Wise & Wind, 1977; Perch-Nielsen, 1977; Cepek, 1978; Proto Decima *et al.*, 1978; Wise, 1983; Wind & Wise, 1983; Manivit, 1984; Manivit & Feinberg, 1984; Stradner & Steinmetz, 1984; Manivit, 1989; Pospichal & Wise, 1990a; 1990b; Crux, 1991; Erbacher *et al.*, 2004). Tendo como base a amostragem destes projetos pioneiros, surgiram diversos estudos posteriores (Wind, 1979; Wise, 1988; Alcalá-Herrera *et al.*, 1992; Huber & Watkins, 1992; Henriksson, 1993; Watkins *et al.*, 1996; Abramovich *et al.*, 2002; Thibault & Gardin, 2006; 2007; Thibault *et al.*, 2010; Husson *et al.*, 2011). Além dos citados anteriormente, há outros estudos decorrentes de amostragens na Margem Continental Brasileira (Troelsen & Quadros, 1971; Freitas, 1984; Antunes, 1987; Gomide, 1989; Oliveira & Costa, 1997; Oliveira, 1997; Antunes, 1998; Guerra *et al.*, 2010, Guerra *et al.*, 2012) e na Península Antártica (Concheyro *et al.*, 1991; Concheyro *et al.*, 1994; Concheyro, 2004; Švábenická *et al.*, 2012; Guerra *et al.* 2015). Não há estudos tratando do Atlântico Sul como um todo, examinando a aplicabilidade dos zoneamentos globais, e o potencial provincianismo de espécies entre as diferentes faixas latitudinais.

1.1 Objetivos

Tendo em vista a carência de estudos no Atlântico Sul, mostrando as diferenças na distribuição dos nanofósseis calcários entre altas, médias e baixas latitudes, a presente tese objetiva:

- 1) Definir bioeventos importantes que possam ser correlacionáveis entre poços localizados na mesma faixa latitudinal tanto na margem africana como sul-americana;
- 2) Propor novas interpretações bioestratigráficas tendo em vista as mudanças na flora de uma faixa latitudinal para a outra, balizando os bioeventos com a magnetoestratigrafia presente em alguns poços;

3) Apresentar um estudo paleoceanográfico de acordo com os padrões das assembleias de nanofósseis calcários encontrados, relacionando-os com mudanças paleoecológicas e paleoceanográficas ocorridas no Atlântico Sul durante o Campaniano e Maastrichtiano;

4) Discutir os padrões paleobiogeográficos de acordo com a distribuição dos nanofósseis calcários.

1.2 Apresentação da Tese

Além de um capítulo introdutório (capítulo 1), onde são apresentados a importância do tema de estudo, as lacunas no conhecimento e os objetivos propostos, a tese compõe-se de mais três capítulos.

Informações sobre o material estudado e as metodologias aplicadas são resumidas no capítulo 2 (Materiais e Métodos), uma vez que em cada publicação resultante desta tese há uma descrição mais detalhada sobre os procedimentos metodológicos adotados.

No capítulo 3, intitulado Resultados e discussões, são inseridas as publicações que resultaram do projeto da tese. Os manuscritos foram inseridos na tese da forma como foram submetidos aos periódicos, seguindo norma interna do Programa de Pós-Graduação em Geologia, desta forma cada subcapítulo contém figuras com sequência numérica própria. A seguir apresenta-se o título de cada um dos resultados e uma breve descrição sobre os temas abordados.

Capítulo 3.1 ("Atlas de Nanofósseis calcários do Cretáceo Superior no Atlântico Sul"): este subcapítulo, ao qual no futuro pretende-se transformar em um atlas, contém informações sobre as espécies identificadas neste estudo. A ideia de publicar este atlas vem da dificuldade de encontrar publicações em português que venham a facilitar a diferenciação entre as espécies, principalmente para as pessoas que estão começando o estudo dos nanofósseis calcários. Para cada gênero há uma breve diagnose, seguida de uma figura esquemática mostrando as principais diferenças entre as espécies do gênero encontradas neste estudo. Cada espécie contém uma pequena observação explicando os fatores que a diferenciam das demais, em quais poços foi identificada e a distribuição estratigráfica global. No final do capítulo foram inseridas 18 estampas com imagens de todas as espécies identificadas e discutidas no texto.

Capítulo 3.2 ("*Calcareous nannofossils from the Santa Marta Formation (Upper Cretaceous), northern James Ross Island, Antarctic Peninsula*): este artigo, publicado no periódico *Cretaceous Research*, mostra a análise feita nas amostras da Ilha James Ross, onde foi possível identificar a mais abundante assembleia de nanofósseis calcários já recuperada para a Península Antártica. A numeração das páginas do manuscrito (550 a 562) representa as páginas 199 a 211 da tese. A ideia de publicar este manuscrito separando estas amostras das demais selecionadas para a tese vem da carência de estudos com microfósseis na Península Antártica.

Capítulo 3.3 ("*New latitude-based nannofossil zonations for the Campanian-Maastrichtian of the South Atlantic Ocean and its paleoceanographic implications*"): neste artigo, publicado no periódico *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, são analisadas nove das treze seções selecionadas para a tese. É proposta uma nova interpretação bioestratigráfica para o Campaniano-Maastrichtiano do Atlântico Sul, com base em três zoneamentos distintos para baixas, médias e altas latitudes, levando em conta as mudanças na assembleia de nanofósseis calcários durante este intervalo. As nove seções selecionadas para este manuscrito foram as que apresentaram os melhores resultados bioestratigráficos. A numeração das páginas do manuscrito (55 a 67) representa as páginas 213 a 225 da tese.

Capítulo 3.4 ("*Late Campanian-Maastrichtian Kamptnerius magnificus acme in the South Atlantic section of the Southern Ocean, ODP Holes 690C and 700B*"): esta nota breve, aceita para publicação no periódico *Micropaleontology*, tem o objetivo de descrever pela primeira vez a ocorrência de um acme da espécie *Kamptnerius magnificus* para a faixa austral do Atlântico Sul, preliminarmente relacionado a um evento de resfriamento na temperatura das águas superficiais.

O Capítulo 4 ("Paleobiogeografia de nanofósseis calcários do Atlântico Sul durante o Campaniano e Maastrichtiano"), tópico que será tema de uma futura publicação, foi redigido na forma de artigo e trata do último objetivo proposto na tese. Neste capítulo são comparados os resultados de todas as treze seções selecionadas para a tese, com o intuito de mostrar as preferências paleobiogeográficas dos nanofósseis calcários no Atlântico Sul durante o Campaniano e Maastrichtiano.

Por fim, no Capítulo 5 (Conclusões) são sumarizadas as contribuições da tese para o conhecimento acerca dos nanofósseis calcários no Atlântico Sul durante o Campaniano e Maastrichtiano.

As referências listadas no final deste volume correspondem aos estudos consultados para os capítulos 1, 2 e 4. No capítulo 3, composto pelos principais resultados da tese, as referências já estão incluídas no fim de cada manuscrito.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado com base em doze poços perfurados pelos projetos *Deep Sea Drilling Project (DSDP)* e *Ocean Drilling Program (ODP)*, além de amostras de afloramento da Formação Santa Marta, Ilha James Ross, Península Antártica (Figura 1). As amostras da Ilha James Ross mostram a ocorrência da mais abundante assembleia de nanofósseis calcários recuperada na Península Antártica, em amostras de afloramento. Por outro lado, os poços do DSDP e ODP já foram estudados anteriormente entre 1977 e 2004 com viés basicamente taxonômico e bioestratigráfico. Embora estes dados estejam disponíveis nos volumes publicados pelos projetos (*Scientific Results* e *Initial Reports*), todas as amostras foram analisadas novamente com o intuito de aplicar conceitos taxonômicos mais modernos e garantir uma uniformidade na análise dos poços.

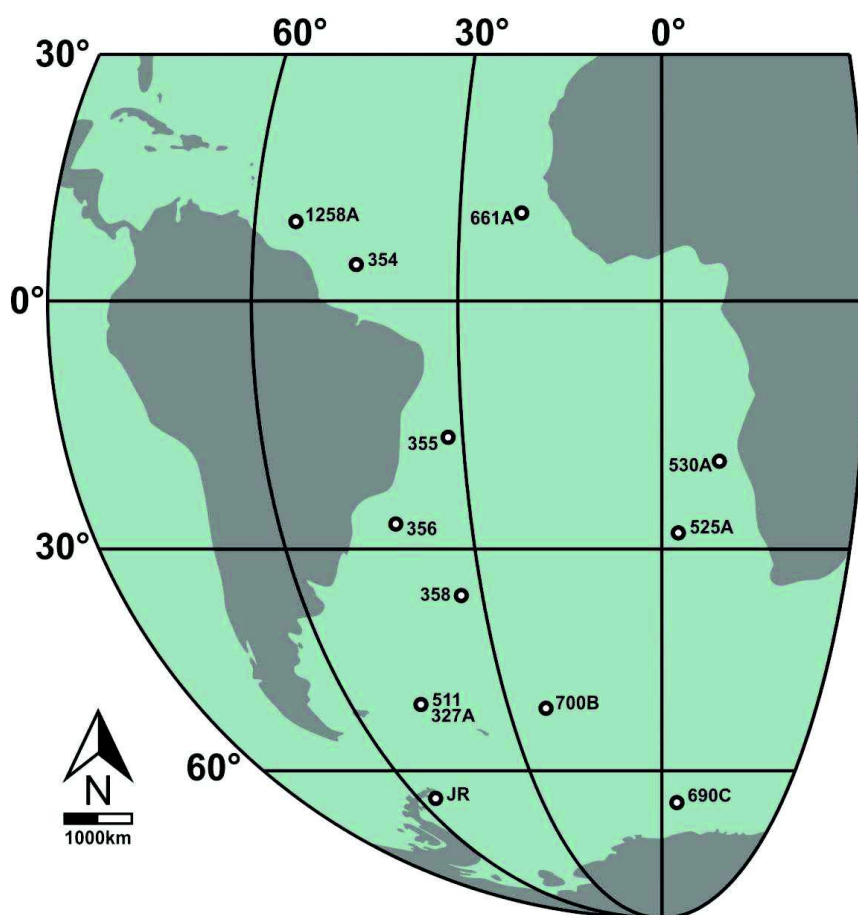


Figura 1 – Localização dos poços e do afloramento selecionados para a tese de doutorado. JR: Ilha James Ross.

2.1 Amostragem e preparação das lâminas

As amostras do afloramento da Ilha James Ross foram coletadas durante o verão antártico de 2007 na expedição do projeto “Prospecção de Fósseis do Cretáceo da Bacia de James Ross, Antártica Oriental” e cedidas pelo Museu Nacional (Rio de Janeiro) para esta pesquisa. O perfil estratigráfico, assim como a tabela de distribuição das espécies pode ser conferido em Guerra *et al.* (2015) [capítulo 3.2 da tese].

Nas amostras de perfuração oceânica, cada poço foi analisado previamente por meio de fotografias e descrições litológicas (disponíveis nos volumes publicados para cada poço), desta forma foi escolhido o ponto mais favorável do testemunho para retirada de uma amostra por seção, que equivale a um intervalo amostral de ~1,5 m.

Ao todo foram escolhidas 649 amostras compreendendo distintas faixas latitudinais do Atlântico Sul. As amostras foram preparadas no Laboratório de Microfósseis Calcários e Silicosos I (sala 6A610) nas dependências do Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (itt Fossil - UNISINOS), segundo metodologia usual (*smear slide*) para análise de nanofósseis calcários descrita em Bown & Young (1998). Por se tratarem de rochas siliciclásticas, as amostras de afloramento da Ilha James Ross foram preparadas de uma forma um pouco diferente, utilizando a decantação aleatória. Mais detalhes podem ser conferidos em Guerra *et al.* (2015) [capítulo 3.2 da tese].

2.2 Análise das amostras e preservação dos espécimes

As análises e descrições das lâminas foram realizadas em microscópio óptico da marca Zeiss (modelo AXIO Imager A2) com aumento visual de 1000x.

Para cada lâmina foi feita a contagem de pelo menos 300 exemplares, ou seja, a lâmina é observada até que este número de exemplares seja atingido. Atingido o número especificado, três novas transversas foram visualizadas (sem contagem) em busca de exemplares mais raros e possíveis marcadores bioestratigráficos não visualizados anteriormente. Segundo Thierstein *et al.* (1977) a contagem de 300 exemplares assegura com um nível de 95% de confiança a presença de todos os táxons com abundância relativa igual ou maior que 1% na população total. Novamente as amostras do afloramento da Ilha James Ross tiveram um tratamento diferente. Por se tratar de uma área de difícil acesso e de poucos estudos micropaleontológicos, qualquer informação

proveniente deste material é importante. Devido à baixa presença de nanofósseis calcários recuperados na maioria das amostras, foram contabilizados todos os exemplares presentes em sete transversas (~700 campos de visão).

A preservação dos nanofósseis calcários recuperados em todas as seções foi avaliada usando critério qualitativo para analisar o grau de dissolução e recristalização, onde: **boa**, indica espécimes com pouca ou nenhuma dissolução / recristalização; **moderada**, espécimes com moderada dissolução / recristalização, mas ainda facilmente identificáveis; **ruim**, mostra espécimes com alta dissolução / recristalização, onde normalmente é difícil o reconhecimento em nível de espécie (Roth & Thierstein, 1972; Roth, 1983).

Os dados referentes às contagens e a bioestratigrafia das seções estudadas estão disponíveis como anexos 1-13.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Atlas de nanofósseis calcários do Cretáceo Superior no Atlântico Sul

1 Introdução

Estudos reportando à distribuição dos nanofósseis calcários do Campaniano e Maastrichtiano no Atlântico Sul provêm principalmente dos projetos de perfuração oceânica DSDP (*Deep Sea Drilling Project*) e ODP (*Ocean Drilling Program*) durante o final do século XX (Bukry & Bramlete, 1970; Roth & Thierstein, 1972; Bukry, 1973a; Hay & Beaudry, 1973; Wise & Wind, 1977; Perch-Nielsen, 1977; Cepek, 1978; Proto Decima *et al.*, 1978; Wise, 1983; Wind & Wise, 1983; Manivit, 1984; Manivit & Feinberg, 1984; Stradner & Steinmetz, 1984; Manivit, 1989; Pospichal & Wise, 1990a; 1990b; Crux, 1991; Erbacher *et al.*, 2004) e estudos posteriores utilizando amostras destas perfurações (Wind, 1979; Wise, 1988; Alcalá-Herrera *et al.*, 1992; Huber & Watkins, 1992; Henriksson, 1993; Watkins *et al.*, 1996; Abramovich *et al.*, 2002; Thibault & Gardin, 2006; 2007; Thibault *et al.*, 2010; Husson *et al.*, 2011). Além destes estudos há outros na Margem Continental Brasileira (Troelsen & Quadros, 1971; Freitas, 1984; Antunes, 1987; Gomide, 1989; Oliveira & Costa, 1997; Oliveira, 1997; Antunes, 1998; Guerra *et al.*, 2010, Guerra *et al.*, 2012) e na Península Antártica (Concheyro *et al.*, 1991; Concheyro *et al.*, 1994; Concheyro, 2004; Švábenická *et al.*, 2012; Guerra *et al.*, 2015).

O principal objetivo deste atlas é reportar a vasta assembleia de nanofósseis calcários identificada no Atlântico Sul, cobrindo desde a região equatorial até a Península Antártica (Figura 1). Como objetivo secundário, mas não menos importante, busca-se facilitar o reconhecimento das espécies, introduzindo de forma simples e em português as principais diferenças entre as mesmas. Neste atlas as informações referentes às espécies são baseadas em microscópio óptico (MO), a forma rotineira de análise dos nanofósseis calcários. Estas observações visam auxiliar o pesquisador na determinação das espécies, visto que a grande maioria das descrições originais é baseada em análises de microscópio eletrônico de varredura (MEV), onde os exemplares mostram muito mais detalhes.

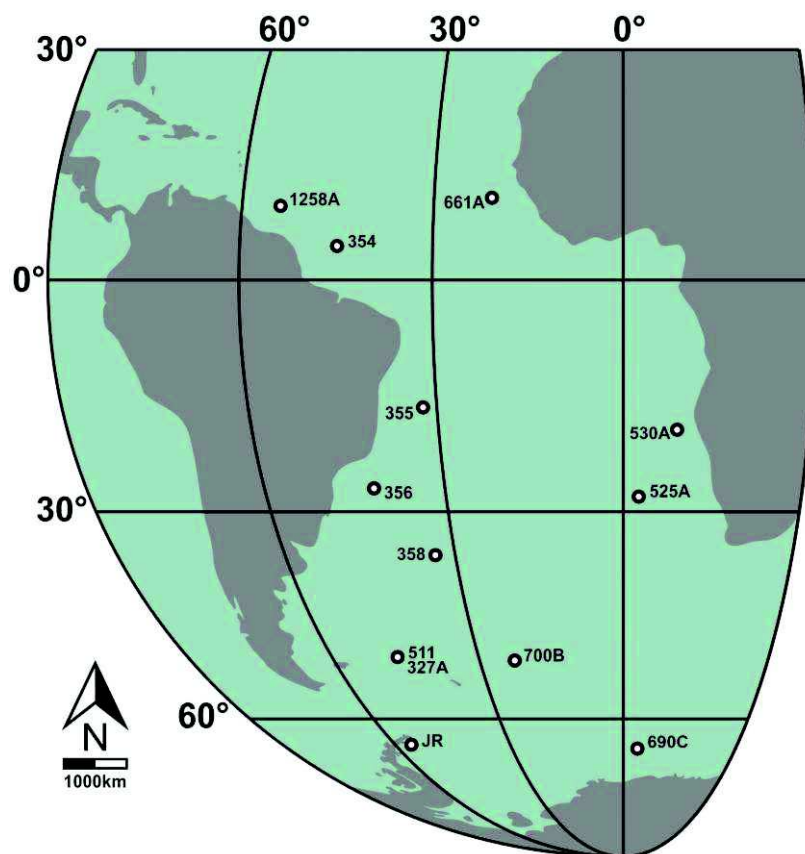


Figura 1 - Mapa indicando a localização dos poços e do afloramento considerados neste estudo. JR = Ilha James Ross.

2 Terminologia

O estudo dos nanofósseis calcários é repleto de terminologias referentes à orientação, morfologia, entre outros. Young *et al.* (1997) descreveram de forma clara os principais parâmetros que devem ser levados em conta para a descrição/diferenciação das espécies de nanofósseis calcários. A seguir serão apresentados os termos utilizados durante as observações feitas neste estudo, para mais informações sugere-se a leitura de Young *et al.* (1997).

2.1 Termos gerais

Nanoplâncton (*nannoplankton*) - definido por Lohmann (1909) como todo o plâncton vivo que ultrapassa uma malha inferior a 63 μm .

Nanoplâncton calcário (*calcareous nannoplankton*) - segue a definição anterior, porém inclui somente organismos com composição carbonática.

Nanofósseis calcários (*calcareous nannofossils*) - de acordo com Bown & Young (1998) são partículas fósseis de composição carbonática com dimensões inferiores a 30 µm, incluindo cocolitoforídeos, dinoflagelados calcários e espículas de ascídias.

Cocolitoforídeo (*coccolithophorid*) - nanoplâncton pertencente à divisão haptofita, que secreta um exoesqueleto calcário.

Cocosfera (*coccosphere*) - exoesqueleto calcário dos cocolitoforídeos.

Cocólito (*coccolith*) - cada placa que forma a cocosfera é denominada cocólito, normalmente são circulares a elipsoidais.

Heterococólito (*heterococcolith*) - cocólito formado por cristais de calcita de diferentes tamanhos e formas.

Holococólito (*holococcolith*) - cocólito composto por cristais minúsculos (<0.1 µm) e idênticos.

Nanolito (*nannolith*) - tipo de placa calcificada não incluída na categoria dos cocólitos por possuir forma e estrutura muito diferentes.

2.2 Termos relacionados aos cocólitos

2.2.1 Orientação (Figura 2)

Proximal (*proximal*) - parte do cocólito direcionada para dentro da cocosfera (lado côncavo).

Distal (*distal*) - parte do cocólito direcionada para fora da cocosfera (lado convexo).

Longitudinal (*longitudinal*) - direção paralela ao eixo maior de um cocólito elíptico/alongado.

Transversal (*transverse*) - direção paralela ao eixo menor de um cocólito elíptico/alongado.

Comprimento, largura e altura (*length, width and height*) - direções máximas dos cocólitos longitudinal, transversal e verticalmente.

2.2.2 Partes do cocólito (Figura 2)

Área central (*central-area*) - parte interna do cocólito. Pode estar vazia, parcialmente ou totalmente preenchida.

Anel externo (*rim*) - parte externa do cocólito.

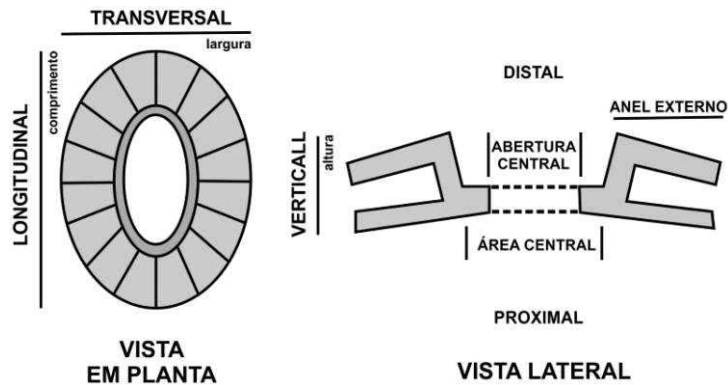


Figura 2 - Orientação e partes do cocólito. Modificado de Young *et al.* (1997).

2.2.3 Perfil do cocólito (Figura 3)

Murolito (*murolith*) - Anel externo elevado, porém sem escudos bem desenvolvidos.

Placolito (*placolith*) - Anel externo com dois ou mais escudos bem desenvolvidos.

Planolito (*planolith*) - Anel externo aplainado.

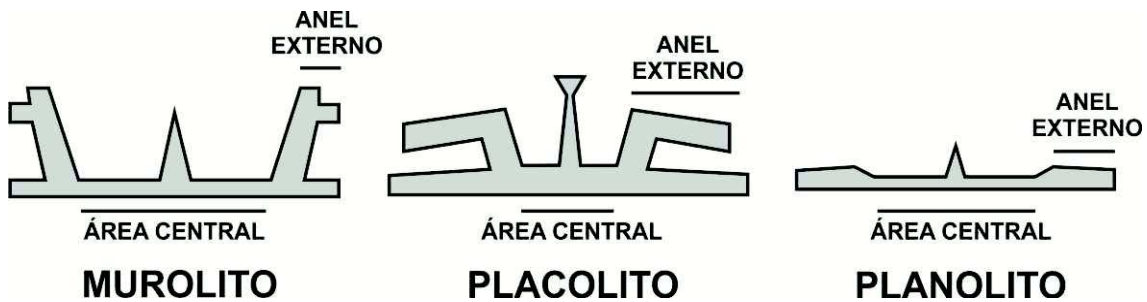


Figura 3 - Perfil do cocólito em seção de corte vertical. Modificado de Young *et al.* (1997).

2.2.4 Formato (Figura 4)

Assimétrico (*asymmetrical*) - sem simetria bilateral devido à presença de uma asa ou estrutura similar.

Circular (*circular*) - no formato de um círculo.

Elíptico (*elliptical*) - na forma de elipse, ovalada.

Poligonal (*polygonal*) - com lados retos podendo ser triangular, pentagonal, etc.

Reniforme (*reniform*) - em formato de rim.

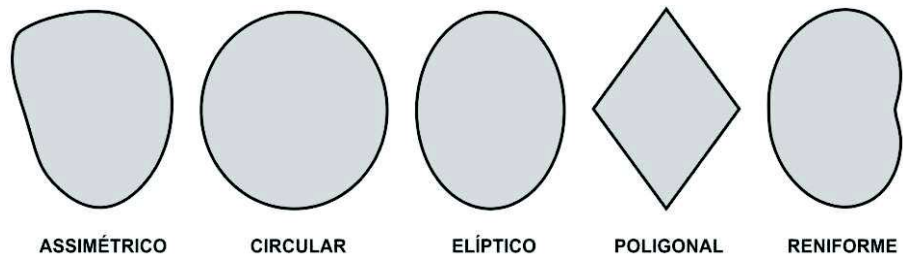


Figura 4 - Formato dos cocólitos. Modificado de Young *et al.* (1997).

2.2.5 Tamanho (Figura 5)

O tamanho dos cocólitos é relacionado à dimensão máxima em vista plana (comprimento) na análise em microscópio óptico.

Minúsculo (*minuscule*) - $< 1 \mu\text{m}$

Muito pequeno (*very small*) - $1-3 \mu\text{m}$

Pequeno (*small*) - $3-5 \mu\text{m}$

Médio (*medium*) - $5-8 \mu\text{m}$

Grande (*large*) - $8-12 \mu\text{m}$

Muito grande (*very large*) - $> 12 \mu\text{m}$

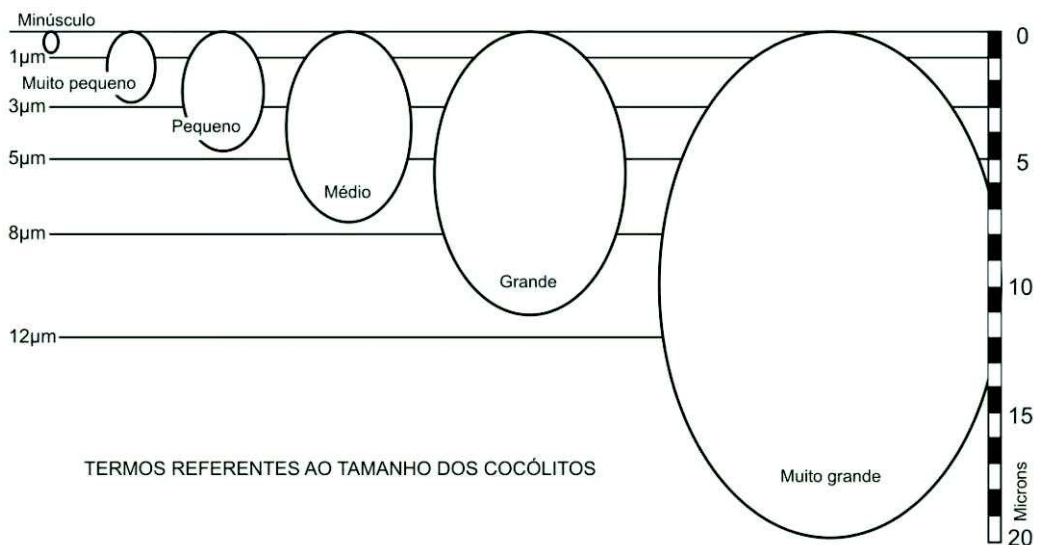


Figura 5 - Tamanho dos cocólitos. Modificado de Young *et al.* (1997).

2.2.6 Tipos de elementos ultraestruturais (Figura 6)

Ciclo (*cycle*) - Anel de elementos.

Elemento (*element*) - componente aparentemente discreto de um cocólito.

Sutura (*suture*) - Linha definida pelo contato entre elementos.

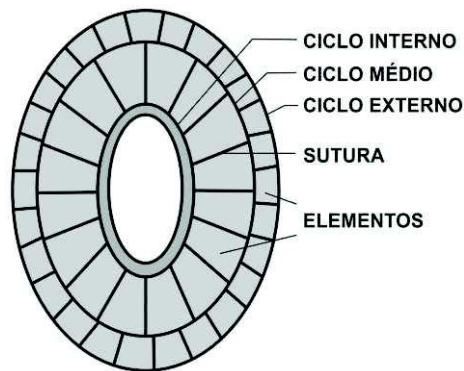


Figura 6 - Tipos de elementos ultraestruturais.

2.2.7 Divisões do anel externo (Figura 7)

Escudo (*shield*) - Anel externo desenvolvido subhorizontalmente (placolito).

Tubo (*tube*) - Estrutura subvertical que conecta os escudos proximal e distal (placolitos).

Colar (*collar*) - Expansão subvertical do anel externo.

Parede (*wall*) - Estrutura subvertical não associada a escudos (murolitos).

Flange (*flange*) - Expansão subhorizontal do anel externo.

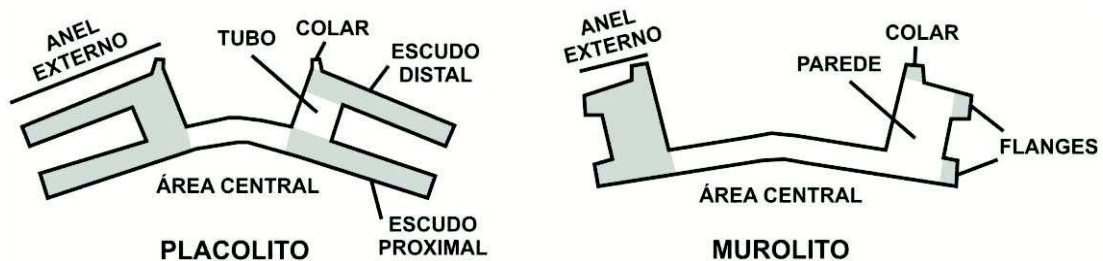


Figura 7 - Partes do anel externo de placolitos e murolitos. Modificado de Young *et al.* (1997).

2.2.8 Estruturas relacionadas à área central (Figura 8)

Área central aberta (*open central area*) - Área central sem estruturas.

Área central fechada (*closed central area*) - Área central sem uma abertura central.

Abertura central (*central opening*) - Abertura na área central. Pode estar parcialmente coberta por alguma estrutura.

Barra (*bar*) - Qualquer estrutura alongada na área central.

Ponte (*bridge*) - Barra elevada que atravessa de um lado ao outro a área central.

Cruz (*cross*) - Par de barras que se intersectam na área central. Cruz axial (*axial cross*) quando se dispõe paralela aos eixos principais da elipse (+). Cruz diagonal (*diagonal cross*) quando se dispõe na diagonal dos eixos principais da elipse (X).

Braço (*arm*) - Parte de uma cruz ou ponte que corre ao longo de toda a área central.

Espinho (*spine*) - Processo alongado que se desenvolve perpendicularmente ao plano do cocólito.

Grill (*grill*) - Sistema de barras que fecham a área central.

Pé (*feet*) - Estrutura que se desenvolve como uma cunha e acompanha a união dos braços ao anel externo.

Placa (*plate*) - Estrutura contínua ou quase contínua, paralela ao plano do cocólitos, que fecha a área central.

Placa perfurada (*perforate plate*) - Placa com perfurações.

Rede (*net*) - Sistema de estruturas complexas e reticuladas que fecham a área central.

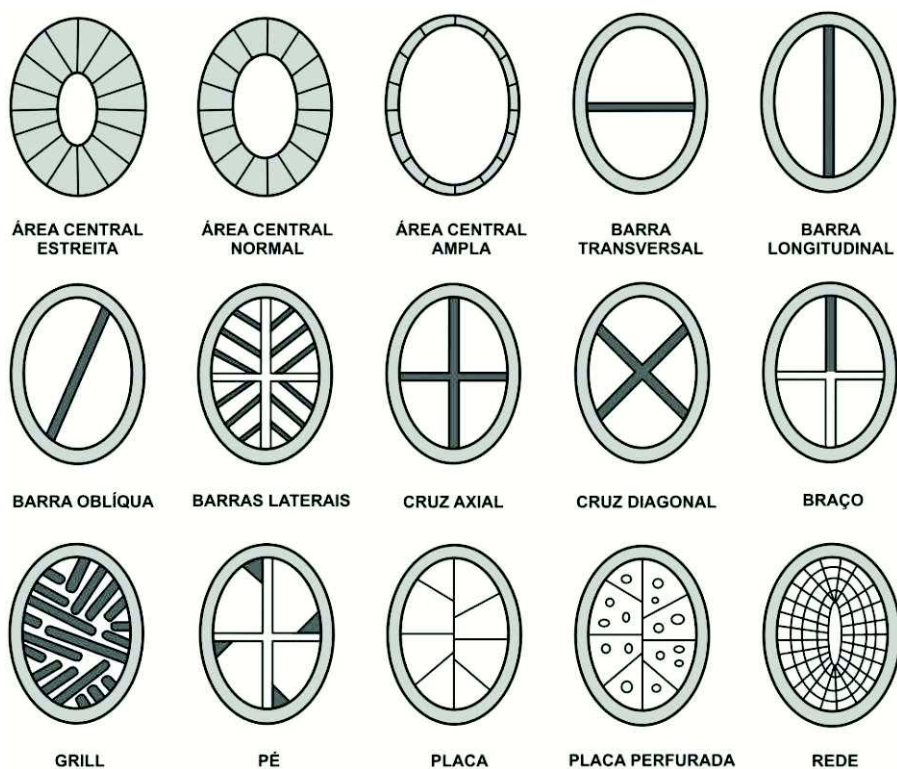


Figura 8 - Estruturas relacionadas à área central. Modificado de Young *et al.* (1997).

2.2.9 Termos baseados em microscopia (Figura 9)

Birrefringente / não birrefringente (*birefringent / non-birefringent*) - Iluminação ou não iluminação do cocólito ou partes do cocólito analisado em nicóis cruzados (luz polarizada).

Figura ou padrão de extinção (*extinction-figure*) - Aparência de um espécime analisado em nicóis cruzados. Cada espécie apresenta um padrão de extinção distinto relacionado diretamente às unidades cristalográficas que a compõem.

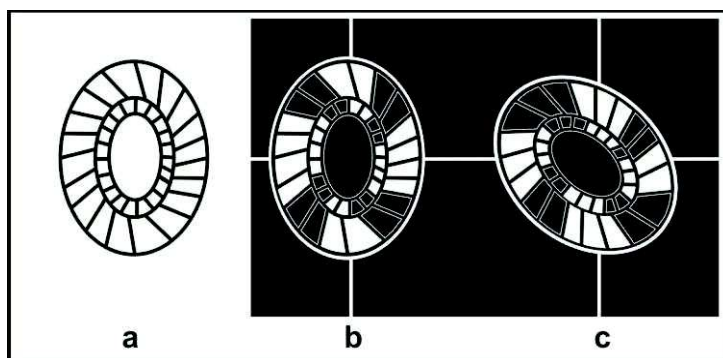


Figura 9 - Propriedades cristalográficas dos elementos de um cocólito em microscopia óptica. **A)** imagem em luz transmitida (luz natural), **B-C)** imagens em nicóis cruzados

(luz polarizada), onde **B** mostra o padrão de extinção a 0° e **C** a 45° com respeito ao plano de polarização. Modificado de Panera (2010).

2.3 Alguns termos relacionados aos nanolitos (Figura 10)

Compacto (*compact*) - Nanolitos mais ou menos equidimensionais incluindo formatos cônicos, cilíndricos e cúbicos.

Haste ou Bastão (*rod-shaped*) - Compostos por nanolitos alongados sem a presença de um disco basal. Podem ser cilíndricos ou com a presença de abas.

Radiado (*radiate*) - nanolito composto por elementos em forma de raios, podendo ser trirradiado, tetraradiado, pentaradiado ou multirradiado.

Petalóide (*petalloid*) - nanolito composto por elementos em forma de pétalas. Assim como nos radiados, a quantidade de elementos pode variar.

Diafragma (*diaphragm*) - abertura ou depressão na área central dos nanolitos.

Raio, pétala ou bloco (*ray, petal or block*) - formatos típicos da parede de alguns gêneros de nanolitos como da família *Polycyclolithaceae*.

Chifre (*horn*) - elementos que formam a base de espécies do gênero *Ceratholithoides*.

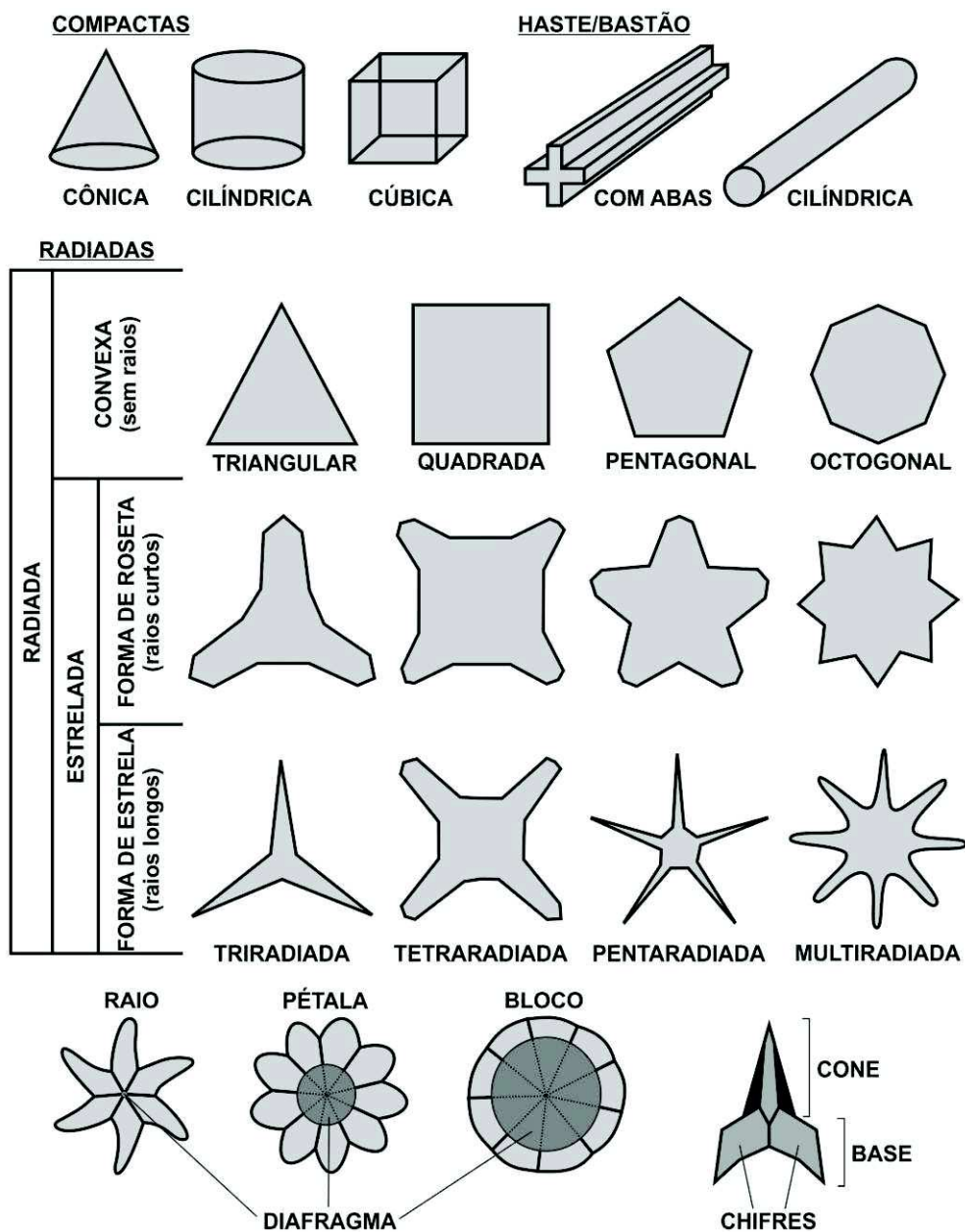


Figura 10 - Alguns termos relacionados aos nanolitos. Modificado de Young *et al.* (1997).

3 Classificação dos nanofósseis calcários

A classificação e organização das espécies segue a proposta de Bown & Young (1997). Desta forma os exemplares encontrados são divididos primeiramente em heterocólitos, holocólitos e nanolitos. Dentro de cada uma destas divisões as espécies são então identificadas em nível de ordem, família, gênero e espécie (quando possível). Cada gênero possui um pequeno texto com sua diagnose, seguido de uma figura esquemática mostrando as diferenças entre cada espécie dentre as recuperadas

neste estudo. Nestas figuras a coloração indica o grau de birrefringência dos exemplares, onde a escala de branco a preto indica partes do cocólito mais birrefringentes até áreas extintas, respectivamente. Exemplares com cor laranja, amarela ou verde, indicam birrefringência muito alta. Na lista sinonímia foram colocados somente os trabalhos originais onde as espécies foram descritas e, em alguns casos, trabalhos julgados importantes para o reconhecimento da espécie. Optou-se por não descrever novamente as espécies identificadas, somente foram feitos alguns comentários referentes à diferenciação entre as demais espécies do gênero e/ou possíveis gêneros semelhantes. Os comentários são todos feitos com base na análise em microscópio óptico (MO), sendo que todas as espécies identificadas e discutidas a seguir, estão ilustradas nas estampas 1-18. Dados sobre a distribuição estratigráfica global das espécies provêm do website Nannotax3 (Young *et al.*).

HETEROCOCÓLITOS

Ordem EIFFELLITHALES Rood *et al.*, 1971

Família CHIASTOZYGACEAE Rood *et al.*, 1973 emend. Varol & Girgis, 1994

Gênero *Ahmuellerella* Reinhardt, 1964

Diagnose: Gênero composto por murólitos elípticos com anel externo fino e área central preenchida por uma placa composta de oito segmentos. A diferenciação entre as espécies deste gênero está na birrefringência ou não dos segmentos da placa, e a disposição em pares de alguns destes segmentos.

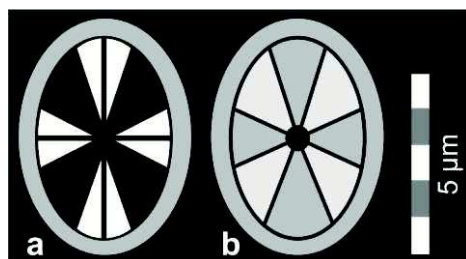


Figura 11 - Diferença entre as duas espécies do gênero *Ahmuellerella* identificadas. **a)** *A. octoradiata* e **b)** *A. regularis*.

Ahmuellerella octoradiata (Górka, 1957) Reinhardt, 1966a

(Figura 11a; Estampa 1, Figuras 1-4)

1957. *Discolithus octoradiatus* Górká, p. 279, est. 4, fig. 10.

1966a. *Ahmuellerella octoradiata* (Górká) Reinhardt, p. 24, est. 22, figs. 3-4.

1998. *Ahmuellerella octoradiata* (Górká) Reinhardt. Burnett *et al.*, est. 6.1, figs. 1-2.

Observações: Esta espécie difere de *A. regularis* pela birrefringência de quatro segmentos com a concomitante extinção dos outros quatro. Os segmentos birrefringentes são dispostos em pares (claramente visto em MO) que se unem na área central do cocólito, onde se encontra um espinho (visto em MO como um círculo escuro).

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano superior - Maastrichtiano superior.

Ahmuellerella regularis (Górká, 1957) Reinhardt & Górká, 1967

(Figura 11b; Estampa 1, Figuras 5-8)

1957. *Tremalithus regularis* Górká, pp. 270-271, est. 2, fig. 4.

1967. *Ahmuellerella regularis* (Górká) Reinhardt & Górká, pp. 242-243, est. 31, figs. 2, 5.

1998. *Ahmuellerella regularis* (Górká) Reinhardt & Górká. Burnett *et al.*, est. 6.1, fig. 3.

Observações: *Ahmuellerella regularis* possui tamanho médio e difere de *A. octoradiata* por ter sua área central preenchida por uma placa dividida em oito partes, todas elas birrefringentes (algumas mais e outras menos). No centro do cocólito geralmente é observado um círculo escuro que representa o espinho central. Não se percebe a divisão de segmentos em pares como em *A. octoradiata*.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Misceomarginatus* Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Diagnose: Este gênero é composto por uma única espécie de murólito elíptico com anel externo bicíclico e área central preenchida por uma placa perfurada. A área central

apresenta uma cruz axial alinhada aos eixos do cocólito. A cruz pode ultrapassar o ciclo interno, mas não chega a cruzar o limite do ciclo interno com o externo. Em exemplares bem preservados percebe-se algumas perfurações no ciclo interno, conforme figura 12.

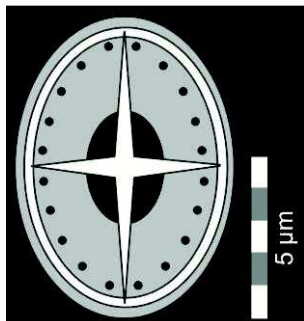


Figura 12 - Características principais de *Misceomarginatus pleniporus*.

Misceomarginatus pleniporus Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 12; Estampa 1, Figuras 9-12)

1977. *Misceomarginatus pleniporus* Wind & Wise em Wise & Wind, p. 301, est. 18, figs. 1-4.

1998. *Misceomarginatus pleniporus* Wind & Wise em Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.1, figs. 6-8.

Observações: *Misceomarginatus pleniporus* normalmente possui tamanho médio a grande e anel externo fino e bicíclico. A área central é preenchida por uma placa perfurada e uma cruz axial paralela aos eixos principais da elipse. O ciclo interno e a cruz axial tendem a ser mais birrefringentes do que o ciclo externo e a placa central. Em MO, nem sempre é possível visualizar as perfurações presentes na placa central.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Monomarginatus* Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Diagnose: Murolitos elípticos com anel externo unicíclico e área central apresentando uma cruz axial alinhada aos eixos do cocólito. Dentre as características principais deste gênero está a presença de barras diagonais em cada quadrante, caracterizando um

losango. O espaço entre a barra diagonal e o anel externo é caracterizado por uma ou diversas perfurações, fator que diferencia as espécies do gênero (porém, estas perfurações dificilmente são visualizadas em MO).

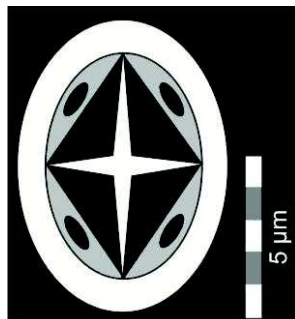


Figura 13 - Características principais de *Monomarginatus quaternarius*.

Monomarginatus quaternarius Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 13; Estampa 1, Figuras 13-16)

1977. *Monomarginatus quaternarius* Wind & Wise em Wise & Wind, p. 302, est. 19, figs. 1-4.

1998. *Monomarginatus quaternarius* Wind & Wise em Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.1, fig. 9.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande, anel externo espesso e unicíclico e uma cruz axial presente na área central. A principal característica da espécie são as barras diagonais presentes em cada quadrante do cocólito. Entre a barra diagonal e o anel externo, há uma perfuração na maioria das vezes difícil de visualizar em MO.

Material estudado: Identificada principalmente em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*) e de forma escassa em latitudes médias (*Site 358 e Hole 525A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - superior.

Gênero *Staurolithites* Caratini, 1963

Diagnose: Gênero composto por murolitos elípticos unicíclicos ou bicíclicos com a presença de uma cruz axial alinhada aos eixos do cocólito. Nos últimos anos foram individualizadas dezenas de espécies novas (Burnett, 1997; Lees, 2007) as quais

algumas vezes possuem características praticamente imperceptíveis em MO. A diferença entre as espécies do gênero está principalmente no tamanho do cocólito e na característica do anel externo (unicíclico ou bicíclico), conforme figura 14.

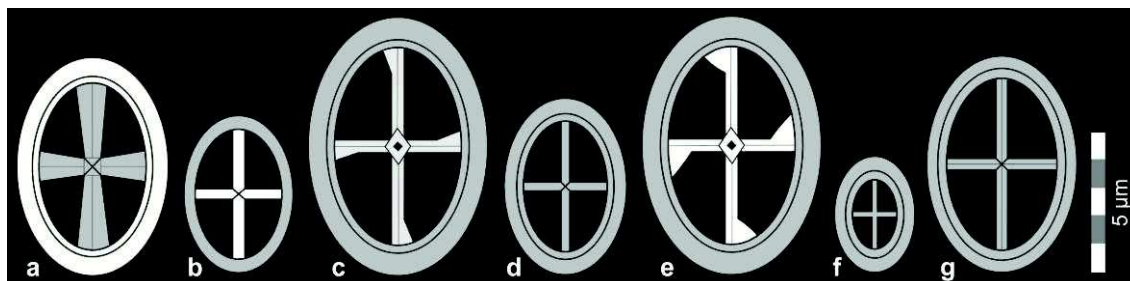


Figura 14 - Diferença entre as espécies do gênero *Staurolithites* identificadas. **a)** *S. elongatus*; **b)** *S. flavus*; **c)** *S. imbricatus*; **d)** *S. laffitei*; **e)** *S. mielnicensis*; **f)** *S. minutus* e **g)** *Staurolithites* sp1.

Staurolithites elongatus (Bukry, 1969) Burnett, 1997b

(Figura 14a; Estampa 1, Figuras 17-18)

1969. *Vagalapilla imbricata elongata* Bukry, p. 58, est. 33, fig. 3.

1997b. *Staurolithites elongatus* (Bukry) Burnett, p. 140.

1998. *Staurolithites elongatus* (Bukry) Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.1, figs. 21-22.

Observações: Espécie com tamanho médio a grande que difere das demais do gênero por possuir anel externo bicíclico e uma cruz axial compacta alinhada aos eixos do cocólito. A cruz possui uma sutura ao longo de toda sua extensão e tende a expandir em largura à medida que se aproxima do ciclo interno. O anel externo é mais birrefringente que a cruz axial.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Staurolithites flavus Burnett, 1997b

(Figura 14b; Estampa 1, Figuras 19-22)

1997b. *Staurolithites flavus* Burnett, p. 140, est. 1, fig. 2.

1998. *Staurolithites flavus* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.1, figs. 25a-b.

Observações: Os exemplares desta espécie possuem tamanho pequeno a médio e diferem das demais por possuir anel externo unicíclico e uma cruz axial compacta e com birrefringência alta, alinhada aos eixos do cocólito. Geralmente a birrefringência da cruz é mais alta que a do anel externo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A* e *Hole 690C*), médias (*Site 356* e *Hole 525A*) e baixas (*Site 354* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Staurolithites imbricatus (Gartner, 1968) Burnett, 1997b

(Figura 14c; Estampa 1, Figuras 23-26)

1968. *Vekshinella imbricata* Gartner, pp. 30-31, est. 9, figs. 16-17; est. 13, figs. 8-9.

1997b. *Staurolithites imbricatus* (Gartner) Burnett, p.140.

1998. *Staurolithites imbricatus* (Gartner) Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.1, figs. 16-17.

Observações: *Staurolithites imbricatus* possui tamanho médio a grande, anel externo bicíclico e difere das demais por possuir a cruz axial com uma linha de extinção e uma expansão lateral (pé) ao tocar o ciclo interno. O centro da cruz axial apresenta um espinho que é visível em MO. Pode ser confundida com *S. mielnicensis*, porém na última a extensão lateral é maior e na maioria das vezes mais birrefringente.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511* e *Hole 690C*), médias (*Hole 525A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Staurolithites laffittei Caratini, 1963

(Figura 14d; Estampa 1, Figuras 27-30)

1963. *Staurolithites laffittei* Caratini, pp. 25-26, est. 2, figs. 32-33.

1998. *Staurolithites laffittei* Caratini. Burnett *et al.*, est. 6.1, figs. 25c-d.

Observações: Espécie de tamanho pequeno a médio, anel externo bicíclico e a cruz axial alinhada aos eixos do cocólito. Pode ser confundida com *S. minutus*, porém a última possui tamanho muito inferior.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 356* e *Hole 525A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Staurolithites mielnicensis (Górka, 1957) Perch-Nielsen, 1968 *sensu* Crux em Lord,
1982

(Figura 14e; Estampa 1, Figuras 31-34)

1957. *Discolithus mielnicensis* Górka, p. 273, est. 2, fig. 14.

1968. *Staurolithites mielnicensis* (Górka) Perch-Nielsen, pp. 26-27, est. 2, figs. 3-5.

1982. *Staurolithites mielnicensis* (Górka) Perch-Nielsen *sensu* Crux em Lord, est. 5.3,
fig. 12.

1998. *Staurolithites mielnicensis* (Górka) Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.1, figs.
13-15.

Observações: *Staurolithites mielnicensis* possui tamanho médio a grande e anel externo bicíclico. A diferença para as demais espécies do gênero está na cruz axial com birrefringência alta e uma expansão lateral (pé) ao tocar o ciclo interno. O centro da cruz axial apresenta um espinho que é facilmente visível em MO. Pode ser confundida com *S. imbricatus*, porém na última essa extensão lateral é menor e na maioria das vezes menos birrefringente.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano superior - Maastrichtiano superior.

Staurolithites minutus Burnett, 1997b

(Figura 14f; Estampa 1, Figuras 35-38)

1997b. *Staurolithites minutus* Burnett, p. 140, est. 1, fig. 4.

1998. *Staurolithites minutus* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.1, figs. 27d-e.

Observações: Esta espécie é caracterizada principalmente pelo tamanho pequeno. Possui anel externo bicíclico (na maioria das vezes difícil de ver em MO) e a área interna praticamente toda preenchida pelo ciclo interno e a cruz axial pouco birrefringente.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross e *Site* 511), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354 e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Stauroolithites sp1.

(Figura 14g; Estampa 1, Figuras 39-42)

Observações: Os exemplares descritos como *Stauroolithites* sp1 foram individualizados desta forma por possuírem características distintas das espécies conhecidas atualmente. Possuem tamanho médio a grande e anel externo bicíclico. A área central é ampla e apresenta uma cruz axial com marcada sutura interna vista principalmente na barra longitudinal.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross, *Site* 511 e *Hole* 690C).

Gênero *Placozygus* Hoffman, 1970

Diagnose: Gênero composto por murólitos elípticos bicíclicos com a presença de uma barra transversal atravessando parte da área central.



Figura 15 - Características principais de *Placozygus fibuliformis*.

Placozygus fibuliformis (Reinhardt, 1964) Hoffman, 1970

(Figura 15; Estampa 2, Figuras 1-4)

1964. *Glaukolithus* (?) *fibuliformis* Reinhardt, p. 758, est. 1, fig. 4.

1969. *Zygodiscus fibuliformis* (Reinhardt) Bukry, pp. 59-60, est. 34, figs. 9-10.

1970. *Placozygus fibuliformis* (Reinhardt) Hoffman, pp. 1004-1007, est. 1, figs. 1a-b.

1998. *Placozygus fibuliformis* (Reinhardt) Hoffman. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 26a.

Observações: Espécie de tamanho pequeno a médio e anel externo bicíclico, caracterizada por uma barra transversal formada por dois elementos paralelos cortando a área central. Pode ser confundida com espécies do gênero *Zeugrhabdotus*, porém é

diferenciada pelo padrão de extinção em espiral do anel externo, claramente visualizado em MO.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano superior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Reinhardtites* Perch-Nielsen, 1968

Diagnose: Murolitos elípticos unicíclicos e bicíclicos com a presença de uma barra transversal na área central. A diferença entre as espécies do gênero está na característica do anel externo (unicíclico ou bicíclico) e no total preenchimento da área central ou não, conforme figura 16.

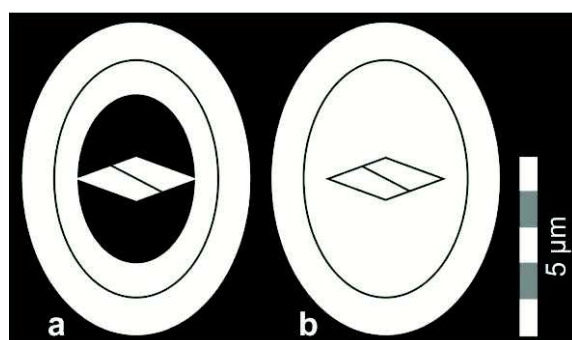


Figura 16 - Diferença entre as espécies do gênero *Reinhardtites* identificadas. **a)** *R. anthophorus* e **b)** *R. levis*.

Reinhardtites anthophorus (Deflandre, 1959) Perch-Nielsen, 1968

(Figura 16a; Estampa 2, Figuras 5-8)

1959. *Rhabdolithus anthophorus* Deflandre, p. 137, est. 1, figs. 21-22.

1968. *Reinhardtites anthophorus* (Deflandre) Perch-Nielsen, pp. 38-39, est. 5, figs. 1-8.

1998. *Reinhardtites anthophorus* (Deflandre) Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 10, 14a.

Observações: *Reinhardtites anthophorus* possui tamanho médio a grande e diferencia de *R. levis* por possuir anel externo bicíclico e parte da área central aberta, onde se encontra uma barra transversal.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356 e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Campaniano superior.

Reinhardtites levis Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

(Figura 16b; Estampa 2, Figuras 9-12)

1977. *Reinhardtites levis* Prins & Sissingh em Sissingh, p. 61, est. 1, figs. 1-3.

1998. *Reinhardtites levis* Prins & Sissingh em Sissingh. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 8a-9.

Observações: Nesta espécie, de tamanho médio a grande, o anel externo é unicíclico e a área central é totalmente fechada com a presença de uma barra transversal.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 327A, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano inferior.

Gênero *Tranolithus* Stover, 1966

Diagnose: Gênero composto por murolitos elípticos com a presença de duas ou quatro placas dispostas na área central. A diferença entre as espécies do gênero está basicamente na quantidade, forma e posição das placas presentes na área central, conforme figura 17.

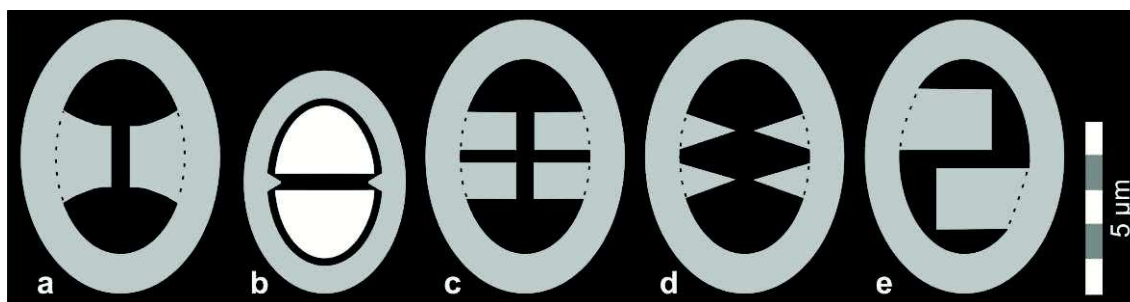


Figura 17 - Diferença entre as espécies do gênero *Tranolithus* identificadas. **a)** *T. gabalus*; **b)** *T. minimus*; **c)** *T. orionatus*; **d)** *T. salillum* e **e)** *Tranolithus* sp.

Tranolithus gabalus Stover, 1966

(Figura 17a; Estampa 2, Figuras 13-16)

1966. *Tranolithus gabalus* Stover, p. 146, est. 4, fig. 22; est. 9, fig. 5.

1998. *Tranolithus gabalus* Stover. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 4b-c.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande com área central ampla e presença de duas placas laterais. Pode ser confundida com *T. orionatus* quando a última estiver recristalizada o suficiente para que as quatro placas se unam.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356* e *Hole 530A*) a baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Valanginiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Tranolithus minimus (Bukry, 1969) Perch-Nielsen, 1984

(Figura 17b; Estampa 2, Figuras 17-20)

1969. *Zygodiscus minimus* Bukry, p. 61, est. 35, figs. 9-11.

1984. *Tranolithus minimus* (Bukry) Perch-Nielsen, p. 44.

1998. *Tranolithus minimus* (Bukry) Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 5a-d.

Observações: Esta espécie possui tamanho pequeno a médio e área central ampla, quase que totalmente preenchida por duas placas centrais com birrefringência alta.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) a baixas (*Site 354*).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Tranolithus orionatus (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966b

(Figura 17c; Estampa 2, Figuras 21-24)

1966a. *Discolithus orionatus* Reinhardt, p. 42, est. 23, figs. 22, 31-33.

1966b. *Tranolithus orionatus* (Reinhardt) Reinhardt, p. 522.

1966. *Tranolithus phacelosus* Stover. p. 146. est. 4, figs. 23-25; est. 9, fig. 7.

1998. *Tranolithus orionatus* (Reinhardt) Reinhardt. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 6a-7b.

Observações: *Tranolithus orionatus* possui tamanho médio a grande e área central ampla com presença de quatro placas laterais bem espessas. Pode ser confundida com *T. gabalus* quando estiver recristalizada o suficiente para que as quatro placas se unam.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano médio - Maastrichtiano inferior.

Tranolithus salillum (Noël, 1965) Crux, 1981

(Figura 17d; Estampa 2, Figuras 25-28)

1965. *Discolithus salillum* Noël, p. 72, est. 1, figs. 8-12.

1981. *Tranolithus salillum* (Noël) Crux, p. 638, est. 2, figs. 7-8.

Observações: Esta espécie, de tamanho médio a grande, é caracterizada pelas quatro placas finas (com aspecto dentado) dispostas na área central (veja figura 17d). A espessura fina das quatro placas, assim como seu aspecto dentado diferencia esta espécie de *T. orionatus*.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole 327A*, *Site 511* e *Hole 690C*), médias (*Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Berriasiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Tranolithus sp.

(Figura 17e; Estampa 2, Figuras 29-30)

Observações: Este exemplar possui duas placas laterais que preenchem quase toda a área central. Difere de *T. minimus*, pois na última as placas são centralizadas enquanto neste exemplar as placas partem do anel externo em direção ao centro do cocólito, conforme figura 17e.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356*).

Gênero *Zeugrhabdotus* Reinhardt, 1965

Diagnose: Gênero composto por murolitos elípticos com a área central preenchida por uma barra transversal de tamanho, composição e forma bem variados. A diferença entre as espécies do gênero está basicamente no tamanho do cocólito e nas características da barra transversal (simples ou dupla) e do anel externo (unicíclico ou bicíclico), conforme figura 18.

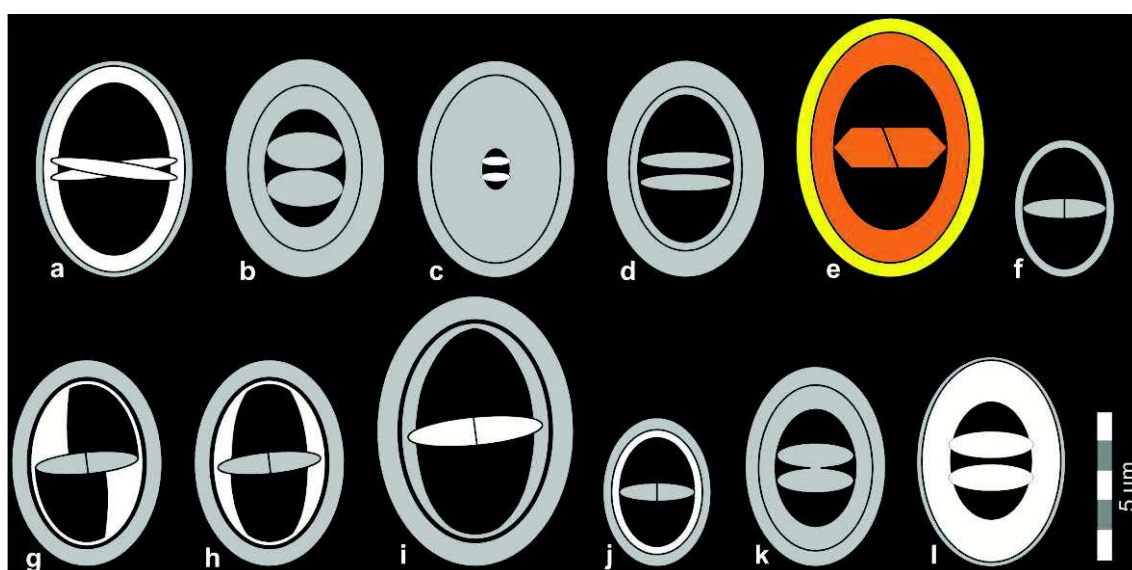


Figura 18 - Diferença entre as espécies do gênero *Zeugrhabdotus* identificadas. **a)** *Z. acanthus*; **b)** *Z. bicrescenticus*; **c)** *Z. biperforatus*; **d)** *Z. diplogrammus*; **e)** *Z. embergeri*; **f)** *Z. erectus*; **g)** *Z. praesigmoides*; **h)** *Z. sigmoides*; **i)** *Z. sigmoides* (grande); **j)** *Z. trivectis*; **k)** *Zeugrhabdotus* sp1. e **l)** *Zeugrhabdotus* sp2.

Zeugrhabdotus acanthus Reinhardt, 1965

(Figura 18a; Estampa 2, Figuras 31-34)

1965. *Zeugrhabdotus acanthus* Reinhardt, p. 37, est. 3, fig. 1.

2007. *Zeugrhabdotus acanthus* Reinhardt. Lees, p. 59, est. 7, figs. 33-42; est. 8, figs. 1-2.

Observações: *Zeugrhabdotus acanthus* possui tamanho médio a grande e anel externo bicíclico. O ciclo interno tende a ser maior e mais birrefringente que o ciclo externo. A

área central apresenta uma barra transversal composta por dois elementos finos que se entrelaçam e ultrapassam o ciclo interno, mas não chegam a tocar o ciclo externo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site* 511), médias (*Hole* 525A) e baixas (*Site* 354 e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Zeugrhabdotus bicrescenticus (Stover, 1966) Burnett em Gale *et al.*, 1996

(Figura 18b; Estampa 2, Figuras 35-38)

1966. *Discolithus bicrescenticus* Stover, p. 142, est. 2, figs. 5-7; est. 8, fig. 11.

1969. *Zygodiscus compactus* Bukry, p. 59, est. 34, figs. 1-2.

1984. *Glaukolithus compactus* (Bukry) Perch Nielsen, p. 43.

1996. *Zeugrhabdotus bicrescenticus* (Stover) Burnett em Gale *et al.*, p. 606, est. 6, fig. D.

1998. *Zeugrhabdotus bicrescenticus* (Stover) Burnett em Gale *et al.* Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 12a-c.

Observações: Nesta espécie de tamanho médio a grande e anel externo bicíclico, a área central é quase totalmente preenchida por uma barra transversal composta por dois elementos grossos, característica que a distingue das demais espécies do gênero. Pode ser confundida com *Z. diplogrammus*, porém a última tem os dois elementos que compõem a barra transversal bem finos, fazendo com que a área central seja mais aberta.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano inferior.

Zeugrhabdotus biperforatus (Gartner, 1968) Burnett, 1997b

(Figura 18c; Estampa 2, Figuras 39-42)

1968. *Zygodiscus biperforatus* Gartner, pp. 31-32, est. 2, figs. 5-7; est. 8, fig. 11.

1997b. *Zeugrhabdotus biperforatus* (Gartner) Burnett, p. 141.

1998. *Zeugrhabdotus biperforatus* (Gartner) Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 11.

Observações: Possui tamanho médio a grande e anel externo unicíclico. A área central é quase totalmente fechada a não ser pela presença de uma barra transversal composta por dois elementos finos e com birrefringência alta. Pode ser confundida com *Reinhardtites levis*, porém a última é composta por uma barra transversal composta de um único elemento grosso.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Site 511*) a médias (*Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano superior - Campaniano superior.

Zeugrhabdotus diplogrammus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Burnett em Gale
et al., 1996

(Figura 18d; Estampa 3, Figuras 1-4)

1954. *Zygoolithus diplogrammus* Deflandre em Deflandre & Fert, p. 148, est. 10, fig. 7.

1964. *Glaukolithus diplogrammus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Reinhardt, p. 758.

1996. *Zeugrhabdotus diplogrammus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Burnett em Gale
et al., p. 606, est. 6, fig. E.

1998. *Zeugrhabdotus diplogrammus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Burnett em Gale
et al. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 13a-b.

Observações: *Zeugrhabdotus diplogrammus* possui tamanho médio a grande e anel externo bicíclico (geralmente em MO é difícil distinguir os dois escudos). A área central é preenchida por uma barra transversal composta por dois elementos finos, característica que a distingue das demais espécies do gênero. Pode ser confundida com *Z. birescenticus*, porém a última tem os dois elementos que compõem a barra transversal bem grossos.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511* e *Hole 700B*), médias (*Site 355* e *Hole 530A*) e baixas (*Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Valanginiano Inferior - Campaniano superior.

Zeugrhabdotus embergeri (Noël, 1958) Perch-Nielsen, 1984

(Figura 18e; Estampa 3, Figuras 5-8)

1958. *Discolithus embergeri* Noël, pp. 164-165, est. 1, figs. 5-8.

1984. *Zeugrhabdotus embergeri* (Noël) Perch-Nielsen, p. 44.

1998. *Zeugrhabdotus embergeri* (Noël) Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 13a-b.

Observações: Exemplares de tamanho grande e anel externo bicíclico, com área central preenchida por uma barra transversal espessa. As características mais marcantes desta espécie são o tamanho grande e a birrefringência muito alta (principalmente do ciclo interno e da barra central), passando de uma coloração amarela no escudo externo para laranja no ciclo interno e barra central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 690C), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Tithoniano Inferior - Maastrichtiano superior.

Zeugrhabdotus erectus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965

(Figura 18f; Estampa 3, Figuras 9-12)

1954. *Zyolithus erectus* Deflandre em Deflandre & Fert, p. 150, est. 15, figs. 14-17.

1965. *Zeugrhabdotus erectus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Reinhardt, p. 37.

1998. *Zeugrhabdotus erectus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Reinhardt. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 30c-d.

Observações: Espécie caracterizada pelo tamanho pequeno e anel externo unicíclico. A área central é preenchida por uma pequena barra transversal. Difere das demais pelo tamanho bem inferior e a característica unicíclica do anel externo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site* 511), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Pliensbachiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Zeugrhabdotus praesigmoides Burnett, 1997b

(Figura 18g; Estampa 3, Figuras 13-16)

1997b. *Zeugrhabdotus praesigmoides* Burnett, p.141, est. 1, figs. 8a-c.

1998. *Zeugrhabdotus praesigmoides* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.2, figs. 29a-b.

Observações: *Zeugrhabdotus praesigmoides* possui tamanho médio e anel externo bicíclico. A área central é preenchida por uma barra transversal com formato levemente sigmoidal. Difere das demais pela característica sigmoidal da barra transversal e pelo

ciclo interno, que possui um padrão de extinção onde os quadrantes opostos se extinguem juntos quando a platina é girada. Pode ser confundida com *Z. sigmoides*, porém na primeira o ciclo interno é mais grosso que o externo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Zeugrhabdotus sigmoides (Bramlette & Sullivan, 1961) Bown & Young, 1997

(Figura 18h; Estampa 3, Figuras 17-20)

1961. *Zygodiscus sigmoides* Bramlette & Sullivan, p. 149, est. 4, figs. 11a-e.

1997. *Zeugrhabdotus sigmoides* (Bramlette & Sullivan) Bown & Young, p. 22.

1998. *Zeugrhabdotus sigmoides* (Bramlette & Sullivan) Bown & Young. Burnett *et al.*, est. 6.2, fig. 29c.

Observações: Possui tamanho médio a grande e anel externo bicíclico. Pode ser confundida com *Z. praesigmoides*, porém na primeira o ciclo interno é mais fino ou igual ao externo, e não se percebe o padrão de extinção citado para *Z. praesigmoides*.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Ypressiano (Eoceno Inferior).

Zeugrhabdotus sigmoides (grande)

(Figura 18i; Estampa 3, Figuras 21-24)

Observações: Foram descritos como *Z. sigmoides* (grande) exemplares de *Z. sigmoides* com tamanho grande e área central bem ampla. Nestes exemplares o ciclo interno parece ser mais fino tornando a área central mais ampla.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Site 511*) a médias (*Hole 530A*).

Zeugrhabdotus trivectis Bergen, 1994

(Figura 18j; Estampa 3, Figuras 25-28)

1994. *Zeugrhabdotus trivectis* Bergen, p. 65, est. 1, figs. 26a-b, 27a-c.

1998. *Zeugrhabdotus trivectis* Bergen. Burnett *et al.*, est. 30 figs. a-b.

Observações: *Zeugrhabdotus trivectis* possui tamanho pequeno e anel externo bicíclico. A área central apresenta uma barra transversal espessa composta por dois elementos (difíceis de diferenciar em MO). O ciclo interno tende a ser mais birrefringente que o externo. Difere das demais espécies do gênero pelo tamanho bem inferior e a característica bicíclica do anel externo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511*), médias (*Hole 525A*) e baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Valanginiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Zeugrhabdotus sp1.

(Figura 18k; Estampa 3, Figuras 29-30)

Observações: O exemplar descrito como *Zeugrhabdotus* sp1., possui tamanho médio e anel externo bicíclico, sendo que os dois ciclos possuem o mesmo tamanho. A área central apresenta uma barra transversal composta por duas barras de tamanho médio a fino, estas barras se encontram unidas somente na parte central do cocólito (conforme figura 18k).

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356*).

Zeugrhabdotus sp2.

(Figura 18l; Estampa 3, Figuras 31-32)

Observações: *Zeugrhabdotus* sp2. possui tamanho grande e anel externo bicíclico, sendo que o ciclo interno é maior e mais birrefringente. A área central apresenta uma barra transversal composta por duas barras espessas (conforme figura 18l).

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356*).

Gênero *Chiastozygus* Gartner, 1968

Diagnose: Gênero composto por murolitos elípticos com a presença de uma cruz diagonal (X) na área central. Ainda hoje há muita discussão acerca das espécies deste

gênero, sendo que a principal forma de diferenciá-las é através do tamanho do cocólito e de características da cruz diagonal e do anel externo (unicíclico ou bicíclico), conforme figura 19.

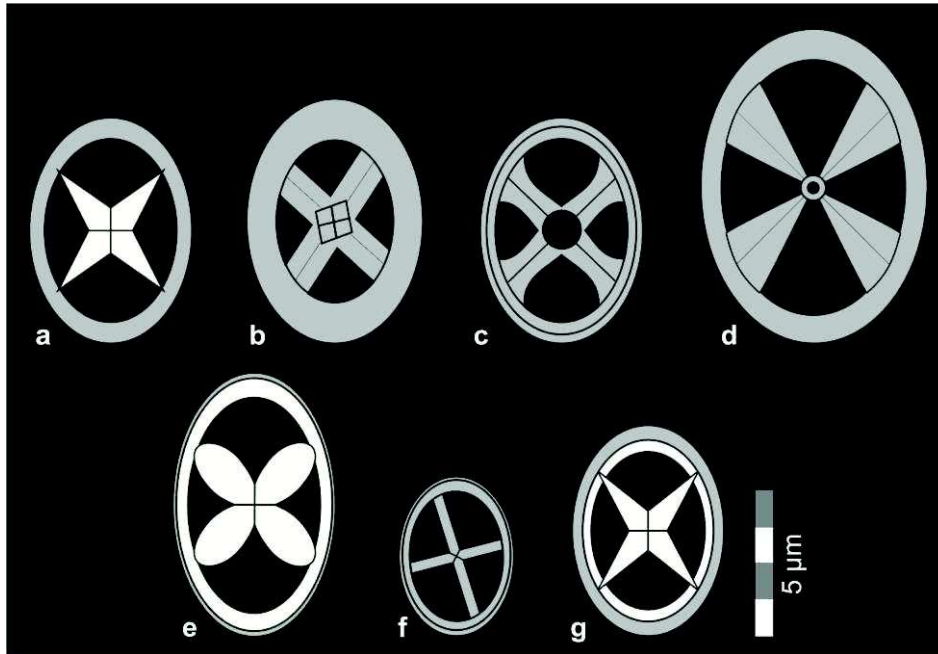


Figura 19 - Diferença entre as espécies do gênero *Chiastozygus* identificadas. **a)** *C. amphipons*; **b)** *C. bifarius*; **c)** *C. garrisonii*; **d)** *C. litterarius*; **e)** *C. stylesii*; **f)** *C. synquadriperforatus* e **g)** *C. trabalis*.

Chiastozygus amphipons (Bramlette & Martini, 1964) Gartner, 1968

(Figura 19a; Estampa 3, Figuras 33-36)

1964. *Zygodiscus amphipons* Bramlette & Martini, pp. 302-303, est. 4, figs. 9-10.

1968. *Chiastozygus amphipons* (Bramlette & Martini) Gartner, pp. 26-27, est. 8, figs. 11-14.

1998. *Chiastozygus cf. amphipons* (Bramlette & Martini) Gartner. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 7a-b.

Observações: *Chiastozygus amphipons* possui tamanho médio e anel externo unicíclico. A diferença para as demais espécies do gênero está na cruz diagonal compacta e de birrefringência alta (principalmente a 45°) presente na área central. A cruz tende a ser mais espessa na parte central e afinar em direção ao anel externo ultrapassando o contato entre o anel externo e a área central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511 e Hole 690C*), médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Chiastozygus bifarius Bukry, 1969

(Figura 19b; Estampa 3, Figuras 37-40)

1969. *Chiastozygus bifarius* Bukry, p. 49, est. 26, figs. 10-12.

1998. *Chiastozygus bifarius* Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.3, fig. 4.

Observações: O holótipo de Bukry (1969), descrito com base em MEV, mostra um cocólito elíptico com anel externo de espessura média. A área central é quase totalmente preenchida por uma espessa cruz diagonal dividida por uma sutura. Burnett *et al.* (1998) mostram uma imagem de MO com características semelhantes as indicadas por Bukry. No presente estudo reconhecemos uma espécie de características semelhantes, porém não é possível identificar com clareza a sutura que divide a cruz central. Levamos em conta o fato de que a cruz ocupa a maior parte da área central para identificar estes exemplares como *C. bifarius*.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Site 511, e Hole 700B*), médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Chiastozygus garrisonii Bukry, 1969

(Figura 19c; Estampa 3, Figuras 41-42; Estampa 4, Figuras 1-2)

1969. *Chiastozygus garrisonii* Bukry, pp. 49-50, est. 27, figs. 5-6.

1977. *Chiastozygus garrisonii* Bukry. Wise & Wind, est. 27, figs. 8-12; est. 28, figs. 4-5.

Observações: Espécie de tamanho médio e anel externo bicíclico. A diferença para as demais espécies do gênero está no anel externo fino e na cruz diagonal, ambos com birrefringência alta. A cruz diagonal possui um espinho no centro e se expande ao tocar o anel externo, em MO observa-se uma sutura que divide as barras da cruz diagonal.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511 e Hole 690C*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Chiastozygus litterarius (Górka, 1957) Manivit, 1971

(Figura 19d; Estampa 4, Figuras 3-6)

1957. *Discolithus litterarius* Górka, p. 274, est. 3, fig. 3.

1971. *Chiastozygus litterarius* (Górka) Manivit, pp. 92-93, est. 4, figs. 1-5.

1998. *Chiastozygus litterarius* (Górka) Manivit. Burnett *et al.*, est. 6.3, fig. 5.

Observações: O holótipo descrito por Górka (1957), apesar de ser um desenho, mostra um cocólito unicíclico com anel externo fino a médio e uma área central bem ampla cortada por uma cruz simples. Este mesmo padrão é seguido por Manivit (1971) ao sugerir esta espécie no gênero *Chiastozygus*, porém a autora mostra a cruz central dividida por uma sutura. Burnett *et al.* (1998) mostram um exemplar com anel externo mais grosso e cruz que tende a ser fina no centro e se expandir a medida que aproxima do anel externo. Dentre os parâmetros similares entre estes três importantes estudos estão o tamanho médio a grande do cocólito e a ampla área central cortada por uma cruz que tende a ser dividida por uma sutura. Sendo assim, este é o padrão aplicado neste estudo para distinguir esta espécie de *C. bifarius*, que apesar de ser semelhante possui a área central menos ampla.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Barremiano Superior - Maastrichtiano superior.

Chiastozygus stylesii Burnett, 1997b

(Figura 19e; Estampa 4, Figuras 7-8)

1997b. *Chiastozygus stylesii* Burnett, p. 135, est. 1, figs. 9a-b.

1998. *Chiastozygus stylesii* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 9a-b.

Observações: *Chiastozygus stylesii* possui tamanho médio e anel externo bicíclico. Difere das demais espécies pela aparência alongada e o ciclo interno bem maior e mais birrefringente que o ciclo externo. A cruz diagonal possui a mesma birrefringência do ciclo interno e é bem espessa, geralmente ultrapassa o ciclo interno, mas não chega a tocar o ciclo externo.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross e *Hole 327A*).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - superior.

Chiastozygus synquadriperforatus Bukry, 1969

(Figura 19f; Estampa 4, Figuras 9-12)

1969. *Chiastozygus synquadriperforatus* Bukry, pp. 51, est. 28, figs. 6-9.

1998. *Chiastozygus synquadriperforatus* Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 8a-b.

Observações: Possui tamanho pequeno e anel externo bicíclico. Difere das demais principalmente pelo tamanho menor e pela cruz central assimétrica no que diz respeito aos eixos principais da elipse.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site* 511), médias (*Site* 356) e baixas (*Site* 354 e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Chiastozygus trabalis (Górka, 1957) Burnett, 1997b

(Figura 19g; Estampa 4, Figuras 13-16)

1957. *Discolithus trabalis* Górka, p. 275, est. 3, fig. 2.

1997b. *Chiastozygus trabalis* (Górka) Burnett, p. 135.

1998. *Chiastozygus trabalis* (Górka) Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 2a-b.

Observações: Esta espécie possui tamanho pequeno a médio e anel externo bicíclico. O ciclo interno e a cruz diagonal tem birrefringência alta, enquanto o ciclo externo possui birrefringência baixa. A cruz diagonal ultrapassa o ciclo interno, mas não chega a cruzar o ciclo externo.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site* 356) a baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Neocrepidolithus* Romein, 1979

Diagnose: Gênero composto por murolitos elípticos com anel externo muito espesso e área central bem fechada ou totalmente preenchida, ambos com birrefringência alta a muito alta.

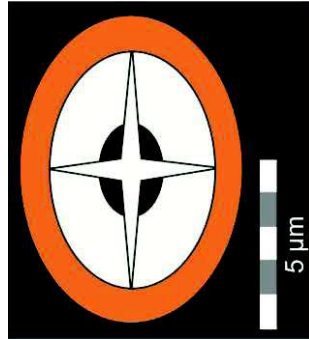


Figura 20 - Características principais de *Neocrepidolithus watkinsii*.

Neocrepidolithus watkinsii Pospichal & Wise, 1990a

(Figura 20; Estampa 4, Figuras 17-20)

1990a. *Neocrepidolithus watkinsii* Pospichal & Wise, p. 474, est. 7, fig. 1a-e.

1998. *Neocrepidolithus watkinsii* Pospichal & Wise. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 12-13.

Observações: *Neocrepidolithus watkinsii* possui tamanho médio a grande e anel externo bem espesso. A área central é praticamente fechada e apresenta algo semelhante a uma cruz axial alinhada aos eixos da elipse. A característica principal desta espécie é a birrefringência muito alta principalmente do anel externo, numa coloração laranja/amarelada.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - superior.

Gênero *Loxolithus* Noël, 1965

Diagnose: Murolito elíptico unicíclico com a área central bem ampla e vazia.

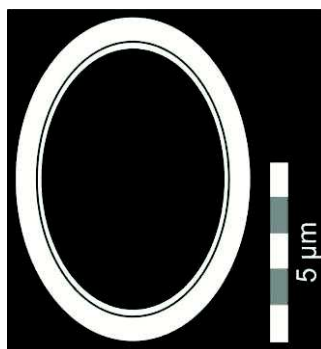


Figura 21 - Características principais de *Loxolithus armilla*.

Loxolithus armilla (Black em Black & Barnes, 1959) Noël, 1965

(Figura 21; Estampa 4, Figuras 21-24)

1959. *Cyclolithus armilla* Black em Black & Barnes, p. 327, est. 12, fig. 2.

1965. *Loxolithus armilla* (Black em Black & Barnes) Noël, pp. 67-68, fig. 3.

1998. *Loxolithus armilla* (Black em Black & Barnes) Noël. Burnett *et al.*, est. 6.3, fig. 14.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande caracterizada principalmente pela área central ampla e vazia. O anel externo é unicíclico, embora algumas vezes a análise em MO indique característica bicíclica.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511 e Hole 690C*), médias (*Site 355, Site 356, Site 358, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratiográfica global: Hauteriviano Inferior - Maastrichtiano superior.

Família EIFFELLITHACEAE Reinhardt, 1965

Gênero *Eiffellithus* Reinhardt, 1965

Diagnose: Este gênero é composto por murolitos elípticos bicíclicos com a área central atravessada por uma cruz axial (+) ou diagonal (X). A diferença entre as espécies do gênero está principalmente no tamanho do cocólito e nas características da cruz central, conforme figura 22.

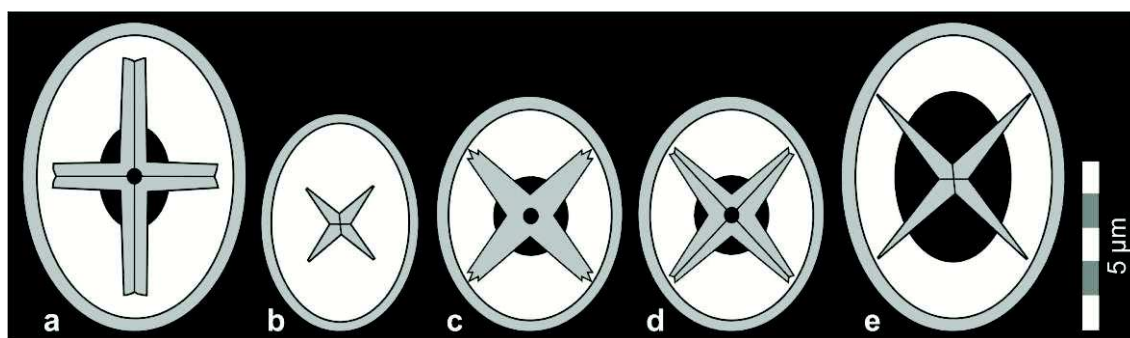


Figura 22 - Diferença entre as espécies do gênero *Eiffellithus* identificadas. a) *E. eximius*; b) *E. gorkae*; c) *E. keio*; d) *E. parallelus* e e) *E. turriseiffelii*.

Eiffellithus eximius (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1968

(Figura 22a; Estampa 4, Figuras 25-28)

1966. *Clinorhabdus eximius* Stover, p. 138, est. 2, figs. 15-16; est. 8, fig. 15.

1968. *Eiffellithus eximius* (Stover) Perch-Nielsen, p. 30, est. 3, figs. 8-10.

1998. *Eiffellithus eximius* (Stover) Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 22-24.

Observações: *Eiffellithus eximius* possui tamanho médio a grande e é caracterizada pela presença de uma cruz axial na área central. Geralmente a cruz axial é alinhada aos eixos principais do cocólitos, bifurcada nas pontas e cortada por uma sutura.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356 e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Campaniano superior.

Eiffellithus gorkae Reinhardt, 1965

(Figura 22b; Estampa 4, Figuras 29-32)

1965. *Eiffellithus gorkae* Reinhardt, pp. 36-37, est. 2, fig. 2.

1998. *Eiffellithus gorkae* Reinhardt. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 16a-17.

Observações: Espécie de tamanho pequeno a médio e área central totalmente coberta por placas e uma pequena cruz diagonal. Pode ser confundida com *E. turriseiffelii*, porém difere pelo tamanho pequeno tanto do cocólito quanto da cruz central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354 e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Eiffellithus keio Shamrock & Watkins, 2009

(Figura 22c; Estampa 4, Figuras 33-34)

2009. *Eiffellithus keio* Shamrock & Watkins, pp. 1100-1101, est. 13, figs. g-h; est. 14, fig. a; est. 17, fig. f.

Observações: Possui tamanho médio e difere das demais espécies do gênero pela cruz diagonal com terminação trifurcada. Espécie difícil de reconhecer devido à preservação moderada da maioria dos exemplares do gênero *Eiffellithus* nas amostras estudadas.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano superior - Turoniano? (Shamrock & Watkins, 2009).

Eiffellithus parallelus Perch-Nielsen, 1973

(Figura 22d; Estampa 4, Figuras 35-38)

1973. *Eiffellithus parallelus* Perch-Nielsen, pp. 315-316, est. 6, figs. 2, 4; est. 10, figs. 47-48

1998. *Eiffellithus parallelus* Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.3, fig. 21.

Observações: Com tamanho médio a grande, difere das demais pela presença de uma cruz diagonal bifurcada, cortada por uma sutura. No centro da cruz diagonal é possível visualizar um círculo negro que representa o espinho central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 690C), médias (*Site* 356 e *Hole* 525A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano superior.

Eiffellithus turriseiffelii (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965

(Figura 22e; Estampa 4, Figuras 39-42)

1954. *Zygothothus turriseiffelii* Deflandre em Deflandre & Fert, p. 149, est. 13, figs. 15-16.

1965. *Eiffellithus turriseiffelii turriseiffelii* (Deflandre em Deflandre & Fert) Reinhardt, p. 36.

1970. *Eiffellithus turriseiffelii* (Deflandre em Deflandre & Fert) Reinhardt, pp. 62-63, est. 4, figs. 6-7; est. 5, figs. 1-2.

1998. *Eiffellithus turriseiffelii* (Deflandre em Deflandre & Fert) Reinhardt. Burnett *et al.*, est. 6.3, fig. 18.

Observações: Esta espécie possui tamanho médio a grande e apresenta uma cruz diagonal na área central. Pode ser confundida com *E. gorkae*, porém possui tamanho maior e área central mais ampla. Em exemplares bem preservados possui uma parte da área central aberta, sem o preenchimento total das placas centrais, conforme estampa 4, figuras 39-42.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Albiano superior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Helicolithus* Noël, 1970

Diagnose: Murolitos elípticos bicíclicos com a área central praticamente toda preenchida e atravessada por uma cruz axial (+) ou diagonal (X). O ciclo interno tende a ser mais birrefringente e maior do que o ciclo externo. A diferença entre as espécies do gênero está principalmente na característica da cruz central, conforme figura 23.

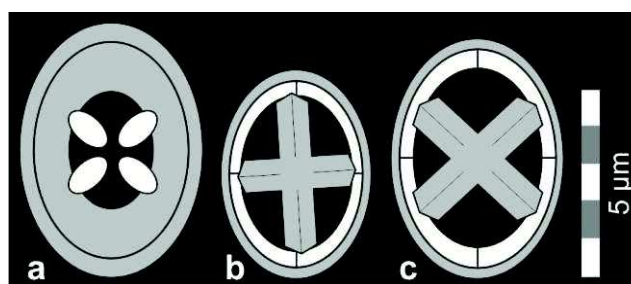


Figura 23 - Diferença entre as espécies do gênero *Helicolithus* identificadas. **a)** *H. anceps*; **b)** *H. compactus* e **c)** *H. trabeculatus*.

Helicolithus anceps (Górka, 1957) Noël, 1970

(Figura 23a; Estampa 5, Figuras 1-4)

1957. *Discolithus anceps* Górka, p. 275, est. 3, fig. 4.

1970. *Helicolithus anceps* (Górka) Noël, pp. 41-43, est. 8, figs. 1-5; est. 9, figs. 1-2.

1998. *Helicolithus anceps* (Górka) Noël. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 25c-26b.

Observações: *Helicolithus anceps* possui tamanho médio e apresenta uma cruz diagonal na área central. Nesta espécie os dois ciclos (externo e interno) apresentam birrefringência média a baixa enquanto a cruz diagonal possui birrefringência alta. Em todos os exemplares recuperados não foi possível visualizar o centro da cruz, sendo que a descrição original de Noël (1970) indica uma perfuração central. Esta espécie difere das espécies do gênero *Chiastozygus* principalmente pela área central bem fechada.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior- Maastrichtiano superior.

Helicolithus compactus (Bukry, 1969) Varol & Girgis, 1994

(Figura 23b; Estampa 5, Figuras 5-8)

1969. *Vagalapilla compacta compacta* Bukry, p. 56, est. 31, figs. 10-11.

1994. *Helicolithus compactus* (Bukry) Varol & Girgis, p. 234, est. 10, figs. 9-11.

1998. *Helicolithus compactus* (Bukry) Varol & Girgis. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 27a-d.

Observações: Os exemplares desta espécie possuem tamanho pequeno e diferem das demais por apresentar uma cruz axial robusta paralela aos eixos principais da elipse ou levemente inclinada.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A e Site 511*) a médias (*Hole 525A*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Santoniano superior.

Helicolithus trabeculatus (Górka, 1957) Verbeek, 1977

(Figura 23c; Estampa 5, Figuras 9-12)

1957. *Discolithus trabeculatus* Górka, p. 277, est. 3, fig. 9.

1977. *Helicolithus trabeculatus* (Górka) Verbeek, p. 90.

1998. *Helicolithus trabeculatus* (Górka) Verbeek. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 28a-29.

Observações: Espécie caracterizada pelo tamanho pequeno a médio e presença de uma cruz diagonal robusta na área central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511 e Hole 690C*), médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Aptiano Superior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Tegumentum* Thierstein em Roth & Thierstein, 1972

Diagnose: Gênero composto por murolitos elípticos bicíclicos apresentando uma cruz diagonal (X) na área central. O ciclo interno tende a ser mais birrefringente que o

externo, e a diferença entre as espécies do gênero está nas características do anel externo e da cruz diagonal, conforme figura 3.24.

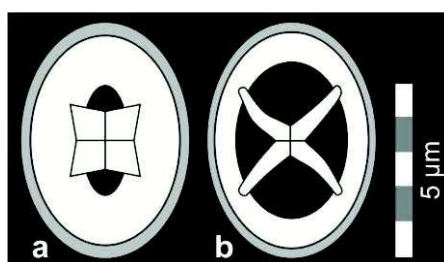


Figura 24 - Diferença entre as espécies do gênero *Tegumentum* identificadas. **a)** *T. lucidum* e **b)** *T. stradneri*.

Tegumentum lucidum Lees & Bown, 2005

(Figura 24a; Estampa 5, Figuras 13-16)

2005. *Tegumentum lucidum* Lees & Bown, p.16, est. 2, figs. 24-30.

Observações: *Tegumentum lucidum* possui tamanho médio e anel externo bicíclico. O ciclo interno possui birrefringência alta, assim como a pequena, porém espessa, cruz diagonal que cobre praticamente toda a área central do cocólito. O ciclo externo possui birrefringência tão baixa que é difícil de ser identificado em MO. Difere das demais espécies do gênero pela área central bem fechada e cruz diagonal compacta. Pode ser confundida com espécies do gênero *Eiffellithus*, porém a morfologia da cruz diagonal e do ciclo externo é diferente em exemplares desta espécie. Não possui o mesmo padrão de cruz diagonal curvada visto em *T. stradneri*.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross) a médias (*Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Tegumentum stradneri Thierstein em Roth & Thierstein, 1972

(Figura 24b; Estampa 5, Figuras 17-20)

1972. *Tegumentum stradneri* Thierstein em Roth & Thierstein, p. 437, est. 1, figs. 7-15.

1998. *Tegumentum stradneri* Thierstein em Roth & Thierstein. Burnett *et al.*, est. 6.3, figs. 3a-b.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande com anel externo bicíclico. Pode ser confundida com espécies do gênero *Eiffellithus*, porém o fato que a diferencia é a característica curvada da cruz central que tende a afinar ao tocar o ciclo interno.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site* 511), médias (*Site* 356 e *Hole* 525A) e baixas (*Site* 354 e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Valanginiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Família RAGHODISCACEAE Hay, 1977

Gênero *Percivalia* Bukry, 1969

Diagnose: Murolitos elípticos bicíclicos com a área central preenchida por uma placa granular. O anel externo é na maioria das vezes fino e o ciclo interno é mais birrefringente que o externo.

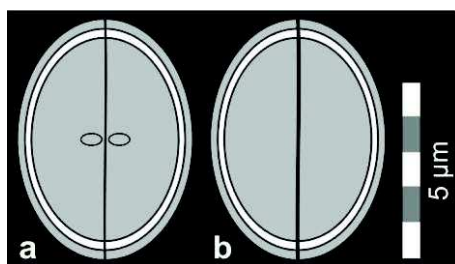


Figura 25 - Diferença entre as espécies do gênero *Percivalia* identificadas. **a)** *P. dunkleyjonesii* e **b)** *P. fenestrata*.

Percivalia dunkleyjonesii Lees, 2007

(Figura 25a; Estampa 5, Figuras 21-24)

2007. *Percivalia? dunkleyjonesii* Lees, p. 43, est. 3, figs. 29-42.

Observações: Exemplos com tamanho médio que diferem das demais espécies do gênero por uma sutura que corta o cocólito no eixo maior da elipse (vista principalmente com o cocólito à 45°) e pela presença de dois pequenos botões dispostos paralelamente ao eixo menor (vistos principalmente com o cocólito à 0°).

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross e *Site* 511).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Turoniano inferior.

Percivalia fenestrata (Worsley, 1971) Wise, 1983

(Figura 25b; Estampa 5, Figuras 25-28)

1971. *Arkangelskiella? fenestrata* Worsley, p. 1305, est. 1, figs. 33-35.

1983. *Percivalia fenestrata* (Worsley) Wise, p. 508, est. 28, fig. 6.

1998. *Percivalia fenestrata* (Worsley) Wise. Burnett *et al.*, est. 6.4, fig. 3.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande caracterizada por uma sutura que corta o cocólito no eixo maior da elipse. Apesar de possuir uma configuração mais simples, em alguns exemplares parece apresentar dois pequenos botões (assim como em *P. dunkleyjonesii*), dispostos paralelamente ao eixo maior.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross e *Site* 511), médias (*Hole* 525A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Berriasiano Inferior - Campaniano superior.

Gênero *Rhagodiscus* Reinhardt, 1967

Diagnose: Gênero composto por placolitos elípticos a reniformes, com a área central preenchida por uma placa granular de composição bem variada apresentando um espinho no centro. A diferença entre as espécies do gênero está basicamente no formato do cocólito, na característica do anel externo (unicíclico ou bicíclico) e na composição da placa central, conforme figura 26. Em MO com nicóis cruzados é muito difícil visualizar os dois ciclos do anel externo, o único a ser visto é o ciclo externo (mais espesso e birrefringente).

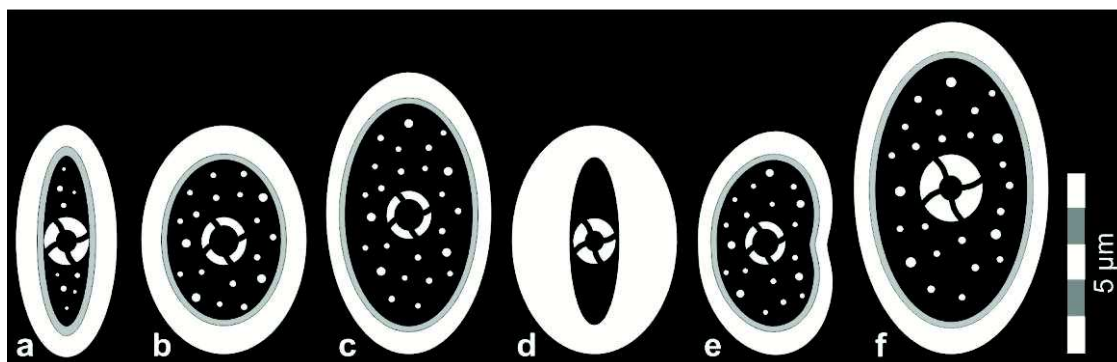


Figura 26 - Diferença entre as espécies do gênero *Rhagodiscus* identificadas. **a)** *R. angustus*; **b)** *R. asper*; **c)** *Rhagodiscus* cf. *R. splendens*; **d)** *R. indistinctus*; **e)** *R. reniformis* e **f)** *R. splendens*.

Rhagodiscus angustus (Stradner, 1963) Reinhardt, 1971

(Figura 26a; Estampa 5, Figuras 29-32)

1963. *Rhabdolithus angustus* Stradner, p. 178, est. 5, fig. 6.

1971. *Rhagodiscus angustus* (Stradner) Reinhardt, p. 23, est. 2, figs. 1-2.

1998. *Rhagodiscus angustus* (Stradner) Reinhardt. Burnett *et al.*, est. 6.4, figs. 12b-c.

Observações: Espécie com tamanho médio e anel externo bicíclico. Difere das demais por possuir um formato oblongo, como se tivesse sido apertada dos dois lados do cocólito. A área central é muito estreita e preenchida por um espinho na maioria das vezes grande o suficiente para dividir a área central do cocólito no meio.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross e *Site* 511), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Aptiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Rhagodiscus asper (Stradner, 1963) Reinhardt, 1971

(Figura 26b; Estampa 5, Figuras 33-36)

1963. *Discolithus asper* Stradner, p. 177, est. 2, fig. 4-5.

1971. *Rhagodiscus asper* (Stradner) Reinhardt, pp. 23-24, est. 2, figs. 4-6; est. 3, figs. 1-6.

1998. *Rhagodiscus asper* (Stradner) Reinhardt. Burnett *et al.*, est. 6.4, fig. 11.

Observações: Possui tamanho médio a grande e anel externo bicíclico, difere das demais pelo formato elíptico e área central bem ampla.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site* 356 e *Hole* 530A) em amostras com retrabalhamento.

Distribuição estratigráfica global: Tithoniano Superior - Cenomaniano superior.

Rhagodiscus cf. R. splendens

(Figura 26c; Estampa 5, Figuras 37-38)

Observações: Este exemplar foi descrito como *Rhagodiscus cf. R. splendens* pois tem todas as características da espécie *R. splendens* porém o espinho central não é tão grande e espesso quanto na espécie relatada.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross).

Rhagodiscus indistinctus Burnett, 1997b

(Figura 26d; Estampa 5, Figuras 39-42)

1997b. *Rhagodiscus indistinctus* Burnett, p. 139, est. 1, fig. 16a-b.

1998. *Rhagodiscus indistinctus* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.4, fig. 19.

Observações: *Rhagodiscus indistinctus* possui tamanho médio a grande e anel externo unicíclico. Difere das demais pelo formato elíptico e pelo anel externo espesso, deixando pouco espaço para a área central, que é preenchida por um espinho.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Rhagodiscus reniformis Perch-Nielsen, 1973

(Figura 26e; Estampa 6, Figuras 1-4)

1973. *Rhagodiscus reniformis* Perch-Nielsen, p. 323, est. 3, figs. 2, 4, 6; est. 10, figs. 45-46.

1998. *Rhagodiscus reniformis* Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.4, fig. 14.

Observações: Espécie de tamanho médio e anel externo bicíclico que é caracterizada principalmente pelo formato reniforme do cocólito.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Ilha James Ross e Site 511*), médias (*Site 356 e Hole 525A*) e baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Rhagodiscus splendens (Deflandre, 1953) Verbeek, 1977

(Figura 26f; Estampa 6, Figuras 5-8)

1953. *Rhabdolithus splendens* Deflandre, p. 1785, figs. 4-6.

1977. *Rhagodiscus splendens* (Deflandre) Verbeek, p. 94, est. 6, fig. 9.

1998. *Rhagodiscus splendens* (Deflandre) Verbeek. Burnett, est. 6.4, fig. 12a, 15.

Observações: Exemplares com tamanho grande e anel externo bicíclico. O tamanho é visivelmente maior que o das demais espécies do gênero, além disso, possui um espinho espesso preenchendo grande parte da área central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511*), médias (*Site 356, Hole 525A*) e baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Aptiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Ordem STEPHANOLITHIALES Bown & Young, 1997

Família STEPHANOLITHIACEAE Black, 1968

Gênero *Corollithion* Stradner, 1961

Diagnose: Gênero composto por uma grande variedade de formas, que tendem a ser hexagonais com anel externo bicíclico. Perch-Nielsen (1985), inclui neste gênero preferencialmente cocólitos com formas hexagonais (como *Corollithion completum*), porém descreve uma pequena forma elipsoidal (*Corollithion madagaskarensis*) como pertencente a este gênero.



Figura 27 - Diferença entre as espécies do gênero *Corollithion* identificadas. **a)** *C. completum*; **b)** *C. madagaskarensis* e **c)** *C. signum*.

Corollithion completum Perch-Nielsen, 1973

(Figura 27a; Estampa 6, Figuras 9-12)

1973. *Corollithion? completum* Perch-Nielsen, p. 310, est. 3, fig. 8.

1998. *Corollithion completum* Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.4, fig. 16c.

Observações: *Corollithion completum* possui tamanho médio e formato hexagonal. O anel externo é bicíclico, sendo o ciclo interno mais birrefringente que o externo. A área central é ampla e coberta por várias placas. Difere das demais pela disposição das placas que preenchem toda a área central.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356 e Hole 525A*) a baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Corollithion madagaskarensis Perch-Nielsen, 1973

(Figura 27b; Estampa 6, Figuras 13-16)

1973. *Corollithion? madagaskarensis* Perch-Nielsen, p. 311, est. 2, figs. 9, 12, 15, 17; est. 10, figs. 6-7.

1998. *Corollithion? madagaskarensis* Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.4, fig. 16b.

Observações: Espécie de tamanho muito pequeno a pequeno e formato elíptico com anel externo bicíclico. O ciclo interno é mais birrefringente que o externo e em MO tem formato semelhante a hexagonal. A área central é preenchida por uma pequena cruz diagonal.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Corollithion signum Stradner, 1963

(Figura 27c; Estampa 6, Figuras 17-20)

1963. *Corollithion signum* Stradner, p. 177, est. 1, fig. 13.

1998. *Corollithion signum* Stradner. Burnett *et al.*, est. 6.4, figs. 17a-b.

Observações: Com tamanho médio e formato hexagonal, *C. signum* difere das demais pela área central ampla com a presença de uma cruz axial que pode ser paralela ao eixo maior ou um pouco inclinada.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Site 511*) a médias (*Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano superior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Cylindralithus* Bramlette & Martini, 1964

Diagnose: Gênero composto por murolitos circulares a levemente elípticos com anel externo bicíclico, sendo os dois ciclos, na maioria das espécies, caracterizados por birrefringência alta a muito alta. A diferença entre as espécies do gênero está na composição da área central (vazia ou preenchida por elementos variados).

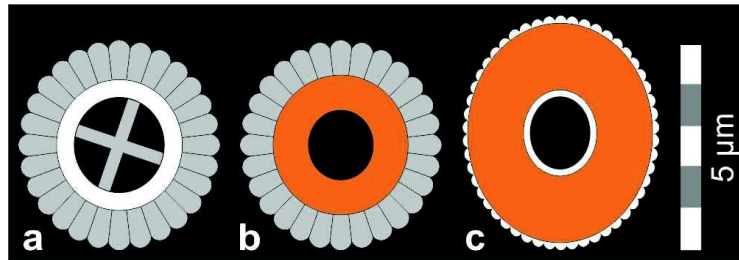


Figura 28 - Diferença entre as espécies do gênero *Cylindralithus* identificadas. **a)** *C. biarcus*, **b)** *C. sculptus* e **c)** *C. serratus*.

Cylindralithus biarcus Bukry, 1969

(Figura 28a; Estampa 6, Figuras 21-24)

1969. *Cylindralithus biarcus* Bukry, p. 42, est. 20, figs. 1-3.

1998. *Cylindralithus biarcus* Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.4, fig. 23.

2005. *Rotelapillus biarcus* (Bukry) Lees & Bown, p. 17, est. 3, figs. 1-6.

Observações: *Cylindralithus biarcus* possui tamanho médio, formato arredondado e anel externo bicíclico. O ciclo interno é menor, porém mais birrefringente que o ciclo externo, que é serrilhado. Difere das demais por possuir uma área central ampla com a presença de duas barras formando uma cruz diagonal. Lees & Bown (2005) relacionaram esta espécie ao gênero *Rotelapillus*, porém uma reanálise voltou a colocá-la no gênero *Cylindralithus*.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511* e *Hole 700B*), médias (*Site 355*, *Site 356*, *Site 358*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano superior - Maastrichtiano superior.

Cylindralithus sculptus Bukry, 1969

(Figura 28b; Estampa 6, Figuras 25-28)

1969. *Cylindralithus sculptus* Bukry, p. 43, est. 20, figs. 9-10.

1998. *Cylindralithus sculptus* Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.4, figs. 26-28.

Observações: Espécie de tamanho pequeno a médio e formato arredondado com a área central vazia. Difere das demais espécies do gênero por possuir um anel externo espesso composto por dois ciclos de mesmo tamanho, sendo que geralmente o ciclo interno é mais birrefringente e o externo é serrilhado.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 700B*) a médias (*Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Cylindralithus serratus Bramlette & Martini, 1964

(Figura 28c; Estampa 6, Figuras 29-32)

1964. *Cylindralithus serratus* Bramlette & Martini, p. 310, est. 5, figs. 18-20.

1998. *Cylindralithus serratus* Bramlette & Martini. Burnett *et al.*, est. 6.4, fig. 30.

Observações: Possui tamanho pequeno a médio e formato arredondado a levemente elíptico, com a área central vazia. Em MO, os dois ciclos que compõem o anel externo possuem birrefringência muito alta, porém o interno é mais birrefringente. Em exemplares bem preservados é possível visualizar a característica serrilhada do ciclo externo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 700B*), médias (*Site 355*, *Site 356*, *Site 358*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Perchnielsenella* Watkins em Watkins & Bowdler, 1984

Diagnose: Gênero composto por murólito circular com anel externo unicíclico caracterizado por birrefringência muito alta.

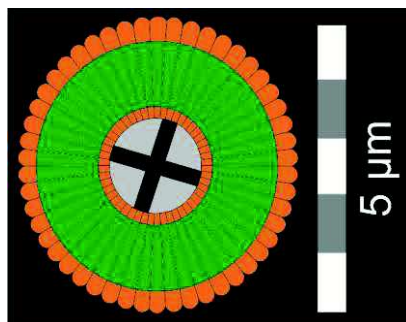


Figura 29 - Características principais de *Perchnielsenella stradneri*.

Perchnielsenella stradneri (Perch-Nielsen, 1973) Watkins em Watkins & Bowdler,
1984

(Figura 29; Estampa 6, Figuras 33-36)

1973. *Lithastrinus? stradneri* Perch-Nielsen, p. 317, est. 5, figs. 7-8; est. 10, figs. 23-24.

1977. *Cylindralithus stradneri* (Perch-Nielsen) Romein, p. 276, est. 2, figs. 6a-c.

1984. *Perchnielsenella stradneri* (Perch-Nielsen) Watkins em Watkins & Bowdler, pp. 664-665, est. 5, figs. 5-6; est. 6, figs. 1-9; est 7, figs. 1-2, 4.

Observações: *Perchnielsenella stradneri* possui tamanho médio, formato arredondado e anel externo unicíclico bastante espesso. A característica mais marcante desta espécie é a alta birrefringência do anel externo, variando entre as cores laranja e verde. A área central é pequena e parece possuir uma cruz.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Rhombolithion* Black, 1973

Diagnose: Gênero composto por cocólitos de forma romboedral com área central cortada por barras transversais e longitudinais. A principal diferença entre as espécies deste gênero está na característica das barras centrais.

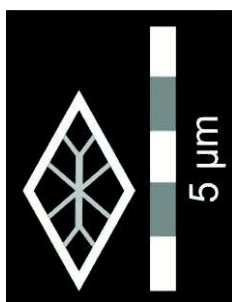


Figura 30 - Características principais de *Rhombolithion rhombicum*.

Rhombolithion rhombicum (Stradner & Adamiker, 1966) Black, 1973

(Figura 30; Estampa 6, Figuras 37-40)

1966. *Zygoolithus rhombicus* Stradner & Adamiker, p. 339, est. 2, fig. 1.

1973. *Rhombolithion rhombicum* (Stradner & Adamiker, 1966) Black, p. 97, est. 30, figs. 2-4.

1973. *Rhombolithion rhombicum* (Stradner & Adamiker, 1966) Black. Burnett *et al.*, est. 6.4, fig. 18b.

Observações: *Rhombolithion rhombicum* possui tamanho pequeno e o clássico formato romboedral apresentado por todas as espécies do gênero. Esta espécie apresenta oito barras transversais que se encontram numa barra longitudinal no centro do cocólito. Em MO as barras centrais são pouco birrefringentes e difíceis de visualizar.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*), médias (*Hole 525A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Hauteriviano Inferior - Maastrichtiano superior.

Ordem PODORHABDALES Rood *et al.*, 1971 emend. Bown, 1987

Família AXOPODORHABDACEAE Bown & Young, 1997

Gênero *Cribrosphaerella* Deflandre em Piveteau, 1952

Diagnose: Gênero composto por placólitos elípticos com área central preenchida por uma rede multiperfurada. As espécies diferenciam-se pelo tamanho e pelas características da área central, conforme figura 31.

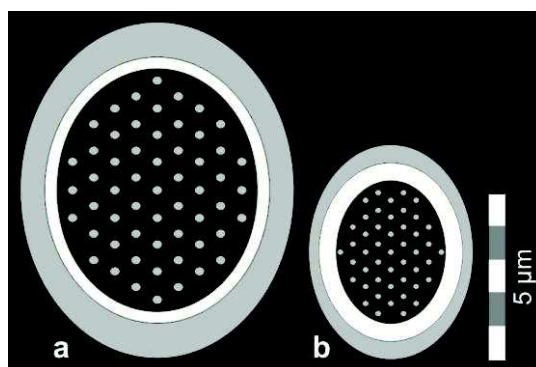


Figura 31 - Diferença entre as espécies do gênero *Cribrosphaerella* identificadas. **a)** *C. daniae* e **b)** *C. ehrenbergii*.

Cribrosphaerella daniae Perch-Nielsen, 1973

(Figura 31a; Estampa 6, Figuras 41-42; Estampa 7, Figuras 1-2)

1973. *Cribrosphaerella? daniae* Perch-Nielsen, p. 313-314, est. 1, figs. 1-2; est. 10, figs. 43-44.

1998. *Cribrosphaerella daniae* Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.5, fig. 9.

Observações: Espécie caracterizada pelo tamanho grande a muito grande e anel externo bicíclico onde o ciclo interno é mais birrefringente que o externo. A área central é ampla e preenchida por uma placa granular e perfurada.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A, Hole 690C e Hole 700B*) a médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano superior.

Cribrosphaerella ehrenbergii (Arkhangelsky, 1912) Deflandre em Piveteau, 1952

(Figura 31b; Estampa 7, Figuras 3-6)

1912. *Cribrosphaera ehrenbergii* Arkhangelsky, p. 412, est. 6, figs. 19-20.

1952. *Cribrosphaerella ehrenbergii* (Arkhangelsky) Deflandre em Piveteau, p. 111, fig. 54.

1998. *Cribrosphaerella ehrenbergii* (Arkhangelsky) Deflandre em Piveteau. Burnett, est. 6.5, figs. 3-6.

Observações: Possui tamanho médio a grande e anel externo bicíclico, onde os dois ciclos possuem praticamente a mesma espessura, porém o interno é mais birrefringente. Difere de *C. daniae* principalmente por causa do tamanho menor e da área central menos ampla.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 355, Site 356, Site 358, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano médio - Maastrichtiano superior.

Gênero *Cribrocorona* Perch-Nielsen, 1973

Diagnose: Placólitos elípticos a subarredondados com área central preenchida por uma grelha, raramente visível em MO.



Figura 3.32 - Características principais de *Cribrocorona gallica*.

Cribrocorona gallica (Stradner, 1963) Perch-Nielsen, 1973

(Figura 32; Estampa 7, Figuras 7-10)

1963. *Coccolithus gallicus* Stradner, pp. 176-177, est.1, fig. 8.

1973. *Cribrocorona gallica* (Stradner) Perch-Nielsen, pp. 312-313, est.4, figs. 1-4; est. 10, figs. 25-28.

1998. *Cribrocorona gallica* (Stradner) Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.5, figs. 14a-b.

Observações: *Cribrocorona gallica* possui tamanho médio e é caracterizada por anel externo bicíclico com birrefringência muito alta. O ciclo externo normalmente é mais birrefringente, mais espesso e composto por diversos elementos imbricados. A área central, em MO, aparece escura como se fosse vazia, embora a descrição de MEV indique a presença de uma grelha.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356, Site 358, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Nephrolithus* Górká, 1957

Diagnose: Este gênero é composto por placólitos com anel externo fino e na maioria das vezes com formato reniforme. A área central é preenchida por uma placa granular com composição bem variada. A diferença entre as espécies do gênero está no tamanho do cocólito e na composição da placa central que por vezes possui um espinho central, conforme figura 33.

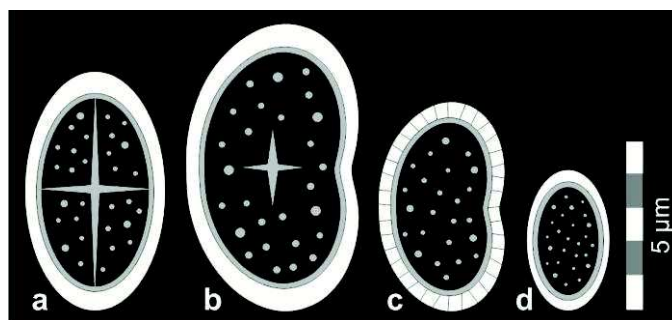


Figura 33 - Diferença entre as espécies do gênero *Nephrolithus* identificadas. **a)** *Nephrolithus* cf. *N. corystus*; **b)** *N. corystus*; **c)** *N. frequens* e **d)** *Nephrolithus* sp.

Nephrolithus cf. *N. corystus*

(Figura 33a; Estampa 7, Figuras 11-14)

Observações: Exemplos elípticos preenchidos por uma placa granular. No centro do cocólito há uma cruz axial paralela aos eixos principais da elipse.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole* 327A, *Site* 511 e *Hole* 690C).

Nephrolithus corystus Wind, 1983

(Figura 33b; Estampa 7, Figuras 15-18)

1983. *Nephrolithus corystus* Wind, p. 160, est. 3, figs. c-g.

1998. *Nephrolithus corystus* Wind. Burnett *et al.*, est. 6.5, fig. 11.

Observações: *Nephrolithus corystus* possui tamanho médio a grande e diferencia das demais pela presença de um espinho na área central.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B) a médias (*Site* 356 e *Hole* 525A).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano superior.

Nephrolithus frequens Górká, 1957

(Figura 33c; Estampa 7, Figuras 19-22)

1957. *Nephrolithus frequens* Górká, pp. 282, est. 5, fig. 7.

1998. *Nephrolithus frequens* Górká. Burnett *et al.*, est. 6.5, figs. 12a-b, 13c-d.

Observações: Espécie de tamanho pequeno a médio e formato reniforme bem marcado. A área central é bem ampla e preenchida por uma placa granular. Pode ser confundida com *N. corystus*, porém a última possui um espinho no centro do cocólito e tende a ser mais birrefringente.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 356* e *Hole 525A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano superior.

Nephrolithus sp.

(Figura 33d; Estampa 7, Figuras 23-26)

Observações: Estes exemplares se assemelham a *N. frequens*, porém possuem um formato ovalado e não a forma reniforme clássica da espécie citada anteriormente.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511* e *Hole 690C*).

Gênero *Octocyclus* Black, 1972

Diagnose: Gênero composto por placólitos elípticos com anel externo bicíclico e a presença de barras na área central. Há uma barra paralela ao eixo maior com a presença de três barras anexadas em cada lado, conforme figura 34.

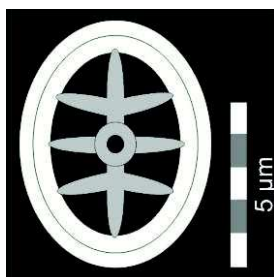


Figura 34 - Características principais de *Octocyclus magnus*.

Octocyclus magnus Black, 1972

(Figura 34; Estampa 7, Figuras 27-30)

1972. *Octocyclus magnus* Black, p. 38, est. 8, figs. 1-5; est. 9, figs. 6-9.

1990a. *Octocyclus magnus* Black. Pospichal & Wise, est. 8, figs. 3a-b.

1998. *Octocyclus magnus* Black. Bown *et al.*, est. 5.10, figs. 13-14.

Observações: O tamanho desta espécie varia entre médio a muito grande e o anel externo normalmente é mais birrefringente do que as barras presentes na área central. A conformação das barras forma oito perfurações claramente visualizadas em MO.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511 e Hole 690C*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Psyktosphaera* Pospichal & Wise, 1990a

Diagnose: Este gênero é composto por uma única espécie de placolito elíptico a sub-retangular com anel externo bicíclico e área central preenchida por uma placa granular. O ciclo interno tende a ser maior que o externo, ambos com birrefringência média a baixa.

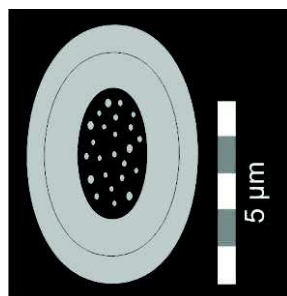


Figura 35 - Características principais de *Psyktosphaera firthii*.

Psyktosphaera firthii Pospichal & Wise, 1990a

(Figura 3.35; Estampa 7, Figuras 31-34)

1990a. *Psyktosphaera firthii* Pospichal & Wise, pp. 474-475, est. 5, figs. 1a-d.

1998. *Psyktosphaera firthii* Pospichal & Wise. Burnett *et al.*, est. 6.5, figs. 7-8.

Observações: Bown & Young (1997) questionaram se este gênero não seria uma sinonímia do gênero *Cribrosphaerella*. Apesar da verdadeira semelhança num primeiro olhar, o padrão dos ciclos do anel externo é diferente entre estes gêneros. Neste gênero os dois ciclos possuem a mesma birrefringência média a baixa, enquanto no gênero

Cribrosphaerella a birrefringência do ciclo interno é alta enquanto a do ciclo externo é média a baixa.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A e Hole 690C*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano inferior - superior (Pospichal & Wise, 1990).

Gênero *Teichorhabdus* Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Diagnose: Placolito elíptico com anel externo bicíclico. A área central é preenchida por placa granular e apresenta um grande espinho oco no centro.

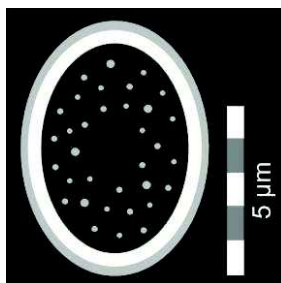


Figura 36 - Características principais de *Teichorhabdus ethmos*.

Teichorhabdus ethmos Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 36; Estampa 7, Figuras 35-38)

1977. *Teichorhabdus ethmos* Wind & Wise em Wise & Wind, pp. 306-307, est. 44, fig. 6.

1990a. *Teichorhabdus ethmos* Wind & Wise em Wise & Wind. Pospichal & Wise, est. 9, figs. 1a-b.

Observações: Possui tamanho variando entre grande a muito grande. Em MO o ciclo interno é maior e mais birrefringente do que o ciclo externo e é possível individualizar um grande círculo negro no centro do cocólito que representa o espinho oco.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*) a médias (*Hole 525A e Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano inferior - superior.

Gênero *Tetrapodorhabdus* Black, 1971a

Diagnose: Gênero composto por placolito elíptico com anel externo bicíclico e a presença de uma cruz diagonal com um espinho oco.

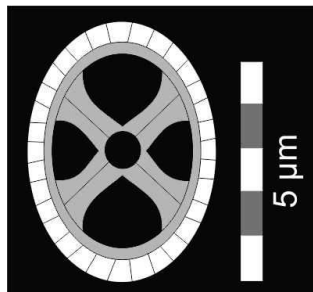


Figura 37 - Características principais de *Tetrapodorhabdus decorus*.

Tetrapodorhabdus decorus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Wind & Wise em
Wise & Wind, 1977

(Figura 37; Estampa 7, Figuras 39-42)

1954. *Rhabdolithus decorus* Deflandre em Deflandre & Fert, p. 159, est. 13, figs. 4-6.

1977. *Tetrapodorhabdus decorus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Wind & Wise em
Wise & Wind, p. 307, est. 59, figs. 3-6.

1998. *Tetrapodorhabdus decorus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Wind & Wise em
Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.5, figs. 15a-b, 20.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande, o ciclo externo é mais birrefringente do que o interno e a cruz central nem sempre é fácil de visualizar em MO. Muitas vezes esta espécie é identificada em vista lateral, conforme estampa 7, figuras 41-42.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site* 511), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Família BISCUTACEAE Black, 1971a

Gênero *Biscutum* Black em Black & Barnes, 1959

Diagnose: Este gênero é composto por placolitos basicamente elípticos com anel externo largo, com ou sem a presença de um marcante ciclo caracterizado pelo tubo interno. A área central pode ser preenchida, reduzida ou vazia e é uma das

características diagnósticas das espécies, assim como o tamanho do cocólito, conforme figura 3.38.

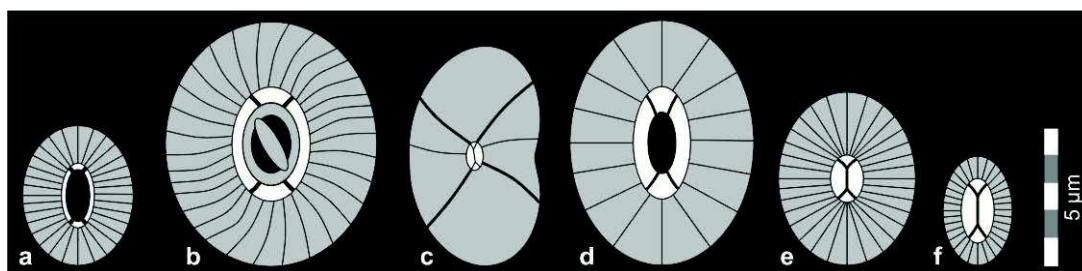


Figura 3.38 - Diferença entre as espécies do gênero *Biscutum* identificadas. **a)** *B. constans*; **b)** *B. coronum*; **c)** *B. dissimilis*; **d)** *B. magnum*; **e)** *B. melaniae*; e **f)** *B. notaculum*.

Biscutum constans (Górka, 1957) Black em Black & Barnes, 1959

(Figura 38a; Estampa 8, Figuras 1-4)

1957. *Discolithus constans* Górka, pp. 257, 279, est. 4, fig. 7.

1959. *Biscutum testudinarium* (Górka) Black em Black & Barnes, p. 325-326, est. 10, fig. 1.

1967. *Biscutum constans* (Górka) Black em Black & Barnes. Black, pp. 139-140.

2005. *Biscutum constans* (Górka) Black em Black & Barnes. Bown, est. 6, figs. 37-38.

Observações: *Biscutum constans* é caracterizada principalmente pelo tamanho pequeno a médio, o anel externo espesso e a área central vazia. O ciclo do tubo interno é bem estreito e de birrefringência alta.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Bathoniano Inferior - Maastrichtiano superior.

Biscutum coronum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 38b; Estampa 8, Figuras 5-10)

1977. *Biscutum coronum* Wind & Wise em Wise & Wind, pp. 297-298, est. 24, figs. 10-12.

1998. *Biscutum coronum* Wind & Wise em Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.6, figs. 1-2, 20.

Observações: As características principais que distinguem essa espécie de outras do gênero são a composição do anel externo (composto por elementos curvados), o ciclo do tubo interno com birrefringência alta e a presença de elementos que preenchem a área central. Essa espécie pode ser confundida com *B. magnum*, porém a primeira possui elementos do anel externo mais estreitos e curvados, além da presença de elementos na área central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 356 e Hole 530A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano médio - Maastrichtiano inferior.

Biscutum dissimilis Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 38c; Estampa 8, Figuras 11-14)

1977. *Biscutum dissimilis* Wind & Wise em Wise & Wind, p. 298, est. 23, figs. 1-5; est. 24, figs. 3-6.

1998. *Biscutum dissimilis* Wind & Wise em Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.5, figs. 26-27.

Observações: Esta espécie difere das demais pelo formato elíptico a levemente reniforme com anel externo muito espesso e composto por poucos elementos. A área central é muito pequena e praticamente toda preenchida pelo ciclo do tubo interno.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Ilha James Ross, Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano inferior.

Biscutum magnum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 38d; Estampa 8, Figura 15-18)

1977. *Biscutum magnum* Wind & Wise em Wise & Wind, p. 298, est. 20, figs. 4-6; est. 21, fig. 2; est. 24, figs. 1-2; est. 30, fig. 1; est. 50, fig. 1.

1998. *Biscutum magnum* Wind & Wise em Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.5, figs. 28-30a.

Observações: *Biscutum magnum* possui como característica principal o tamanho médio a grande e a área central na maioria das vezes bem ampla e aberta. O centro do cocólito,

composto pelo tubo interno, é de birrefringência alta e na maioria das vezes estreito, porém em alguns exemplares o ciclo praticamente fecha a área central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356 e *Hole* 525A) e baixas (*Site* 354).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano médio - Maastrichtiano superior.

Biscutum melaniae (Górka, 1957) Burnett, 1997a

(Figura 38e; Estampa 8, Figuras 19-22)

1957. *Tremalithus melaniae* Górka, p. 245, est. 1, fig. 12.

1997a. *Biscutum melaniae* (Górka) Burnett, p. 134.

1998. *Biscutum melaniae* (Górka) Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.6, figs. 3-4.

Observações: Exemplares elípticos com área central pequena a média e praticamente fechada pelo ciclo do tubo interno de birrefringência alta.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B) a médias (*Site* 356 e *Hole* 530A).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Thanetiano (Paleoceno Superior)

Biscutum notaculum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 38f; Estampa 8, Figuras 23-26)

1977. *Biscutum notaculum* Wind & Wise em Wise & Wind, p. 298, est. 26, fig. 4; est. 30, fig. 1b.

1998. *Biscutum notaculum* Wind & Wise em Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.5, figs. 24a-c.

Observações: Espécie caracterizada pelo tamanho pequeno e a presença do anel externo (pouco birrefringente) e do ciclo do tubo interno (de birrefringência alta) com tamanhos quase iguais.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356 e *Hole* 525A) e baixas (*Site* 354 e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Boletuvelum* Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Diagnose: Placolito com uma pequena base que suporta um massivo e oco espinho que tende a se alargar à medida que se afasta da base, constituindo uma forma de abóbada.

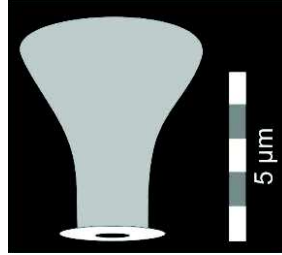


Figura 39 - Características principais de *Boletuvelum candens*.

Boletuvelum candens Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 39; Estampa 8, Figuras 27-30)

1977. *Boletuvelum candens* Wind & Wise em Wise & Wind, p. 299, est. 21, fig. 6; est. 22, figs. 1-7.

Observações: Em MO a base do cocólito possui birrefringência alta enquanto o espinho é caracterizado pela birrefringência muito baixa.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A* e *Site 511*).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Crucibiscutum* Jakubowski, 1986

Diagnose: Gênero composto por placolitos semelhantes às espécies do gênero *Biscutum*, porém com a presença de uma cruz axial na área central.

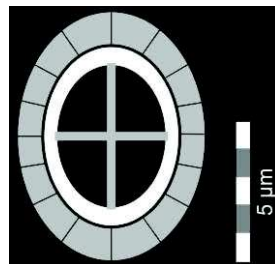


Figura 40 - Características principais de *Crucibiscutum* sp.

Crucibiscutum sp.

(Figura 40; Estampa 8, Figuras 31-32)

Observações: Exemplos de tamanho médio com as características do gênero *Crucibiscutum*. A má preservação no material estudado, não permitiu a identificação em nível de espécie.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole* 690C).

Gênero *Discorhabdus* Noël, 1965

Diagnose: Gênero composto por placolitos pequenos e circulares com a presença de anel externo bem espesso. A área central é estreita e pode ter a presença de um espinho.

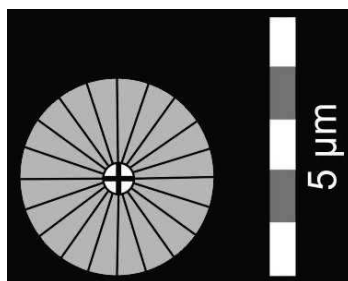


Figura 41 - Características principais de *Discorhabdus ignotus*.

Discorhabdus ignotus (Górka, 1957) Perch-Nielsen, 1968

(Figura 41; Estampa 8, Figuras 33-36)

1957. *Tremalithus ignotus* Górka, p. 272, est. 2, fig. 9.

1968. *Discorhabdus ignotus* (Górka) Perch-Nielsen, pp. 81-82, est. 28, figs. 6-9.

1998. *Discorhabdus ignotus* (Górka) Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.6, fig. 6a.

Observações: Os exemplares desta espécie são de tamanho pequeno, bem arredondados e possuem um amplo e pouco birrefringente anel externo envolvendo uma área central muito estreita mas de birrefringência alta.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross, *Site* 511) a médias (*Hole* 530A).

Distribuição estratigráfica global: Oxfordiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Gephyrobiscutum* Wise, 1988

Diagnose: Este gênero é composto por uma única espécie de placolito elíptico, com anel externo bicíclico e área central com presença de uma barra transversal.



Figura 42 - Características principais de *Gephyrobiscutum diabolium*.

Gephyrobiscutum diabolium Wise, 1988

(Figura 42; Estampa 8, Figuras 38-40)

1988. *Gephyrobiscutum diabolium* Wise, p. 172, est. 1, figs. 1-6; est. 2, figs. 1-5.

1998. *Gephyrobiscutum diabolium* Wise. Burnett, est. 6.5, figs. 21d-f.

Observações: *Gephyrobiscutum diabolium* é caracterizada pelo tamanho pequeno a muito pequeno. O anel externo é pouco birrefringente e a área central possui a presença de uma pequena barra transversal de birrefringência alta.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross e Site 511).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - superior.

Gênero *Seribiscutum* Filewicz *et al.*, em Wise & Wind, 1977

Diagnose: Placolitos elípticos com anel externo bicíclico e a presença de placas preenchendo parte da área central.

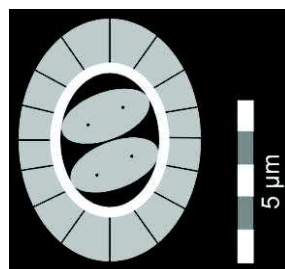


Figura 43 - Características principais de *Seribiscutum primitivum*.

Seribiscutum primitivum (Thierstein, 1974) Filewicz *et al.* em Wise & Wind, 1977

(Figura 43; Estampa 8, Figuras 41-42; Estampa 9, Figuras 1-2)

1974. *Cribrosphaerella primitiva* Thierstein, p. 637, est. 1, figs. 1-3.

1977. *Seribiscutum primitivum* (Thierstein) Filewicz *et al.* em Wise & Wind, p. 311, est. 66, figs. 4-6; est. 67, figs. 1-4.

1998. *Seribiscutum primitivum* (Thierstein) Filewicz *et al.* em Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.6, fig. 9.

Observações: Em MO a característica que chama mais a atenção é a presença de duas barras na área central com dois pontos em cada uma delas (veja estampa 8, figuras 41-42 e estampa 9, figuras 1-2), porém análises em MEV mostram que se trata de quatro placas divididas por suturas em "zig-zag". O anel externo é bicíclico e caracterizado pelo ciclo distal mais espesso e de birrefringência baixa, enquanto o ciclo interno é mais estreito e mais birrefringente.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross e Site 511).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Campaniano superior.

Família PREDISOSPHERACEAE Rood *et al.*, 1971

Gênero *Petrarhabdus* (Deflandre, 1959) Wind & Wise em Wise, 1983

Diagnose: Gênero composto por placolitos com a presença de espinhos tão massivos que na maioria das vezes cobrem toda a área proximal, como na figura 3.44a.

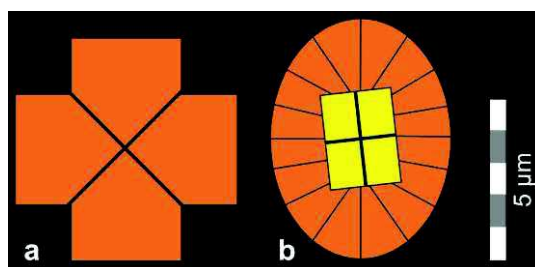


Figura 44 - Diferença entre as espécies do gênero *Petrarhabdus* identificadas.

Petrarhabdus copulatus (Deflandre, 1959) Wise & Wind em Wise, 1983

(Figura 44a; Estampa 9, Figuras 3-6)

1959. *Tetralithus copulatus* Deflandre, p. 138, est. 3, figs. 19-24

1975. *Tetralithus copulatus* Deflandre. Wind pp. 265-268, est. 1, figs. a-p

1983. *Petrarhabdus copulatus* (Deflandre) Wise & Wind em Wise, p. 508, est. 13, fig. 6.

1998. *Petrarhabdus copulatus* (Deflandre) Wise & Wind em Wise. Burnett *et al.*, est. 6.6, figs. 11-12, 16, 18.

Observações: Este cocólito apresenta um espinho tão massivo que na maioria das vezes não é possível visualizar a sua base, o que se pode identificar é somente o espinho de birrefringência muito alta e formato cruciforme.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 690C), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Petrarhabdus vietus Burnett, 1997b

(Figura 44b; Estampa 9, Figuras 7-10)

1997b. *Petrarhabdus vietus* Burnett, pp. 137-138, est. 2, figs. 9-10.

1998. *Petrarhabdus vietus* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.6, fig. 13.

Observações: Neste exemplar o espinho não é tão massivo quanto em *P. copulatus*.

A base do cocólito é elíptica e de birrefringência muito alta, assim como o espinho que tende a ser quadrado a retangular.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site* 356 e *Hole* 525A).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Prediscosphaera* Vekshina, 1959

Diagnose: Este gênero é composto por placolitos elípticos a arredondados com a área central preenchida por um espinho que, visto em planta, pode formar uma cruz axial (+) ou diagonal (X). Estes placolitos possuem dois escudos usualmente compostos por 16 elementos em cada, característica que em MO só pode ser comprovada em exemplares bem preservados. A diferença entre as espécies deste gênero está principalmente na orientação da cruz central, no formato e no tamanho do cocólito, conforme figura 45.

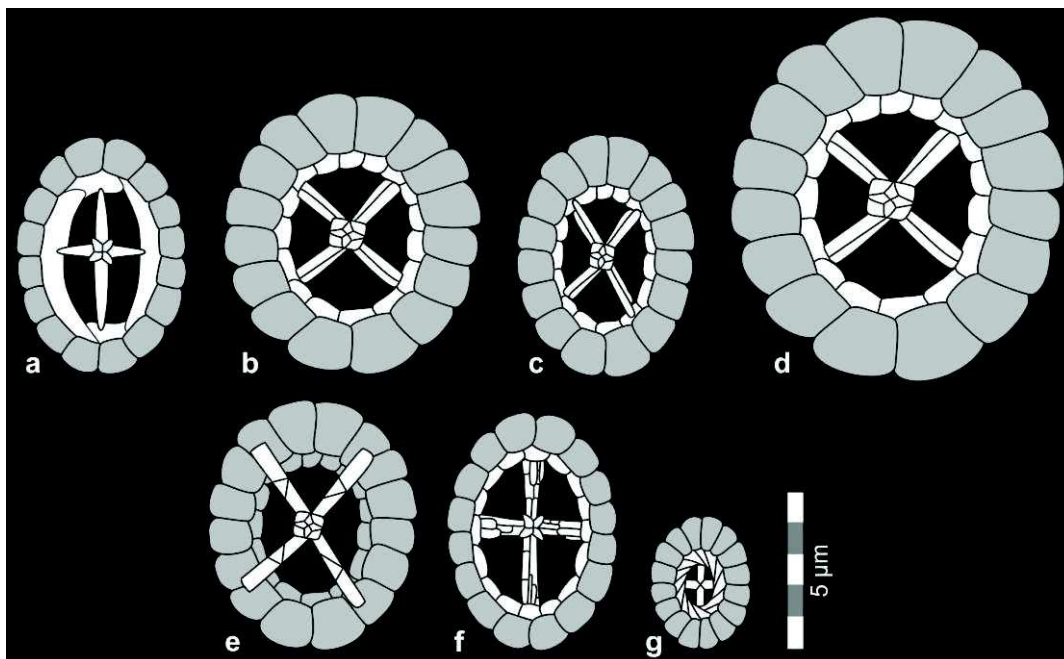


Figura 45 - Diferença entre as espécies do gênero *Prediscosphaera* identificadas. **a)** *P. arkhangelskyi*; **b)** *Prediscosphaera* cf. *P. grandis*; **c)** *P. cretacea*; **d)** *P. grandis*; **e)** *P. majungae*, **f)** *P. spinosa* e **g)** *P. stoveri*.

Prediscosphaera arkhangelskyi (Reinhardt, 1965) Perch-Nielsen, 1984

(Figura 45a; Estampa 9, Figuras 11-14)

1965. *Eiffellithus cretaceous arkhangelskyi* Reinhardt, pp. 35-36, est. 2, fig. 1.

1984. *Prediscosphaera arkhangelskyi* (Reinhardt) Perch-Nielsen, p. 43.

1998. *Prediscosphaera arkhangelskyi* (Reinhardt) Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.6, figs. 27-28.

Observações: Pertence ao grupo de *Prediscosphaera* que possui a estrutura central configurada em uma cruz axial (+). *P. arkhangelskyi* possui tamanho médio a grande e difere das demais principalmente pelo ciclo interno, que ocupa boa parte da área central e possui birrefringência alta.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Prediscosphaera cf. *P. grandis*

(Figura 45b; Estampa 9, Figuras 15-18)

Observações: Os exemplares classificados como *Prediscosphaera* cf. *P. grandis* englobam aqueles que possuem as características principais de *P. grandis*, porém não possuem o tamanho suficiente para serem classificados dessa forma (veja observações da espécie *P. grandis*).

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A e *Site* 511).

Prediscosphaera cretacea (Arkhangelsky, 1912) Gartner, 1968

(Figura 45c; Estampa 9, Figuras 19-22)

1912. *Coccolithophora cretacea* Arkhangelsky, p. 410, est. 6, figs. 12-13.

1968. *Prediscosphaera cretacea* (Arkhangelsky) Gartner, pp. 19-20, est. 2, figs. 10-14; est. 3, fig. 8; est. 4, figs. 19-24; est. 6, figs. 14-15; est. 9, figs. 1-4; est. 12, fig. 1; est. 14, fig. 20-22; est. 18, fig. 8; est. 22, figs. 1-3; est. 23, figs. 4-6; est. 25, figs. 12-14; est. 26, fig. 2.

1998. *Prediscosphaera cretacea* (Arkhangelsky) Gartner. Burnett *et al.*, est. 6.6, figs. 22a-b.

Observações: Exemplares elípticos de tamanho médio a grande e presença de uma cruz diagonal (X) na área central. Dentre as espécies do gênero com cruz diagonal, *P. grandis* difere pelo formato arredondado e tamanho maior do cocólito; e *P. majungae* pela cruz diagonal que se sobrepõem o ciclo externo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Site* 358, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Albiano superior - Maastrichtiano superior.

Prediscosphaera grandis Perch-Nielsen, 1979a

(Figura 45d; Estampa 9, Figuras 23-26)

1979a. *Prediscosphaera grandis* Perch-Nielsen, p. 267, est. 2, fig. 8.

1998. *Prediscosphaera grandis* Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.6, fig. 21.

Observações: *P. grandis* difere das demais pelo tamanho que varia de grande a muito grande. Segundo Perch-Nielsen (1979a), *P. grandis* normalmente tem tamanho maior que 10 μ m. *P. cretacea* difere pelo tamanho um pouco menor e pelo formato elíptico.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Prediscosphaera majungae Perch-Nielsen, 1973

(Figura 45e; Estampa 9, Figuras 27-30)

1973. *Prediscosphaera majungae* Perch-Nielsen, pp. 321-322, est. 8, figs. 1-6; est. 10, figs. 37-38.

1998. *Prediscosphaera majungae* Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.6, figs. 20, 25.

Observações: Esta espécie é caracterizada pela cruz diagonal que sobrepõem o ciclo externo.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site* 356 e *Hole* 530A) a baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Prediscosphaera spinosa (Bramlette & Martini, 1964) Gartner, 1968

(Figura 45f; Estampa 9, Figuras 31-34)

1964. *Deflandrius spinosus* Bramlette & Martini, p. 301, est. 2, figs. 17-20.

1968. *Prediscosphaera spinosa* (Bramlette & Martini) Gartner, pp. 20-21, est. 1, figs. 15-16; est. 3, figs. 9-10; est. 5, figs. 7-9; est. 6, fig. 16; est. 11, fig. 17.

1998. *Prediscosphaera spinosa* (Bramlette & Martini) Gartner. Burnett *et al.*, est. 6.6, figs. 30a-b.

Observações: Exemplos elípticos de tamanho médio a grande com área central preenchida por uma cruz axial (+). *P. arkhangel'skyi* difere pelo ciclo interno ser mais espesso, ocupando boa parte da área central do cocólito; e *P. stoveri* difere principalmente pelo tamanho que varia de muito pequeno a pequeno.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Aptiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Prediscosphaera stoveri (Perch-Nielsen, 1968) Shafik & Stradner, 1971

(Figura 45g; Estampa 9, Figuras 35-38)

1968. *Deflandrius stoveri* Perch-Nielsen, pp. 66-67, est. 16, figs. 11-13.

1971. *Prediscosphaera stoveri* (Perch-Nielsen) Shafik & Stradner, p. 88, est. 22, fig. 1.

1998. *Prediscosphaera stoveri* (Perch-Nielsen) Shafik & Stradner. Burnett *et al.*, est. 6.6, figs. 31a-b.

Observações: *Prediscosphaera stoveri* possui tamanho pequeno a muito pequeno e área central preenchida por uma cruz axial. A diferença para as demais espécies do gênero está principalmente no tamanho do cocólito.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano superior.

Família CRETARHABDACEAE Thierstein, 1973

Gênero *Cretarhabdus* Bramlette & Martini, 1964

Diagnose: Gênero composto por placólitos elípticos de tamanho grande a muito grande com a área central preenchida por uma rede perfurada e uma cruz axial. A diferença entre as espécies deste gênero está principalmente na presença ou ausência de uma cruz axial maciça no centro do cocólito.

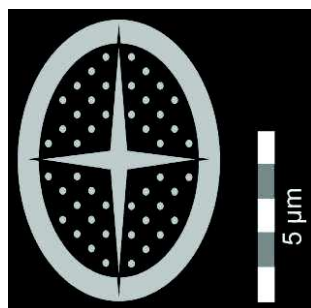


Figura 46 - Características principais de *Cretarhabdus conicus*.

Cretarhabdus conicus Bramlette & Martini, 1964

(Figura 46; Estampa 9, Figuras 39-42)

1964. *Cretarhabdus conicus* Bramlette & Martini, p. 299, est. 3, figs. 5-8.

1998. *Cretarhabdus conicus* Bramlette & Martini. Burnett *et al.*, est. 6.7, figs. 1-2.

Observações: A principal característica desta espécie é a área central totalmente preenchida por uma espécie de rede perfurada e a presença de uma cruz axial bem marcada, que na maioria das vezes se sobrepõem ao anel externo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 356*, *Site 358*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Kimmeridgiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Flabellites* Thierstein, 1973

Diagnose: Placolito elíptico com anel externo bicíclico e a presença de duas barras formando uma cruz diagonal na área central.

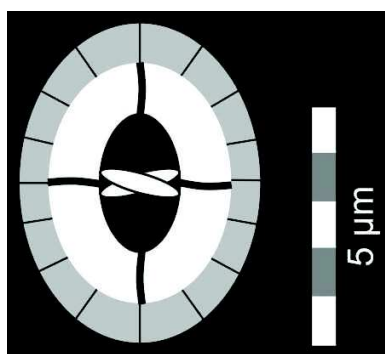


Figura 47 - Características principais de *Flabellites oblongus*.

Flabellites oblongus (Bukry, 1969) Crux em Crux *et al.*, 1982

(Figura 47; Estampa 10, Figuras 1-2)

1969. *Watznaueria oblonga* Bukry, p. 33, est. 11, figs. 8-10.

1982. *Flabellites oblonga* (Bukry) Crux em Crux *et al.*, p. 98.

1998. *Flabellites oblongus* (Bukry) Crux em Crux *et al.* Burnett *et al.*, est. 6.7, figs. 11-12.

Observações: Espécie de tamanho médio com ciclo interno mais espesso e mais birrefringente que o ciclo externo. Em MO a platina deve ser girada para se perceber a presença dos dois elementos que compõem a cruz diagonal.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Barremiano Superior - Coniaciano superior.

Gênero *Grantarhabdus* Black, 1971a

Diagnose: Gênero composto por placolitos com anel externo unicíclico e presença de uma cruz diagonal na área central.

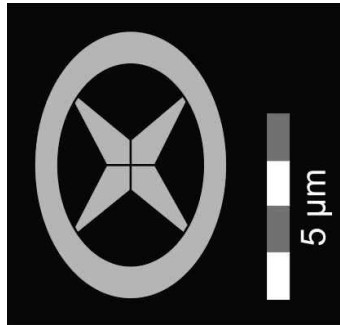


Figura 48 - Características principais de *Grantarhabdus coronadvensis*.

Grantarhabdus coronadvensis (Reinhardt, 1966a) Grün em Grün & Allemann, 1975

(Figura 48; Estampa 10, Figuras 3-6)

1966a. *Cretarhabdus coronadvensis* Reinhardt, p. 26, est. 23, figs. 29-30.

1975. *Grantarhabdus coronadvensis* (Reinhardt) Grün em Grün & Allemann, p. 184.

1998. *Grantarhabdus coronadvensis* (Reinhardt) Grün em Grün & Allemann. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 15.

Observações: *Grantarhabdus coronadvensis* possui tamanho médio a grande e é caracterizado pelo anel externo unicíclico e a presença de uma cruz diagonal na área central, ambos com birrefringência média a baixa.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511*), médias (*Hole 530A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Aptiano Inferior - Campaniano superior.

Gênero *Retecapsa* Black, 1971a

Diagnose: Este gênero é composto por placolitos elípticos unicíclicos de tamanho médio a grande com a área central preenchida por uma cruz axial com barras laterais. A cruz axial divide o cocólito em quatro quadrantes, sendo que a principal diferença entre as

espécies deste gênero está na quantidade de barras laterais anexas a cruz axial em cada quadrante, conforme figura 49.

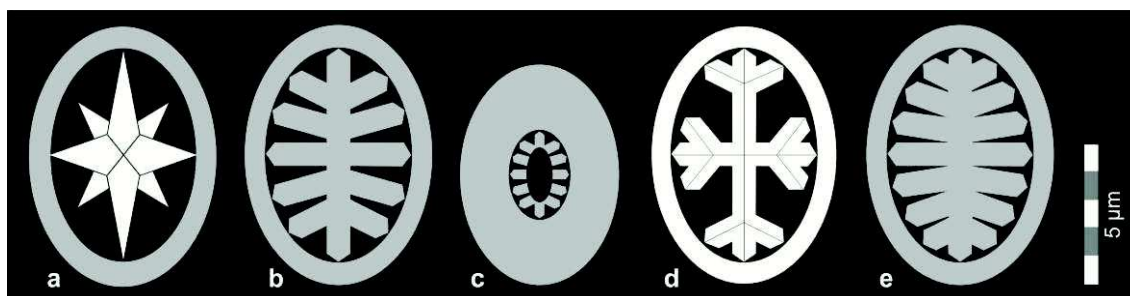


Figura 49 - Diferença entre as espécies do gênero *Retecapsa* identificadas. **a)** *R. angustiforata*; **b)** *R. crenulata*; **c)** *R. ficula*; **d)** *R. schizobrachiata* e **e)** *R. surirella*.

Retecapsa angustiforata Black, 1971a

(Figura 49a; Estampa 10, Figuras 7-10)

1971a. *Retecapsa angustiforata* Black, p. 409, est. 33, fig. 4.

1998. *Retecapsa angustiforata* Black. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 6.

Observações: Exemplos de tamanho médio caracterizados pela presença de uma única barra lateral em cada quadrante. As terminações, tanto da cruz axial como das barras laterais tendem a ser mais finas do que nas outras espécies do gênero. Nesta espécie os elementos da área central possuem birrefringência alta.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Berriasiano Inferior - Maastrichtiano superior (Burnett *et al.*, 1998)

Retecapsa crenulata (Bramlette & Martini, 1964) Grün em Grün & Allemann, 1975

(Figura 49b; Estampa 10, Figuras 11-14)

1964. *Cretarhabdus crenulata* Bramlette & Martini, p. 300, est. 2, figs. 21-24.

1975. *Retecapsa crenulata* (Bramlette & Martini) Grün em Grün & Allemann, pp. 175-176, est. 4, figs. 4-6.

1998. *Retecapsa crenulata* (Bramlette & Martini) Grün em Grün & Allemann. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 7.

Observações: *Retecapsa crenulata* possui tamanho médio a grande e é caracterizada pela presença de duas barras laterais em cada quadrante. Tanto os elementos da área central quanto o anel externo possuem birrefringência média a baixa. É muito semelhante a *R. surirella* que difere por possuir três barras em cada quadrante tendo assim a área central quase totalmente preenchida.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Site* 358, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Berriasiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Retecapsa ficula (Stover, 1966) Burnett, 1997b

(Figura 49c; Estampa 10, Figuras 15-18)

1966. *Coccolithites ficula* Stover, p. 138, est. 5, figs. 5-6, est. 9, fig. 11.

1997b. *Retecapsa ficula* Burnett, p. 138-139.

1998. *Retecapsa ficula* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 8.

Observações: Nesta espécie o anel externo é bem mais largo, deixando pouco espaço na área central que é preenchida por diversos pequenos elementos.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 690C), médias (*Site* 355, *Site* 356 e *Hole* 525A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Retecapsa schizobrachiata (Gartner, 1968) Grün em Grün & Allemann, 1975

(Figura 49d; Estampa 10, Figuras 19-22)

1968. *Vekshinella schizobrachiata* Gartner, p. 31, est. 13, figs. 10-11; est. 20, fig. 5.

1975. *Retecapsa schizobrachiata* (Gartner) Grün em Grün & Allemann, p. 175.

1998. *Retecapsa schizobrachiata* (Gartner) Grün em Grün & Allemann. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 5.

Observações: *Retecapsa schizobrachiata* possui a cruz axial com uma barra lateral em cada quadrante localizadas próximo do final da área central. A impressão que se tem é que as terminações da cruz axial são trifurcadas. Tanto os elementos da área central quanto o anel externo possuem birrefringência alta.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511*), médias (*Site 355*, *Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Calloviano Inferior - Maastrichtiano superior.

Retecapsa surirella (Deflandre & Fert, 1954) Grün em Grün & Allemann, 1975

(Figura 49e; Estampa 10, Figuras 23-26)

1954. *Discolithus surirella* Deflandre & Fert, p. 144, figs. 30-31.

1975. *Retecapsa surirella* (Deflandre & Fert) Grün em Grün & Allemann, pp. 176-177.

1998. *Retecapsa surirella* (Deflandre & Fert) Grün em Grün & Allemann. Burnett *et al.*, est. 6.7, figs. 9-10.

Observações: Difere das demais espécies do gênero por possuir três barras em cada quadrante, tendo assim a área central quase totalmente preenchida.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 355*, *Site 356*, *Site 358*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Berriasiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Família TUBODISCACEAE Bown & Rutledge em Bown & Young, 1997

Gênero *Manivitella* Thierstein, 1971

Diagnose: Gênero composto por placolito elíptico com tamanho grande a muito grande. O anel externo é bicíclico e a área central bem ampla, porém vazia.

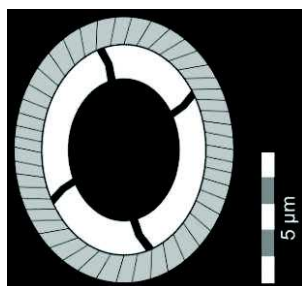


Figura 50 - Características principais de *Manivitella pemmatoidea*.

Manivitella pemmatoidea (Deflandre em Manivit, 1965) Thierstein, 1971

(Figura 50; Estampa 10, Figuras 27-30)

1965. *Circolithus pemmatoideus* Deflandre em Manivit, p. 192, est. 2, figs. 8a-b.
1971. *Manivitella pemmatoidea* (Deflandre em Manivit) Thierstein, p. 480, est. 5, figs. 1-3.
1998. *Manivitella pemmatoidea* (Deflandre em Manivit) Thierstein. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 16.

Observações: *Manivitella pemmatoidea* possui dois ciclos bem marcados, o interno com birrefringência alta é cortado por quatro linhas de extinção, enquanto o externo possui birrefringência média a baixa. A área central, bem ampla e vazia, caracteriza esta espécie.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511 e Hole 700B*), médias (*Site 355, Site 356, Site 358, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Tithoniano Superior - Maastrichtiano superior.

Ordem WATZNAUERIALES Bown, 1987

Família WATZNAUERIACEAE Rood *et al.*, 1971

Gênero *Cyclagelosphaera* Noël, 1965

Diagnose: Placólitos circulares a subcirculares com a área central completamente aberta ou preenchida. Em MO é difícil individualizar os ciclos do anel externo. Apesar das descrições originais indicarem três ciclos (graças a análise em MEV) o MO só possibilita a distinção de dois. Espécies deste gênero às vezes podem ser confundidas com o gênero *Watznaueria*, porém as espécies do último tendem a ser elípticas.

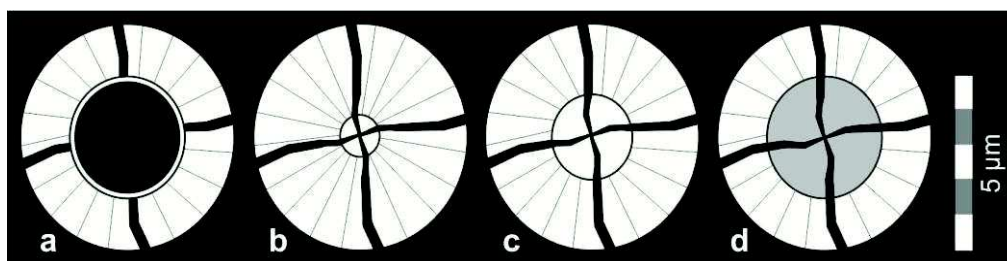


Figura 51 - Diferença entre as espécies do gênero *Cyclagelosphaera* identificadas. **a)** *C. jiangii*; **b)** *C. margerelii*; **c)** *C. reinhardtii* e **d)** *C. rotaclypeata*.

Cyclagelosphaera jiangii Covington & Wise, 1987

(Figura 51a; Estampa 10, Figuras 31-34)

1987. *Cyclagelosphaera jiangii* Covington & Wise, p. 630, est. 9, fig. 4.

2005. *Cyclagelosphaera jiangii* Covington & Wise. Bown, pp. 31-32, est. 8, fig2. 27-29.

Observações: Espécie caracterizada pelo tamanho médio, forma arredondada e a área central bem aberta e vazia.

Material estudado: Identificada em latitudes médias (*Site 356 e Hole 525A*).

Distribuição estratigráfica global: Berriasiano Inferior - Hauteriviano Superior.

Cyclagelosphaera margerelii Noël, 1965

(Figura 51b; Estampa 10, Figuras 35-36)

1965. *Cyclagelosphaera margereli* Noël, pp. 130-131, figs. 44-46.

1998. *Cyclagelosphaera margerelii* Noël. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 19.

Observações: *Cyclagelosphaera margerelii* possui tamanho médio a grande e difere das demais pela área central bem fechada e pelo tamanho médio a grande. Pode ser confundida com *C. reinhardtii*, porém na última a área central é um pouco maior e o tamanho do cocólito é menor.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Site 511*) a médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Bajociano Superior - Thanetiano (Paleoceno Superior).

Cyclagelosphaera reinhardtii (Perch-Nielsen 1968) Romein, 1977

(Figura 51c; Estampa 10, Figuras 37-40)

1968. *Markalius reinhardtii* Perch-Nielsen, pp. 76-77, est. 23, figs. 6-8.

1977. *Cyclagelosphaera reinhardtii* (Perch-Nielsen) Romein, p. 274, est. 2, figs. 2a-b.

1998. *Cyclagelosphaera reinhardtii* (Perch-Nielsen) Romein. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 18.

Observações: *Cyclagelosphaera reinhardtii* possui tamanho pequeno a médio e o formato arredondado característico do gênero. A área central e o anel externo possuem o

mesmo diâmetro. Pode ser confundida com *C. margerelii*, porém a última possui área central mais fechada e tamanho do cocólito maior.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Ypresiano (Eoceno Inferior).

Cyclagelosphaera rotaclypeata Bukry, 1969

(Figura 51d; Estampa 10, Figuras 41-42; Estampa 11, Figuras 1-2)

1969. *Cyclagelosphaera rotaclypeata* Bukry, p. 30, est. 9, figs. 7-8.

1998. *Cyclagelosphaera rotaclypeata* Noël. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 20.

Observações: Espécie caracterizada pelo tamanho pequeno a médio. A diferença principal para as demais espécies do gênero está na área central que tende a ser maior ou igual ao tamanho do ciclo externo. Além de ser ampla, a área central tem birrefringência mais baixa que o ciclo externo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Site* 511), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 661A).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Thanetiano (Paleoceno Superior).

Gênero *Watznaueria* Reinhardt, 1964

Diagnose: Gênero composto por placólitos elípticos com a área central de conformação bem variada, fato que diferencia uma espécie da outra. Da mesma forma que no gênero *Cyclagelosphaera*, o MO só possibilita a distinção de dois ciclos, dos três descritos para o gênero em MEV.

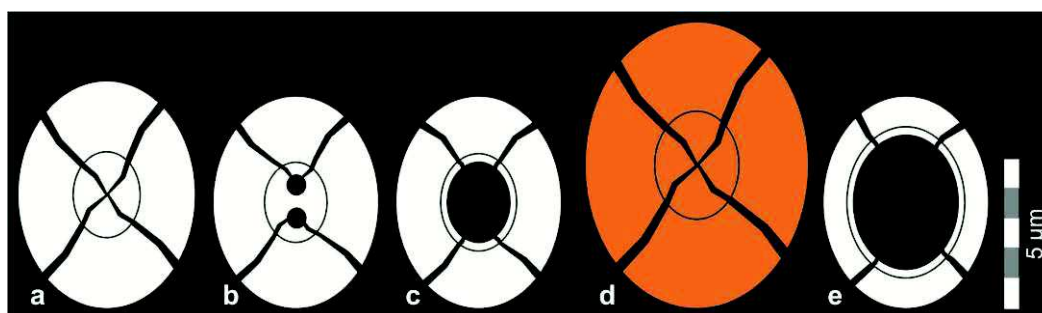


Figura 52 - Diferença entre as espécies do gênero *Watznaueria* identificadas. **a)** *W. barnesiae*; **b)** *W. biporta*; **c)** *W. fossacincta*; **d)** *W. manivittiae* e **e)** *W. ovata*.

Watznaueria barnesiae (Black em Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen, 1968

(Figura 52a; Estampa 11, Figuras 3-6)

1959. *Tremalithus barnesae* Black em Black & Barnes, p. 325, est. 9, figs. 1-2.

1968. *Watznaueria barnesae* (Black em Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen, pp. 69-70, est. 22, figs. 1-7; est. 23, figs. 1, 4-6.

1998. *Watznaueria barnesae* (Black em Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 28.

Observações: Espécie caracterizada por uma área central quase totalmente preenchida e cortada por quatro linhas de extinção sigmoidais características do gênero. Pode ser confundida com *W. manivittiae*, porém a última é maior em tamanho e possui coloração laranja/amarelada devido ao cocólito ser mais robusto.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Site* 358, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Bajociano Inferior - Maastrichtiano superior.

Watznaueria biporta Bukry, 1969

(Figura 52b; Estampa 11, Figuras 7-10)

1969. *Watznaueria biporta* Bukry, p. 32, est. 10, figs. 8-10.

1998. *Watznaueria biporta* Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.7, figs. 21-22, 26.

Observações: *Watznaueria biporta* é caracterizada por uma área central bem fechada com duas grandes perfurações.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Site* 358, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Watznaueria fossacincta (Black, 1971a) Bown em Bown & Cooper, 1989

(Figura 52c; Estampa 11, Figuras 11-14)

1971a. *Ellipsagelosphaera fossacincta* Black, p. 399, est. 30, fig. 8.

1989. *Watznaueria fossacincta* (Black) Bown em Bown & Cooper, p. 96, est. 1, figs. 34, 40-41.

1998. *Watznaueria fossacincta* (Black) Bown em Bown & Cooper. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 24.

Observações: Estes exemplares são caracterizados por uma área central aberta e vazia. Podem ser confundidos com *W. barnesiae* e *W. ovata*, porém a área central desta espécie não é nem tão fechada quanto na primeira e nem tão aberta quanto na segunda.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511* e *Hole 690C*), médias (*Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Bajociano Inferior - Maastrichtiano superior.

Watznaueria manivittiae Bukry, 1973b

(Figura 52d; Estampa 11, Figuras 15-18)

1973b. *Watznaueria manivittiae* Bukry, p. 877.

1998. *Watznaueria manivittiae* Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 27.

Observações: Possui a área central quase totalmente preenchida e é semelhante à *W. barnesiae*, porém possui tamanho visivelmente maior e o cocólito mais robusto, o que lhe dá uma coloração laranja/amarelada devido a birrefringência muito elevada.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 355*, *Site 356*, *Site 358*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Calloviano Inferior - Maastrichtiano superior.

Watznaueria ovata Bukry, 1969

(Figura 52e; Estampa 11, Figuras 19-22)

1969. *Watznaueria ovata* Bukry, p. 33, est. 11, figs. 11-12.

1998. *Watznaueria ovata* Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.7, fig. 25.

Observações: Esta espécie é caracterizada por uma área central bem aberta e vazia. Pode ser confundida com *W. fossacincta*, porém possui a área central muito mais aberta, e anel externo bem estreito.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511 e Hole 690C*), médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Ordem ARKHANGELSKIALES Bown & Hampton em Bown & Young, 1997

Família ARKHANGELSKIELLACEAE Bukry, 1969 emend. Bown &

Hampton em Bown & Young, 1997

Gênero *Arkhangelskiella* Vekshina, 1959

Diagnose: Este gênero é composto por placolitos elípticos com a área central preenchida por uma placa perfurada e suturas axiais. A diferença entre as espécies está principalmente no tamanho do cocólito, na largura do anel externo e no número de perfurações. Varol (1989) dividiu o gênero em três espécies, chamadas variação W, N e NT. A diferenciação mais clara é a de Burnett (1997b) representada na figura 53. Linnert & Mutterlose (2009a) realizaram um estudo biométrico com base neste gênero e concluíram que as espécies *A. confusa*, *A. cymbiformis* e *A. maastrichtiensis* seriam variações morfométricas de uma única espécie (atribuída a *A. cymbiformis*) respondendo principalmente a mudanças na disponibilidade de nutrientes no ambiente.

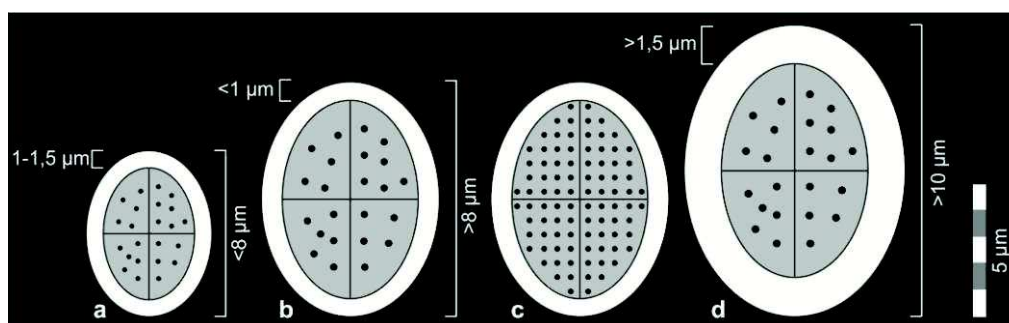


Figura 53 - Diferença entre as espécies do gênero *Arkhangelskiella* identificadas. **a)** *A. confusa*; **b)** *A. cymbiformis*; **c)** *A. specilatta* e **d)** *A. maastrichtiensis*.

Arkhangelskiella confusa Burnett, 1997b

(Figura 53a; Estampa 11, Figuras 23-36)

1989. *Arkhangelskiella cymbiformis* (Variação N) Varol, p. 132, est. 1, figs. 5-8.

1997b. *Arkhangelskiella confusa* Burnett, pp. 133-134.

1998. *Arkhangelskiella confusa* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.8, figs. 6a-7.

Observações: Difere das demais espécies do gênero pelo tamanho (sempre inferior a 8 μm) e pela largura do escudo (entre 1 e 1,5 μm). Pode ser confundida com *A. cymbiformis*, porém a última possui tamanho maior.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Site* 358, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - Maastrichtiano superior.

Arkhangelskiella cymbiformis Vekshina, 1959

(Figura 53b; Estampa 11, Figuras 27-30)

1959. *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, p. 66, est. 2, figs. 3a-b.

1989. *Arkhangelskiella cymbiformis* (Variação NT) Varol, p. 132, est. 1, figs. 9-12.

1997b. *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina. Burnett, pp. 134.

1998. *Arkhangelskiella confusa* Vekshina. Burnett *et al.*, est. 6.8, figs. 2-4, 8-9.

Observações: *Arkhangelskiella cymbiformis* difere das demais pelo tamanho (superior a 8 μm) e largura do anel externo (menor que 1 μm). Esta espécie pode ser confundida com todas as demais do gênero, porém é maior que *A. confusa*, tem a largura do anel externo menor que *A. maastrichtiensis* e menos perfurações na área central que *A. specillata*.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Site* 358, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Arkhangelskiella maastrichtiensis Burnett, 1997b

(Figura 53c; Estampa 11, Figuras 31-34)

1989. *Arkhangelskiella cymbiformis* (Variação W) Varol, p. 132, est. 1, figs. 1-4.

1997b. *Arkhangelskiella maastrichtiensis* Burnett, p. 134.

1998. *Arkhangelskiella maastrichtiana* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.8, figs. 5, 10.

Observações: Esta espécie difere das demais pelo tamanho (superior a 10 μm) e largura do escudo (maior que 1,5 μm). Pode ser confundida com *A. cymbiformis* e *A. specillata*,

porém a primeira possui largura do escudo menor e a segunda possui quantidade muito maior de perfurações na área central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Arkhangelskiella specillata Vekshina, 1959

(Figura 53d; Estampa 11, Figuras 35-38)

1959. *Arkhangelskiella specillata*, Vekshina, p. 67, est. 2, fig. 5.

1990a. *Arkhangelskiella specillata*, Vekshina. Pospichal & Wise, est. 1, fig. 4a-c.

Observações: Exemplos de tamanho médio a grande, caracterizados pelo grande número de perfurações que cobrem praticamente toda a área central.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511* e *Hole 690C*) e baixas (*Hole 661A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Broinsonia* Bukry, 1969

Diagnose: Gênero composto por placolitos elípticos com a área central preenchida por uma placa perfurada e suturas axiais. Pode ser confundido com o gênero *Arkhangelskiella*, porém *Broinsonia* possui anel externo de birrefringência muito alta com uma coloração laranja/amarelada. A diferença entre as espécies deste gênero está principalmente na composição e tamanho da área central.

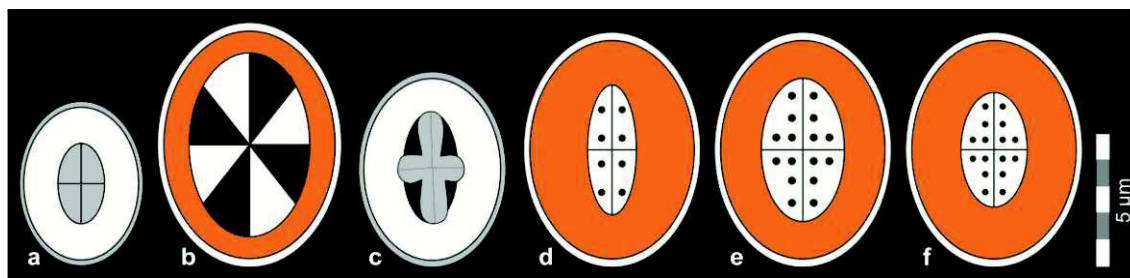


Figura 54 - Diferença entre as espécies do gênero *Broinsonia* identificadas. **a)** *Broinsonia* (pequena); **b)** *B. enormis*; **c)** *B. matalosa*; **d)** *B. parca constricta*; **e)** *B. parca expansa* e **f)** *B. parca parca*.

Broinsonia (pequena)

(Figura 54a; Estampa 11, Figuras 39-42)

Observações: Os exemplares descritos como *Broinsonia* (pequena) possuem as principais características do gênero, mas não foram individualizados em nenhuma das espécies já descritas. Possuem tamanho pequeno a médio e área central pequena, preenchida por uma placa onde não é possível confirmar a presença de perfurações.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Site 511* e *Hole 700B*).

Broinsonia enormis (Shumenko, 1968) Manivit, 1971

(Figura 54b; Estampa 12, Figuras 1-2)

1968. *Arkhangelskiella enormis* Shumenko, p. 33, est. 1, figs. 1-3.

1971. *Broinsonia enormis* (Shumenko) Manivit, p. 105, est. 1, figs. 18-20.

1998. *Broinsonia enormis* (Shumenko) Manivit. Burnett *et al.*, est. 6.8, figs. 18a-19.

Observações: *Broinsonia enormis* possui tamanho médio a grande e área central ampla preenchida por uma placa imperfurada. O anel externo tende a ser de birrefringência muito alta, enquanto a área central possui birrefringência alta.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A* e *Site 511*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Broinsonia matalosa (Stover, 1966) Burnett em Gale *et al.*, 1996

(Figura 54c; Estampa 12, Figuras 3-6)

1966. *Coccolithus matalosus* Stover, p. 139, est. 2, figs. 1-2; est. 8, fig. 10.

1996. *Broinsonia? matalosa* (Stover) Burnett em Gale *et al.*, p. 604, est. 4, figs. e-h.

1998. *Broinsonia matalosa* (Stover) Burnett em Gale *et al.* Burnett *et al.*, est. 6.8, figs. 26a-c.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande e área central ampla preenchida por uma cruz axial. O anel externo tende a ser mais birrefringente que a cruz axial, que é espessa e cortada por uma sutura.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross e *Site* 511), médias (*Site* 356 e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Valanginiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Broinsonia parca constricta Hattner *et al.*, 1980

(Figura 54d; Estampa 12, Figuras 7-10)

1980. *Broinsonia parca constricta* Hattner *et al.*, p. 23, est. 2, figs. 1-3, 5-8.

1985. *Aspidolithus parcus constrictus* Perch-Nielsen, p. 355, est. 16, figs. 4-6.

1998. *Broinsonia parca constricta* Hattner *et al.* Burnett *et al.*, est. 6.8, figs. 14-15.

Observações: Possui tamanho médio a grande e difere das demais espécies do gênero por possuir o ciclo interno largo e a área central relativamente pequena. A área central é preenchida por uma placa com 1 a 3 perfurações alinhadas ao eixo principal. Pode ser confundida com *B. parca parca*, porém possui área central menor e menor quantidade de perfurações, sendo que na última é possível visualizar a presença de mais de uma perfuração alinhada ao eixo menor.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - superior.

Broinsonia parca expansa Wise & Watkins em Wise, 1983.

(Figura 54e; Estampa 12, Figuras 11-12)

1983. *Broinsonia parca expansa* Wise & Watkins em Wise, p. 506, est. 9, figs. 1-4; est. 10, figs. 5-9; est. 11, figs. 1-9.

1985. *Aspidolithus parcus expansus* Perch-Nielsen, p. 355, est. 16, figs. 9-10.

1998. *Broinsonia parca expansa* Wise & Watkins em Wise. Burnett *et al.*, est. 6.8, fig. 11.

Observações: Esta espécie possui tamanho médio a grande e a presença de área central ampla coberta por uma placa perfurada. O diâmetro do anel externo é menor do que a largura da área central.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross) a médias (*Hole 525A*).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - Campaniano superior.

Broinsonia parca parca (Stradner, 1963) Bukry, 1969

(Figura 54f; Estampa 12, Figuras 13-16)

1963. *Arkhangelskiella parca* Stradner, p. 176, est. 1, figs. 3-3a.

1969. *Aspidolithus parcus* Noël, pp. 196-197, est. 1, figs 3-4.

1969. *Broinsonia parca* (Stradner) Bukry, p. 23, est. 3, figs. 3-10.

1980. *Broinsonia parca parca* Hattner *et al.*, p. 22-23, est. 2, fig. 4.

1985. *Aspidolithus parcus parcus* Perch-Nielsen, p. 355, est. 16 fig. 8.

1998. *Broinsonia parca parca* (Stradner) Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.8, figs. 12-13.

Observações: *Broinsonia parca parca* possui tamanho médio a grande e difere das demais por possuir o ciclo interno e a área central basicamente da mesma espessura. Pode ser confundida com *B. parca constricta* e *B. parca expansa*, porém a primeira possui área central mais fechada e a segunda área central mais aberta.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511* e *Hole 700B*), médias (*Site 355*, *Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - superior.

Família KAMPTNERIACEAE Bown & Hampton em Bown & Young, 1997

Gênero *Gartnerago* Bukry, 1969

Diagnose: Murolitos elípticos cuja área central pode ser totalmente preenchida por uma placa perfurada ou por vezes cortada por barras horizontais e verticais. De acordo com Thierstein (1974) as duas principais espécies do gênero *G. obliquum* e *G. segmentatum* seriam sinonímias, e a diferença entre as duas espécies é causada por questões diagenéticas.

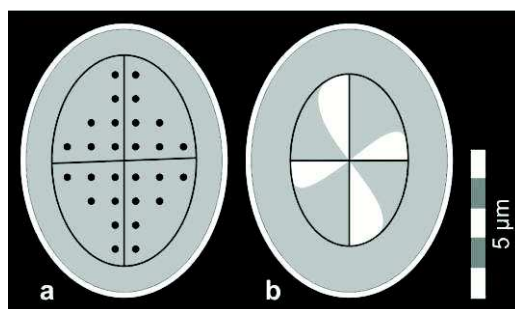


Figura 55 - Diferença entre as espécies do gênero *Gartnerago* identificadas. **a)** *G. obliquum* e **b)** *G. segmentatum*.

Gartnerago obliquum (Stradner, 1963) Noël, 1970

(Figura 55a; Estampa 12, Figuras 17-20)

1963. *Arkhangelskiella obliqua* Stradner, p. 176, est. 1, fig. 2.

1970. *Gartnerago obliquus* (Stradner) Noël, pp. 79-81, est. 26, figs. 1-7.

1998. *Gartnerago obliquum* (Stradner) Noël. Burnett *et al.*, est. 6.9, fig. 3.

Observações: *Gartnerago obliquum* possui tamanho médio a grande e o anel externo em MO tem característica bicíclica, sendo o ciclo externo mais birrefringente do que o ciclo interno. A área central é preenchida por uma placa multiperfurada cortada por suturas axiais. Difere de *G. segmentatum* pois a última normalmente possui barras horizontais e verticais que cortam a área central do cocólito formando em cada quadrante figuras semelhantes a pás de ventilador.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Coniaciano superior.

Gartnerago segmentatum (Stover, 1966) Thierstein, 1974

(Figura 55b; Estampa 12, Figuras 21-24)

1966. *Discolithus segmentatus* Stover, pp. 143-144, est. 3, figs. 3-6; est. 8, fig. 19.

1974. *Gartnerago segmentatum* (Stover) Thierstein, p. 640, est. 3, figs. 1-2; est. 6, figs. 3-10; est. 7, fig. 6.

1998. *Gartnerago segmentatum* (Stover) Thierstein. Burnett *et al.*, est. 6.9, figs. 6-10.

Observações: Apesar de a literatura indicar que esta espécie possui mais que um ciclo no seu anel externo e que a placa central possui perfurações, nos exemplares identificados neste estudo é difícil à diferenciação dos ciclos e não se vê perfurações na placa central. *G. segmentatum* é caracterizado por tamanho médio a grande e difere de *G. obliquum* pois as suturas que cortam a placa central tendem a formar barras espessas horizontais e verticais semelhantes a pás de um ventilador.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 356 e Hole 530A*) e baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Kamptnerius* Deflandre, 1959

Diagnose: Este gênero é composto por uma única espécie de murolito caracterizado por três ciclos sendo que o mais externo pode se expandir subhorizontalmente quebrando o padrão elíptico do cocólito. A área central é coberta por uma placa estriada ou perfurada.

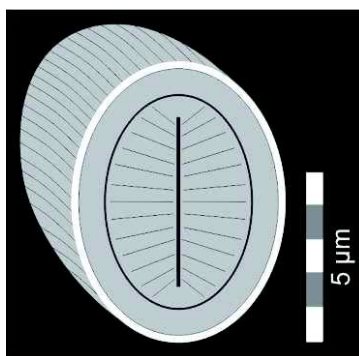


Figura 56 - Características principais de *Kamptnerius magnificus*.

Kamptnerius magnificus Deflandre, 1959

(Figura 56; Estampa 12, Figuras 25-30)

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

1998. *Kamptnerius magnificus* Deflandre. Burnett *et al.*, est. 6.9, figs. 15-17.

Observações: Espécie de tamanho médio a muito grande caracterizada pela expansão do anel externo formando uma estrutura semelhante a asa, que pode ser de tamanhos variados. Nos exemplares identificados neste estudo a área central do cocólito é preenchida por uma placa estriada.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Site* 358 e *Hole* 525A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

HETEROCOCÓLITOS DE AFINIDADE INCERTA

Gênero *Haqius* Roth, 1978

Diagnose: Gênero composto por placólitos circulares a elípticos com anel externo unicíclico de baixa birrefringência e área central bem fechada.

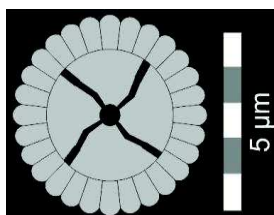


Figura 57 - Características principais de *Haqius circumradiatus*.

Haqius circumradiatus (Stover, 1966) Roth, 1978

(Figura 57; Estampa 12, Figuras 31-34)

1966. *Coccolithites circumradiatus* Stover, p. 138, est. 5, figs. 2-4; est. 9, fig. 10.

1968. *Markalius circumradiatus* Perch-Nielsen, pp. 73-75, est. 25, figs. 2-7; est. 26, figs. 1-7.

1976. *Markalius circumradiatus* Hill, p. 145, est. 8, figs. 20-27.

1978. *Haqius circumradiatus* (Stover) Roth, pp. 746,748.

1998. *Haqius circumradiatus* (Stover) Roth. Burnett *et al.*, est. 6.9, fig. 26.

Observações: Esta espécie possui tamanho médio e formato arredondado. A característica principal é a baixa birrefringência que às vezes dificulta sua visualização

em MO. Possui anel externo unicíclico cortado por quatro linhas de extinção e área central bem fechada.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas médias (*Site 356 e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Berriasiano Superior - Campaniano superior.

Gênero *Markalius* Bramlette & Martini, 1964

Diagnose: Gênero composto por placólitos arredondados de birrefringência média a baixa com área central total ou parcialmente fechada por elementos de birrefringência alta.

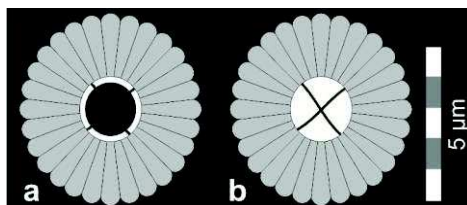


Figura 58 - Diferença entre as espécies do gênero *Markalius* identificadas. **a)** *M. apertus* e **b)** *M. inversus*.

Markalius apertus Perch-Nielsen, 1979b

(Figura 58a; Estampa 12, Figuras 35-36)

1979b. *Markalius apertus* Perch-Nielsen, p. 128, est. 3, figs. 11-13, 16.

Observações: Espécie de tamanho médio, formato arredondado e anel externo bicíclico de baixa birrefringência (embora seja difícil diferenciar os dois ciclos em MO). A área central é vazia com a presença de um fino anel de elementos de birrefringência alta.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 525A*).

Distribuição estratigráfica global: Daniano (Paleoceno Inferior) - Bartoniano (Eoceno Superior).

Markalius inversus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Martini, 1964

(Figura 58b; Estampa 12, Figuras 37-40)

1954. *Cyclococcolithus leptoporus* Murray & Backman var. *inversus* Deflandre em Deflandre & Fert, pp. 150-151, est. 9, figs. 4-5.

1964. *Markalius inversus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Bramlette & Martini, p. 302, est. 2, figs. 4-9; est. 7, fig. 2.

1998. *Markalius inversus* (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Martini. Burnett *et al.*, est. 6.9, fig. 27.

Observações: *Markalius inversus* possui tamanho médio e é caracterizada pelo formato arredondado, anel externo bicíclico de baixa birrefringência (embora seja difícil diferenciar os dois ciclos em MO) e área central totalmente preenchida por elementos de birrefringência alta.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Site 511, Hole 690C e Hole 700B*) a médias (*Site 356 e Hole 525A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Rupeliano (Oligoceno Inferior).

Gênero *Repagulum* Forchheimer, 1972

Diagnose: Gênero composto por placolito pequeno a muito pequeno composto por anel externo unicíclico e caracterizado pela birrefringência média a baixa em MO. A área central é preenchida por diversas barras radiais minúsculas.



Figura 59 - Características principais de *Repagulum parvidentatum*.

Repagulum parvidentatum (Deflandre & Fert, 1954) Forchheimer, 1972

(Figura 59; Estampa 12, Figuras 41-42; Estampa 13, Figuras 1-2)

1954. *Discolithus parvidentatum* Deflandre & Fert, pp. 143-144.

1972. *Repagulum parvidentatum* (Deflandre & Fert) Forchheimer, pp. 38-39, est. 12, figs. 1-7.

1998. *Repagulum parvidentatum* (Deflandre & Fert) Forchheimer. Burnett *et al.*, est. 6.9, figs. 30a-b.

Observações: *Repagulum parvidentatum* é uma espécie muito difícil de visualizar em MO, principalmente por causa do tamanho pequeno e da birrefringência média a baixa. Devido ao tamanho reduzido do cocólito, as barras radiais presentes na área central não são diferenciáveis em MO, o que se vê é uma "névoa" preenchendo a área central, conforme estampa 12, figuras 41-42 e estampa 13, figuras 1-2.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A e *Site* 511).

Distribuição estratigráfica global: Valanginiano Inferior - Maastrichtiano superior.

HOLOCÓLITOS

Família CALYPTROSPHAERACEAE Boudreaux & Hay, 1969

Gênero *Acuturris* Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Diagnose: Gênero composto por uma única espécie caracterizada pelo tamanho médio a muito grande e seu formato alongado e estreito. Em geral a base é pequena e estreita e o espinho tende a ir afinando até terminar em uma ponta. Uma linha de extinção divide o exemplar em duas partes e na maioria das vezes um lado fica extinto enquanto o outro birrefringente.

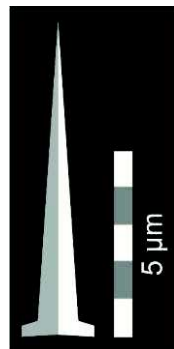


Figura 60 - Características principais de *Acuturris scotus*.

Acuturris scotus (Risatti, 1973) Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 60; Estampa 13, Figuras 3-6)

1973. *Eurhabdulus scotus* Risatti, p. 29, est. 7, figs. 9-10.

1977. *Acuturris scotus* (Risatti) Wind & Wise em Wise & Wind, pp. 296-297, est. 33, figs. 1-3; est. 36, fig. 3.

1998. *Acuturris scotus* (Risatti) Wind & Wise em Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.10, figs. 1-2.

Observações: veja a descrição do gênero.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511 e *Hole* 690C).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Calculites* Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

Diagnose: Holococólitos elípticos formados basicamente por quatro blocos cortados por suturas dispostas nas mais diversas direções. As espécies deste gênero podem conter um fino anel contornando o cocólito e um espinho oco, na maioria das vezes curto. A diferença entre as espécies do gênero está principalmente na posição/quantidade das suturas e na presença dos espinhos e/ou poros.

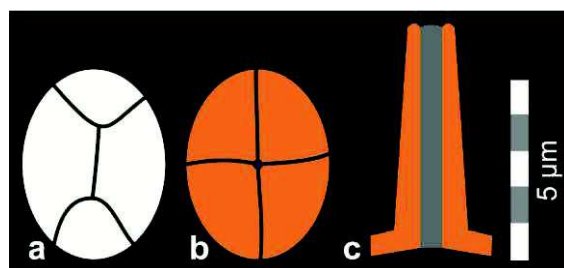


Figura 61 - Diferença entre as espécies do gênero *Calculites* identificadas. **a)** *C. obscurus*; **b)** *C. ovalis* e **c)** *Calculites* sp.

Calculites obscurus (Deflandre, 1959) Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

(Figura 61a; Estampa 13, Figuras 7-10)

1959. *Tetralithus obscurus* Deflandre, p. 138, est. 3, figs. 26-29.

1977. *Calculites obscurus* (Deflandre) Prins & Sissingh em Sissingh, p. 60.

1998. *Calculites obscurus* (Deflandre) Prins & Sissingh em Sissingh. Burnett *et al.*, est. 6.11, figs. 2a-c.

Observações: Espécie de tamanho médio que difere das demais pelas suturas diagonais dividindo o cocólito em quatro partes.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511 e *Hole* 690C) a médias (*Hole* 525A e *Hole* 530A).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Calculites ovalis (Stradner, 1963) Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

(Figura 61b; Estampa 13, Figuras 11-14)

1963. *Tetralithus ovalis* Stradner, p. 178, est. 6, fig. 7.

1977. *Calculites ovalis* (Stradner) Prins & Sissingh em Sissingh, p. 60.

1998. *Calculites ovalis* (Stradner) Prins & Sissingh em Sissingh. Burnett, est. 6.11, figs. 3a-b.

Observações: *Calculites ovalis* possui tamanho médio e difere pelas suturas praticamente paralelas aos eixos principais da elipse. Exemplares desta espécie na maioria das vezes possuem birrefringência mais alta.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - Maastrichtiano superior.

Calculites sp.

(Figura 61c; Estampa 13, Figuras 15-16)

Observações: Foram individualizados como *Calculites* sp. os exemplares recuperados em vista lateral, o que torna difícil a identificação em nível de espécie.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross).

Gênero *Lucianorhabdus* Deflandre, 1959

Diagnose: Gênero composto por holococólitos caracterizados por uma base pequena a grande que mantém um espinho oco, na maioria das vezes alto e de conformação variada. O tamanho da base e a variação do espinho são os fatores que diferenciam as espécies deste gênero.

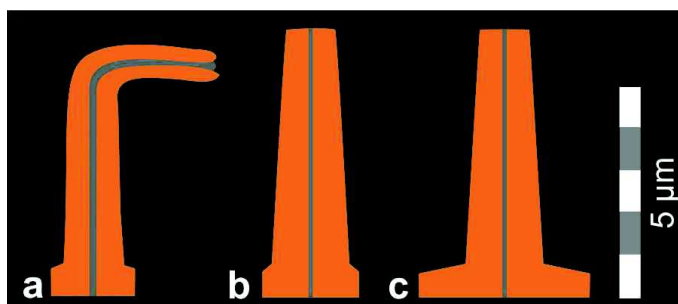


Figura 62 - Diferença entre as espécies do gênero *Lucianorhabdus* identificadas. **a)** *L. arcuatus*; **b)** *L. cayeuxii* e **c)** *L. maleformis*.

Lucianorhabdus arcuatus Forchheimer, 1972

(Figura 62a; Estampa 13, Figuras 17-20)

1972. *Lucianorhabdus arcuatus* Forchheimer, pp. 69-70, est. 10, fig. 5.

1990a. *Lucianorhabdus arcuatus* Forchheimer. Pospichal & Wise, est. 9, fig. 10.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande com a base pequena. Difere das demais espécies do gênero pela haste de tamanho grande e curvada.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole* 327A, *Site* 511 e *Hole* 690C).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - Campaniano superior.

Lucianorhabdus cayeuxii Deflandre, 1959

(Figura 62b; Estampa 13, Figuras 21-24)

1959. *Lucianorhabdus cayeuxii* Deflandre, pp. 142-143, est. 4, figs. 11-25.

1998. *Lucianorhabdus cayeuxii* Deflandre. Burnett *et al.*, est. 6.10, fig. 16.

Observações: Os exemplares desta espécie possuem tamanho e diâmetro bastante variados e são caracterizados por uma base curta.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511, *Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 356, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Lucianorhabdus maleformis Reinhardt, 1966a

(Figura 62c; Estampa 13, Figuras 25-28)

1966a. *Lucianorhabdus maleformis* Reinhardt, p. 42, est, 21, figs. 5-7.

1998. *Lucianorhabdus cf. L. maleformis* Reinhardt. Burnett *et al.*, est. 6.10, fig. 8b.

Observações: Normalmente possuem tamanho pequeno a médio e são caracterizados por uma base longa, fator que as difere de *L. cayeuxii*.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole* 327A, *Site* 511 e *Hole* 690C).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Octolithus* Romein, 1979

Diagnose: Gênero composto por uma única espécie de holocólito elíptico que, segundo a descrição original baseada em MEV, é formado por oito elementos (quatro grandes e quatro pequenos).

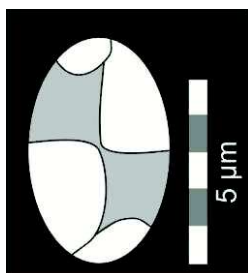


Figura 63 - Características principais de *Octolithus multiplus*.

Octolithus multiplus (Perch-Nielsen, 1973) Romein, 1979

(Figura 63; Estampa 13, Figuras 29-34)

1973. *Tetralithus multiplus* Perch-Nielsen, pp. 326-327, est. 9, figs. 6-7; est. 10, figs. 17-18.

1979. *Octolithus multiplus* (Perch-Nielsen) Romein, pp. 326-327, est. 9, figs. 6-7; est. 10, figs. 17-18.

1998. *Octolithus multiplus* (Perch-Nielsen) Romein. Burnett *et al.*, est. 6.11, figs. 7c-8e.

Observações: Nos exemplares recuperados neste estudo, a análise em MO mostra apenas seis elementos, quatro grandes na área central e dois menores nas extremidades do cocólito, conforme figura 63.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross e Site 511).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Daniano (Paleoceno Inferior).

Gênero *Orastrum* Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Diagnose: Holococólitos elípticos formados por diversos elementos com diferentes tamanhos. Apresenta uma perfuração na área central.

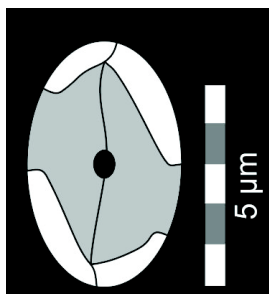


Figura 64 - Características principais de *Orastrum asarotum*.

Orastrum asarotum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 64; Estampa 13, Figuras 35-36)

1977. *Orastrum asarotum* Wind & Wise em Wise & Wind, p. 303, est. 35, figs. 1-3.

Observações: Os exemplares identificados durante este estudo são caracterizados pela presença de dois elementos grandes e de birrefringência baixa que formam a área central e quatro elementos menores, porém mais birrefringentes que compõem a área externa. Há uma perfuração na área central vista como um círculo negro. É nítida a semelhança entre estas espécies e exemplares de *Octolithus multiplus*. O critério usado para diferenciação é que os quatro elementos da área externa tendem a ser bem mais finos nesta espécie, além da presença de uma marcante perfuração central, não identificada em *O. multiplus*.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano inferior - superior.

Gênero *Pharus* Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Diagnose: Holocóclito elíptico de tamanho pequeno caracterizado por duas perfurações e a presença de um pequeno espinho na área central.



Figura 65 - Características principais de *Pharus similacrum* a 0 e 45°.

Pharus similacrum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 65; Estampa 13, Figuras 37-40)

1977. *Pharus similacrum* Wind & Wise em Wise & Wind, pp. 304-305, est. 35, figs. 5-6; est. 36, figs. 1-2.

Observações: veja diagnose do gênero.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511* e *Hole 690C*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano inferior - superior.

NANOLITOS

Família BRAARUDOSPHAERACEAE Deflandre, 1947

Gênero *Braarudosphaera* Bukry, 1969

Diagnose: Gênero composto por nanolitos formados por cinco elementos (pentalitos). A diferença entre as espécies se dá basicamente pelo formato e características dos elementos que formam os pentalitos.

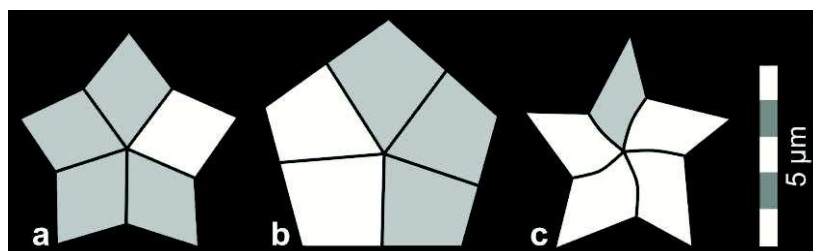


Figura 66 - Diferença entre as espécies do gênero *Braarudosphaera* identificadas. **a)** *B. africana*; **b)** *B. bigelowii* e **c)** *B. turbinea*.

Braarudosphaera africana Stradner, 1961

(Figura 66a; Estampa 13, Figuras 41-42; Estampa 14, Figuras 1-2)

1961. *Braarudosphaera africana* Stradner, p. 6, fig. 44.

1998. *Braarudosphaera africana* Stradner. Burnett *et al.*, est. 6.11, fig. 26.

Observações: Espécie construída com base em cinco elementos em forma de losango. Os cinco elementos juntos dão a esta espécie a aparência estrelada que a difere das demais.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Cenomaniano superior.

Braarudosphaera bigelowii (Gran & Braarud, 1935) Deflandre, 1947

(Figura 66b; Estampa 14, Figuras 3-6)

1935. *Pontosphaera bigelowi* Gran & Braarud, pp. 388-389, fig. 67.

1947. *Braarudosphaera bigelowi* (Gran & Braarud) Deflandre, pp. 439-440, figs. 1-5.

1998. *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud) Deflandre. Burnett *et al.*, est. 6.11, fig. 27.

Observações: Esta espécie de tamanho muito variado (médio a muito grande) difere das demais principalmente pelo formato pentagonal.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (Ilha James Ross) a médias (*Site 356 e Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Recente.

Braarudosphaera turbinea Stradner, 1963

(Figura 66c; Estampa 14, Figuras 7-10)

1963. *Braarudosphaera turbinea* Stradner, p. 176, est. 6, fig. 8.

1985. *Braarudosphaera turbinea* Stradner. Perch-Nielsen, p. 359, fig. 21.

Observações: Exemplares desta espécie são muito semelhantes a *B. africana*, mas diferem pelos cinco elementos que se sobrepõem de forma imbricada.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 530A*) a baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano inferior - Daniano (Paleoceno Inferior).

Gênero *Bukryaster* Prins, 1971

Diagnose: Gênero integrado por uma única espécie de nanolito composto por cinco elementos longos. A característica principal deste gênero além dos elementos mais longos do que em *Braarudosphaera* (por exemplo), é a presença de uma perfuração em cada um destes elementos. Em MO nem sempre é possível verificar a existência de perfuração em todos os elementos, somente em exemplares bem preservados.

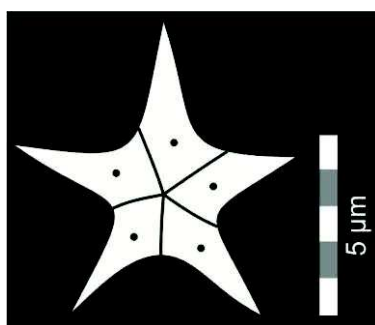


Figura 67 - Características principais de *Bukryaster hayi*.

Bukryaster hayi (Bukry, 1969) Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

(Figura 67; Estampa 14, Figuras 11-14)

1969. *Discoaster? hayi* Bukry, p. 65, est. 38, figs. 10-12.

1977. *Bukryaster hayi* (Bukry) Prins & Sissingh em Sissingh, p. 60.

1998. *Bukryaster hayi* (Bukry) Prins & Sissingh em Sissingh. Burnett *et al.*, est. 6.11, figs. 28-29.

Observações: veja descrição do gênero.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior

Família LAPIDEACASSACEA Bown & Young, 1997

Gênero *Lapideacassis* Black, 1971b

Diagnose: Gênero composto por nanolitos em forma de sino construídos por vários elementos. Normalmente o que se vê em MO são as bordas do nanolito com birrefringência alta a muito alta e a parte central difusa que representaria todas as camadas (fora de foco) que compõem o exemplar. A diferença entre as espécies do gênero está na morfologia do nanolito e na presença de processos e espinhos apicais.

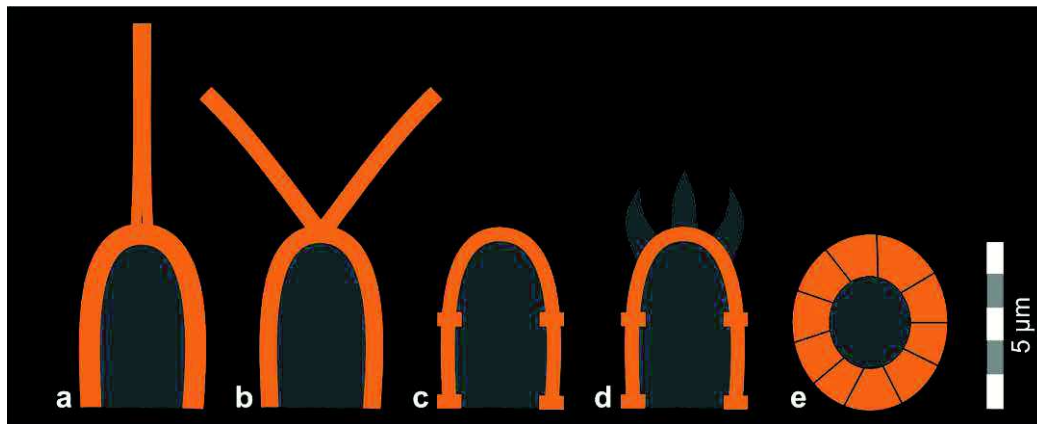


Figura 68 - Diferença entre as espécies do gênero *Lapideacassis* identificadas. **a)** *L. asymmetrica*; **b)** *L. cornuta*; **c)** *L. mariae*; **d)** *L. tricornus* e **e)** *Lapideacassis* sp.

Lapideacassis asymmetrica (Perch-Nielsen em Perch-Nielsen & Franz, 1977) Burnett, 1997b

(Figura 68a; Estampa 14, Figuras 15-18)

1977. *Scampanella asymmetrica* Perch-Nielsen em Perch-Nielsen & Franz, p. 853, est. 2, figs. 3-6, 9-10; est. 6, figs. 7-9.

1997b. *Lapideacassis asymmetrica* (Perch-Nielsen em Perch-Nielsen & Franz) Burnett, p. 136.

1998. *Lapideacassis asymmetrica* (Perch-Nielsen em Perch-Nielsen & Franz) Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.12, fig. 1.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande que difere das demais pela presença de um processo apical na forma de um longo tubo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Hole 525A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Selandiano (Paleoceno).

Lapideacassis cornuta (Forchheimer & Stradner, 1973) Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 68b; Estampa 14, Figuras 19-20)

1973. *Scampanella cornuta* Forchheimer & Stradner, pp. 285-286, est 1, figs. 1-9.

1977. *Lapideacassis cornuta* (Forchheimer & Stradner) Wind & Wise em Wise & Wind, pp. 300-301, est. 48, figs. 9-12; est. 49, figs. 3-8.

1998. *Lapideacassis cornuta* (Forchheimer & Stradner) Wind & Wise em Wise & Wind. Burnett *et al.*, est. 6.12, fig. 9.

Observações: *Lapideacassis cornuta* possui tamanho médio e difere das outras espécies do gênero pelos espinhos apicais divergentes.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Site 511*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Campaniano superior.

Lapideacassis mariae Black, 1971b

(Figura 68c; Estampa 14, Figuras 21-26)

1971b. *Lapideacassis mariae* Black, p. 326, est. 1, figs. a-b, d.

1998. *Lapideacassis mariae* Black. Burnett *et al.*, est. 6.12, fig. 5.

Observações: Exemplos caracterizados pelo formato de sino sem nenhum processo ou espinho apical.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Hole 525A*) e baixas (*Site 354* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Aptiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Lapideacassis tricornus Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 68d; Estampa 14, Figuras 27-28)

1977. *Lapideacassis tricornus* Wind & Wise em Wise & Wind, p. 301, est. 46, fig. 4; est. 48, figs. 1-8.

Observações: Esta espécie difere das demais pela presença de três espinhos apicais que lembram chifres. Em todos os exemplares recuperados neste estudo foi difícil visualizar o espinho mediano.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A, Site 511 e Hole 690C*).

Distribuição estratigráfica global: Albiano inferior - Maastrichtiano superior.

Lapideacassis sp.

(Figura 68e; Estampa 14, Figuras 29-30)

Observações: Exemplos recuperados em vista apical, fato que não permite a diferenciação em nível de espécie.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 700B*).

Família MICRORHABDULACEAE Deflandre, 1963

Gênero *Lithraphidites* Deflandre, 1963

Diagnose: Gênero composto por uma estreita haste, que dependendo da espécie pode conter em suas bordas abas de largura variada. Segundo Roth (1978) a diferença entre as espécies está na razão entre o tamanho da haste (*y*) e a largura da aba (*x*), conforme a figura 69.

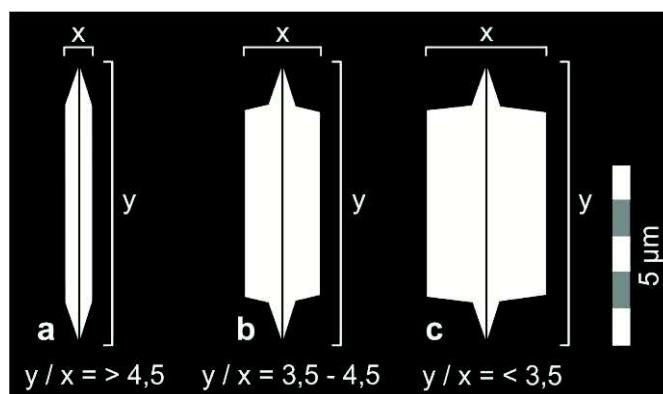


Figura 69 - Diferença entre as espécies do gênero *Lithraphidites* identificadas. **a)** *L. carniolensis*; **b)** *L. praequadratus* e **c)** *L. quadratus*.

Lithraphidites carniolensis Deflandre, 1963

(Figura 69a; Estampa 14, Figuras 31-34)

1963. *Lithraphidites carniolensis* Deflandre, p. 3486, figs. 1-10.

1998. *Lithraphidites carniolensis* Black. Burnett *et al.*, est. 6.12, figs. 16-18.

Observações: Esta espécie praticamente não possui abas. Segundo Roth (1978) a razão entre o tamanho da haste e da aba deve ser maior do que 4,5 (figura 69a).

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Berriasiano Inferior - Maastrichtiano superior.

Lithraphidites praequadratus Roth, 1978

(Figura 69b; Estampa 14, Figuras 35-38)

1978. *Lithraphidites praequadratus* Roth, p. 749, est. 3, figs. 1-3.

1998. *Lithraphidites praequadratus* Roth. Burnett *et al.*, est. 6.12, figs. 19-20.

Observações: Esta espécie possui abas médias na lateral da haste e segundo Roth (1978) a razão entre o tamanho da haste e da aba deve estar entre 3,5 e 4,5 (figura 69b).

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356 e Hole 525A*) a baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano superior.

Lithraphidites quadratus Bramlette & Martini, 1964

(Figura 69c; Estampa 14, Figuras 39-42)

1964. *Lithraphidites quadratus* Bramlette & Martini, pp. 310, 312, est. 6, figs. 16-17; est. 7, fig. 8.

1998. *Lithraphidites quadratus* Bramlette & Martini. Burnett *et al.*, est. 6.12, figs. 22-23.

Observações: *Lithraphidites quadratus* difere das outras espécies do gênero por possuir abas grandes na lateral da haste. Segundo Roth (1978) a razão entre o tamanho da haste e da aba deve ser menor que 3,5 (figura 69c).

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356 e Hole 525A*) a baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano superior.

Gênero *Microrhabdulus* Deflandre, 1959

Diagnose: Nanolitos em forma de bastão construídos por diversos elementos. A composição e formato dos elementos que compõem o bastão são os fatores que diferenciam as espécies deste gênero. Normalmente em MO com nicóis cruzados o nanolito na posição de 0° mostra todos os elementos birrefringentes, porém ao girar a platina cria-se um efeito semelhante a um tabuleiro de xadrez onde um elemento é birrefringente e outro não, conforme figura 70.

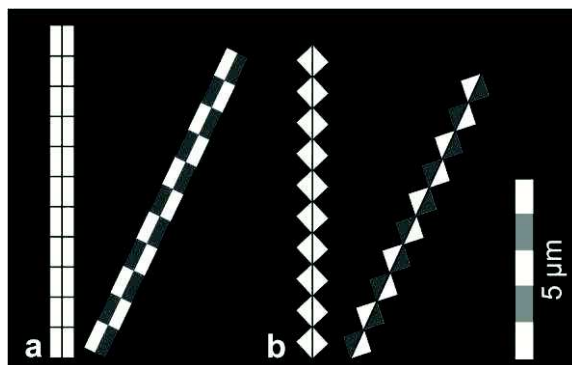


Figura 70 - Diferença entre as espécies do gênero *Microrhabdulus* identificadas. **a)** *M. decoratus* e **b)** *M. undosus*.

Microrhabdulus decoratus Deflandre, 1959

(Figura 70a; Estampa 15, Figuras 1-2)

1959. *Microrhabdulus decoratus* Deflandre, pp. 140-141, est. 4, figs. 1-5.

1998. *Microrhabdulus decoratus* Deflandre. Burnett *et al.*, est. 6.12, figs. 32-34.

Observações: Possui tamanho médio a muito grande e difere das demais espécies do gênero pelos elementos em forma retangular.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole* 690C e *Hole* 700B), médias (*Site* 355, *Site* 356, *Site* 358, *Hole* 525A e *Hole* 530A) e baixas (*Site* 354, *Hole* 661A e *Hole* 1258A).

Distribuição estratigráfica global: Cenomaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Microrhabdulus undosus Perch-Nielsen, 1973

(Figura 70b; Estampa 15, Figuras 5-8)

1973. *Microrhabdulus undosus* Perch-Nielsen, pp. 318-319, est. 10, figs. 1, 10-12.

1998. *Microrhabdulus undosus* Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.12, figs. 35-37.

Observações: Normalmente é fácil distinguir esta espécie das demais do gênero, pelos elementos em forma triangular que compõem o nanolito.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356 e Hole 525A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Pseudomicula* Perch-Nielsen em Perch-Nielsen *et al.*, 1978

Diagnose: Gênero composto por uma única espécie que consiste num nanolito de formato cúbico dividido em quatro segmentos de mesmo tamanho. A birrefringência é sempre alta a muito alta.

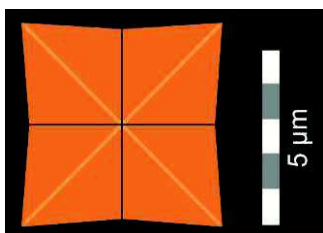


Figura 71 - Características principais de *Pseudomicula quadrata*.

Pseudomicula quadrata Perch-Nielsen em Perch-Nielsen *et al.*, 1978

(Figura 71; Estampa 15, Figuras 9-12)

1978. *Pseudomicula quadrata* Perch-Nielsen em Perch-Nielsen *et al.*, pp. 350-351, est. 1, figs. 43-44; est. 7, figs. 3, 6, 9.

1998. *Pseudomicula quadrata* Perch-Nielsen em Perch-Nielsen *et al.* Burnett *et al.*, est. 6.12, fig. 24.

Observações: veja diagnose do gênero.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356 e Hole 525A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano inferior - superior.

Família NANNOCONACEAE Deflandre, 1959

Gênero *Nannoconus* Kamptner, 1931

Diagnose: Gênero composto por nanolitos de diversas formas (normalmente cone, globo ou cilindro) com a parede composta por diversas placas dispostas em espiral. O centro do nanolito é oco caracterizando um canal. No material aqui estudado não foram recuperados muitos exemplares deste gênero e todos eles foram identificados em vista apical, fato que impossibilita a diferenciação da espécie.

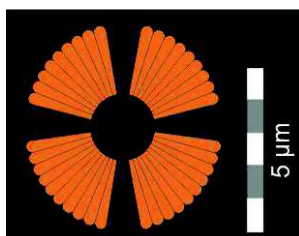


Figura 72 - Características principais de *Nannoconus* sp. (vista apical).

Nannoconus sp.

(Figura 72; Estampa 15, Figuras 13-16)

Observações: Os exemplares identificados neste estudo foram todos recuperados em vista apical, onde é possível somente visualizar os elementos que compõem a parede do nanolito e a abertura central, ou canal (estampa 15, figuras 13-16). Neste caso nenhum dos exemplares pôde ser descrito em nível de espécie.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 530A*).

Família POLYCYCLOLITHACEAE Forchheimer, 1972 emend. Varol, 1992

Gênero *Eprolithus* Stover, 1966

Diagnose: Gênero composto por nanolitos com formato circular a estrelado, formados por cinco a nove elementos petalóides e um diafragma médio na área central. A diferença entre as espécies se dá basicamente pela quantidade de elementos que formam o nanolitos e o diâmetro do diafragma.

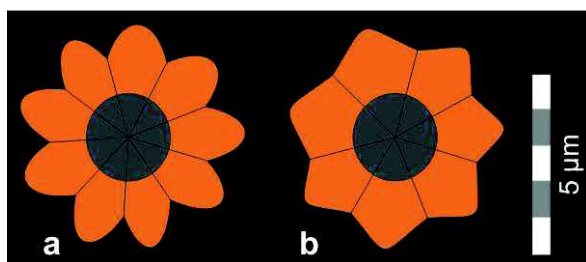


Figura 73 - Diferença entre as espécies do gênero *Eprolithus* identificadas. **a)** *E. floralis* e **b)** *E. moratus*.

Eprolithus floralis (Stradner, 1962) Stover, 1966

(Figura 73a; Estampa 15, Figuras 17-20)

1962. *Lithastrinus floralis* Stradner, pp. 370, 372, est. 2, figs. 7-11.

1966. *Eprolithus floralis* (Stradner) Stover, p. 149, est. 7, figs. 4-7; est. 9, fig. 21.

1998. *Eprolithus floralis* (Stradner) Stover. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 3a-b.

Observações: Exemplos médios a grandes formados por nove elementos petalóides.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 700B*), médias (*Hole 530A*) e baixas (*Hole 661A*).

Distribuição estratigráfica global: Aptiano inferior - Campaniano inferior.

Eprolithus moratus (Stover, 1966) Burnett *et al.*, 1998

(Figura 73b; Estampa 15, Figuras 21-24)

1966. *Lithastrinus moratus* Stover, p. 149, est. 7, figs. 20a-b.

1992. *Eprolithus eptapetalus* Varol, p. 104, est. 1, figs. 2-4; est. 6, figs. 8-13.

1998. *Eprolithus moratus* Stover. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 5a-6.

Observações: Exemplos médios a grandes formados por sete elementos petalóides.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Santoniano superior.

Gênero *Lithastrinus* Stradner, 1962

Diagnose: Nanolitos radiados formados por dois ciclos com quatro a sete elementos curvados e um diafragma muito pequeno. Normalmente em MO um ciclo sobrepõem o outro, impedindo a visualização dos dois (menos em *L. quadricuspis*). A característica

que diferencia as espécies do gênero é a quantidade de elementos que compõem o nanolito.

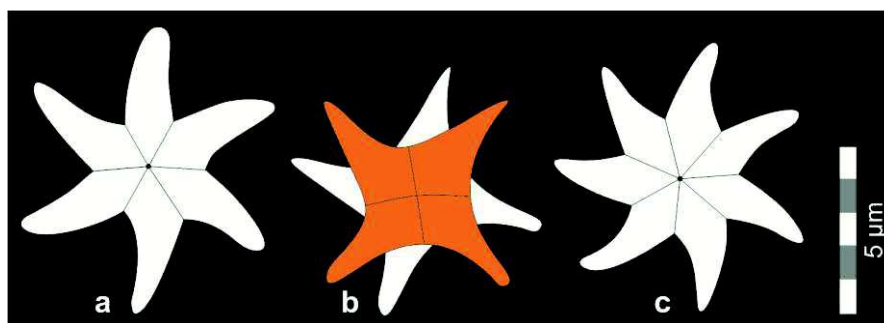


Figura 74 - Diferença entre as espécies do gênero *Lithastrinus* identificadas. **a)** *L. grillii*; **b)** *L. quadricuspis* and **c)** *L. septenarius*.

Lithastrinus grillii (Stradner, 1962) Stover, 1966

(Figura 74a; Estampa 15, Figuras 25-28)

1962. *Lithastrinus grillii* Stradner, pp. 369-370, est. 2, figs. 1-5.

1998. *Lithastrinus grillii* Stradner. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 9a-b.

Observações: *Lithastrinus grillii* possui tamanho médio a grande e é caracterizada pela presença de seis elementos curvados.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511 e Hole 700B*), médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano superior - Campaniano superior.

Lithastrinus quadricuspis Farhan, 1987

(Figura 74b; Estampa 15, Figuras 31-36)

1987. *Lithastrinus quadricuspis* Farhan, p. 59, est. 1, figs. 1-4; est. 2, fig. 1.

1998. *Lithastrinus quadricuspis* Farhan. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 10a-b.

Observações: Esta espécie possui tamanho médio e é caracterizada por quatro elementos curvados. A característica principal, além da quantidade de elementos é que ao mudar o foco de visão no microscópio é possível visualizar o segundo ciclo que compõem o nanolito, conforme estampa 15, figuras 31-36.

Material estudado: Identificada somente em latitudes baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano superior.

Lithastrinus septenarius Forchheimer, 1972

(Figura 74c; Estampa 15, Figuras 29-30)

1972. *Lithastrinus septenarius* Forchheimer, pp. 53-54, est. 24, figs. 1-4; est. 27, fig. 2.

1998. *Lithastrinus septenarius* Forchheimer. Burnett *et al.*, est. 6.13, fig. 7.

Observações: Exemplos desta espécie são caracterizados pela presença de sete elementos curvados.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano médio - Santoniano inferior.

Gênero *Micula* Vekshina, 1959

Diagnose: Este gênero é composto por nanolitos normalmente cubiformes formados por quatro elementos. A diferença entre as espécies do gênero está principalmente no formato do nanolito e no modo como os quatro elementos que o compõem estão dispostos.

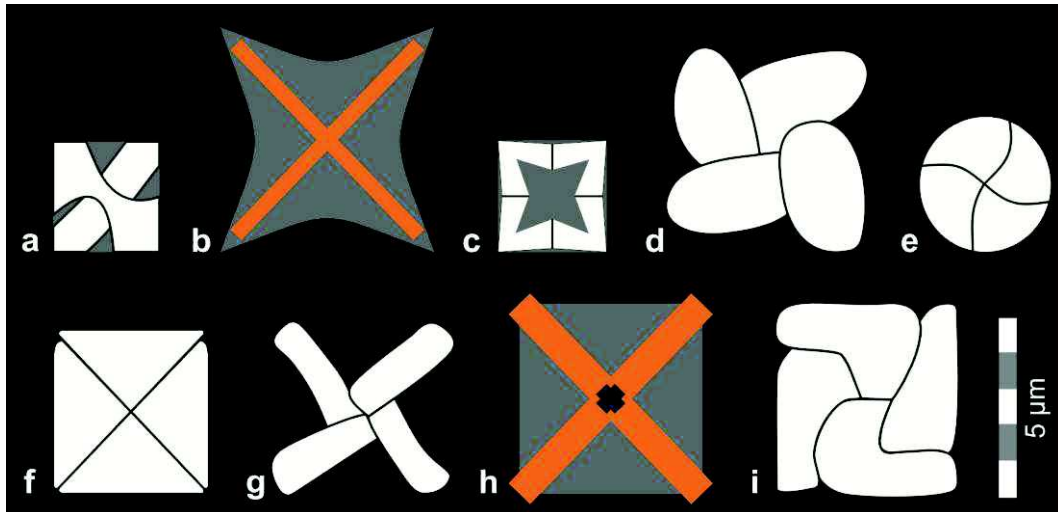


Figura 75 - Diferença entre as espécies do gênero *Micula* identificadas. a) *M. adumbrata*; b) *M. concava*; c) *M. cubiformis*; d) *M. murus*; e) *M. praemurus*; f) *M. premolisilvae*; g) *M. prinsii*; h) *M. staurophora* e i) *M. swastica*.

Micula adumbrata Burnett, 1997b

(Figura 75a; Estampa 15, Figuras 37-40)

1997b. *Micula adumbratus* Burnett, p. 137, est. 1, figs. 23a-d.

1998. *Micula adumbrata* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 24a-c.

Observações: *Micula adumbrata* possui tamanho pequeno a médio e dependendo do ângulo que é analisada fica difícil de discernir se pertence ao grupo de espécies do gênero *Micula* ou *Quadrum*. A característica que a distingue das demais espécies do gênero é que apesar de ser composta de quatro elementos, há uma posição (ao girar a platina) onde dois destes elementos se juntam para formar um elemento só (figura 75a).

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A*).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - superior.

Micula concava (Stradner em Martini & Stradner, 1960) Verbeek, 1976

(Figura 75b; Estampa 15, Figuras 41-42; Estampa 16, Figuras 1-2)

1960. *Nannotraster concavus* Stradner em Martini & Stradner, p. 269, fig. 18.

1976. *Micula concava* (Stradner em Martini & Stradner) Verbeek, p. 147, est. 2, fig. 3.

1998. *Micula concava* (Stradner em Martini & Stradner) Verbeek. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 23b-c.

Observações: Varia de tamanho médio a grande e difere pela forma concava e o afinamento das extremidades do cubo.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Site 511*), médias (*Site 355, Site 356, Site 358, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Micula cubiformis Forchheimer, 1972

(Figura 75c; Estampa 16, Estampas 3-6)

1972. *Micula cubiformis* Forchheimer, pp. 54-55, est. 25, figs. 1,3-5.

1998. *Micula cubiformis* Forchheimer. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 23a.

Observações: Normalmente possui tamanho pequeno e formato marcadamente cúbico.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 355, Site 356, Site 358, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - Maastrichtiano superior.

Micula murus (Martini, 1961) Bukry, 1973b

(Figura 75d; Estampa 16, Figuras 7-10)

1961. *Tetralithus murus* Martini, p. 4, est. 1, fig. 6; est. 4, fig. 42.

1973b. *Micula mura* (Martini) Bukry, p. 679.

1998. *Micula murus* (Martini) Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 28-29.

Observações: Nesta espécie de tamanho médio os quatro elementos que a compõem estendem-se para fora dos limites do cubo.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano superior.

Micula praemurus (Bukry, 1973c) Stradner & Steinmetz, 1984

(Figura 75e; Estampa 16, Figuras 11-12)

1973c. *Tetralithus praemurus* Bukry, p. 308, est. 2, figs. 6-9.

1984. *Micula praemurus* (Bukry) Stradner & Steinmetz, p. 595.

1998. *Micula praemurus* (Bukry) Stradner & Steinmetz. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 27a-b.

Observações: *Micula praemurus* possui tamanho médio e difere principalmente pelo formato circular e pelas suturas em "S".

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Micula premolisilvae Lees & Bown, 2005

(Figura 75f; Estampa 16, Figuras 13-16)

2005. *Micula premolisilvae* Lees & Bown, p. 19, est. 8 figs. 22-30.

Observações: Esta espécie de tamanho médio a grande é formada por quatro elementos e caracterizada pelo formato quadrado a cruciforme. As suturas que cortam o nanolito podem ser retas ou ligeiramente curvadas.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano superior - Maastrichtiano superior.

Micula prinsii Perch-Nielsen, 1979a

(Figura 75g; Estampa 16, Figuras 17-20)

1979a. *Micula prinsii* Perch-Nielsen, p. 266, est. 1, figs. 11, 14-16.

1998. *Micula prinsii* Perch-Nielsen. Burnett *et al.*, est. 6.13, fig. 30.

Observações: Espécie semelhante a *M. murus*, porém difere por possuir a área de contato entre os elementos menor. Os quatro elementos ficam mais isolados entre si geralmente com forma próxima a de uma cruz.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano superior.

Micula staurophora (Gardet, 1955) Stradner, 1963

(Figura 75h; Estampa 16, Figuras 21-24)

1955. *Discoaster staurophorus* Gardet, p. 534, est. 10, fig. 96.

1963. *Micula staurophora* (Gardet) Stradner, p. 170.

1998. *Micula staurophora* (Gardet) Stradner. Burnett *et al.*, est. 6.13, fig. 25.

Observações: *Micula staurophora* possui a forma cúbica clássica do gênero. O tamanho desta espécie pode variar entre médio a grande. Normalmente o que se enxerga em MO são as linhas de sutura entre os elementos bem birrefringentes em forma de "X" enquanto os elementos que formam o cubo possuem birrefringência baixa a muito baixa.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Ilha James Ross, Hole 327A, Site 511, Hole 690C e Hole 700B*), médias (*Site 355, Site 356, Site 358, Hole 525A e Hole 530A*) e baixas (*Site 354, Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - Maastrichtiano superior.

Micula swastica Stradner & Steinmetz, 1984

(Figura 75i; Estampa 16, Figuras 25-28)

1984. *Micula swastica* Stradner & Steinmetz, p. 595, est. 31, figs. 3, 5-6.

1998. *Micula swastica* Stradner & Steinmetz. Burnett *et al.*, est. 6.13, fig. 26.

Observações: Exemplos de tamanho médio e forma cúbica que diferem das demais espécies do gênero pelo padrão curvado das suturas que dividem seus quatro elementos, formando um padrão em suástica.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 700B*), médias (*Site 355*, *Site 356*, *Site 358*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Quadrum* Prins & Perch-Nielsen em Manivit *et al.*, 1977

Diagnose: Nanolitos cubiformes a estrelados compostos por quatro a nove elementos. A descrição do gênero não menciona nenhuma abertura ou diafragma na região central embora a espécie *Q. svabenickae* seja caracterizada por uma depressão central.

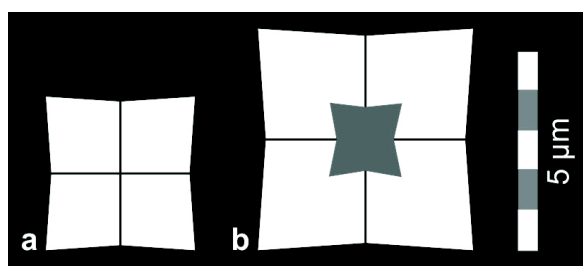


Figura 76 - Diferença entre as espécies do gênero *Quadrum* identificadas. **a)** *Q. gartneri* e **b)** *Q. svabenickae*.

Quadrum gartneri Prins & Perch-Nielsen em Manivit *et al.*, 1977

(Figura 76a; Estampa 16, Figuras 29-32)

1977. *Quadrum gartneri* Prins & Perch-Nielsen em Manivit *et al.*, pp. 177-178.

1998. *Quadrum gartneri* Prins & Perch-Nielsen em Manivit *et al.* Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 12a-b.

Observações: Geralmente possui tamanho pequeno a médio e é caracterizada pelo formato cúbico e pelas suturas que separam os quatro elementos compactos.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355*, *Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Maastrichtiano superior.

Quadrum svabenickae Burnett, 1997b

(Figura 76b; Estampa 16, Figuras 33-36)

1997. *Quadrum svabenickae* Burnett, p. 138, est. 1, figs. 22a-b.

1998. *Quadrum svabenickae* Burnett. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 21-22a.

Observações: Esta espécie possui características semelhantes a *Q. gartneri*, mas difere pelo tamanho maior e pela deressão presente na área central.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356 e Hole 530A*) e baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Coniaciano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Uniplanarius* Hattner & Wise, 1980

Diagnose: Gênero caracterizado por nanolitos em forma de estrela compostos por três ou quatro elementos dispostos no mesmo plano.

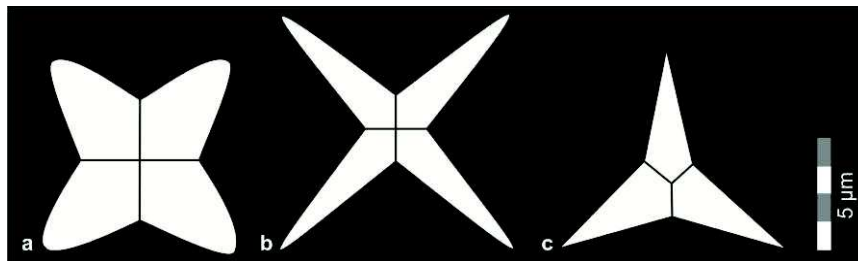


Figura 77 - Diferença entre as espécies do gênero *Uniplanarius* identificadas. **a)** *U. gothicus*; **b)** *U. sissinghii* e **c)** *U. trifidus*.

Uniplanarius gothicus (Deflandre, 1959) Hattner & Wise, 1980

(Figura 77a; Estampa 16, Figuras 37-40)

1959. *Tetralithus gothicus* Deflandre, p. 138, est. 3, fig. 25.

1977. *Quadrum gothicum* Prins & Perch-Nielsen em Manivit *et al.*, p. 178.

1980. *Uniplanarius gothicus* (Deflandre) Hattner & Wise, p. 68, est. 32, fig. 4; est. 42, figs. 4-5.

1998. *Uniplanarius gothicus* (Deflandre) Hattner & Wise. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 14-15.

Observações: *Uniplanarius gothicus* possui tamanho médio a grande e é composto por quatro elementos. Difere de *U. sissinghii* por não ter os elementos tão longos.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Maastrichtiano inferior.

Uniplanarius sissinghii (Perch-Nielsen, 1986) Farhan, 1987

(Figura 77b; Estampa 16, Figuras 41-42; Estampa 17, Figuras 1-2)

1986. *Quadrum sissinghii* Perch-Nielsen, pp. 838-839, est. 3, figs. 3-5.

1987. *Uniplanarius sissinghii* (Perch-Nielsen) Farhan, p. 59, est. 2, fig. 4.

1998. *Uniplanarius sissinghii* (Perch-Nielsen) Farhan. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 16-17.

Observações: Varia entre exemplares médios a muito grandes e difere das demais espécies do gênero pelos seus elementos em forma de raios longos.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano inferior.

Uniplanarius trifidus (Stradner em Stradner & Papp, 1961) Hattner & Wise, 1980

(Figura 77c; Estampa 17, Figuras 3-14)

1961. *Tetralithus gothicus trifidus* Stradner em Stradner & Papp, p. 124, est. 23, figs. 3a-c.

1977. *Quadrum trifidum* Prins & Perch-Nielsen em Manivit *et al.*, pp. 178-179.

1980. *Uniplanarius trifidus* (Stradner em Stradner & Papp) Hattner & Wise, p. 68, est. 32, figs. 5-6; est. 42, figs. 6-8.

1998. *Uniplanarius trifidus* (Stradner em Stradner & Papp) Hattner & Wise. Burnett *et al.*, est. 6.13, figs. 18-19b.

Observações: Possui tamanho variando entre médio a muito grande e é a única espécie do gênero com somente três raios, que podem ser curtos, médios ou longos (como pode ser visto na estampa 17, figuras 3-14).

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano inferior.

NANOLITOS DE AFINIDADE INCERTA OU NÃO CLASSIFICADOS

Gênero *Assipetra* Roth, 1973

Diagnose: Nanolitos globulares com birrefringência muito alta, sendo que a principal diferença entre as espécies está no tamanho. Devido à má preservação dos exemplares encontrados os mesmos não foram descritos em nível de espécie.

Assipetra sp.

(Estampa 17, Figuras 15-18)

Observações: Exemplares com tamanho médio a grande e birrefringência muito alta. Possuem a forma globular característica do gênero.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356, Hole 525A e Hole 530A*).

Gênero *Hexalithus* Gardet, 1955

Diagnose: Nanolitos pequenos compostos por seis elementos radiados e formato estrelado a hexagonal.



Figura 78 - Características principais de *Hexalithus gardetiae*.

Hexalithus gardetiae Bukry, 1969

(Figura 78; Estampa 17, Figuras 19-22)

1969. *Hexalithus gardetiae* Bukry, p. 63, est. 37, figs. 5-6.

1998. *Hexalithus gardetiae* Bukry. Burnett *et al.*, est. 6.14, fig. 2c.

Observações: *Hexalithus gardetiae* possui tamanho pequeno e formato subcircular composto por seis elementos. Em MO quatro elementos mostram birrefringência alta enquanto dois apresentam birrefringência média a baixa.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356 e Hole 530A*) a baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Santoniano inferior - Campaniano superior.

Gênero *Rucinolithus* Stover, 1966

Diagnose: Gênero caracterizado por nanolitos estrelados formados por cinco ou mais elementos imbricados.

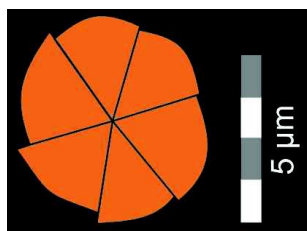


Figura 79 - Características principais de *Rucinolithus* sp.

Rucinolithus sp.

(Figura 79; Estampa 17, Figuras 23-24)

Observações: Nanolito arredondado de tamanho médio e birrefringência muito alta formado por seis elementos imbricados.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 690C*).

Gênero *Centosphaera* Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Diagnose: Gênero composto por somente uma espécie de tamanho grande a muito grande com formato circular. Em MO a área central possui birrefringência alta a muito alta e é repleta de poros/perfurações. A borda do nanolito é composta por diversos blocos que em MO possuem birrefringência muito alta.

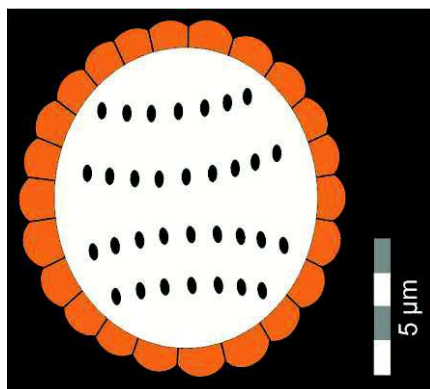


Figura 80 - Características principais de *Centosphaera barbata*.

Centosphaera barbata Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

(Figura 80; Estampa 17, Figuras 25-30)

1977. *Centosphaera barbata* Wind & Wise em Wise & Wind, p. 299, est. 25, figs 1-6; est. 26, figs. 1-3; est. 27, figs 1-7.

Observações: veja a diagnose do gênero.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Hole 327A* e *Hole 690C*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano inferior - Daniano (Paleoceno Inferior).

Gênero *Ceratolithoides* Bramlette & Martini, 1964

Diagnose: Este gênero é composto por nanolitos que variam na sua forma (cone, ponta de flecha e ferradura). Burnett (1997a) realizou estudo sobre este gênero, descrevendo de forma clara e objetiva todas as espécies. A taxonomia deste gênero possui diversos termos específicos, alguns deles mostrados na figura 3.10. A diferença principal entre as espécies está no formato, tamanho e na razão base:cone, conforme figura 81.

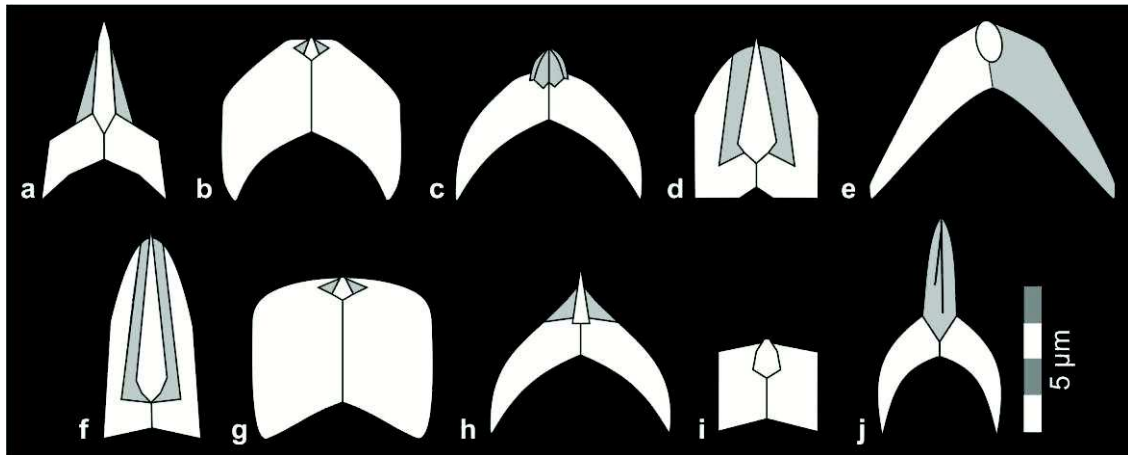


Figura 81 - Diferença entre as espécies do gênero *Ceratolithoides* identificadas. **a)** *C. aculeus*; **b)** *C. amplector*; **c)** *C. arcuatus*; **d)** *C. indiensis*; **e)** *C. kamptneri*; **f)** *C. longissimus*; **g)** *C. pricei*; **h)** *C. quasiarcuatus*; **i)** *C. self-trailiae* e **j)** *C. sesquipedalis*. Modificado de Burnett, 1997a.

Ceratolithoides aculeus (Stradner, 1961) Prins & Sissinghii em Sissinghii, 1977

(Figura 81a; Estampa 17, Figuras 31-34)

1961. *Ceratolithoides aculeus* Stradner, pp. 6-7, figs. 53-57.

1977. *Ceratolithoides aculeus* (Stradner) Prins & Sissinghii em Sissinghii, p. 60, est. 1, figs. 8a-d.

1997a. *Ceratolithoides aculeus* (Stradner) Prins & Sissinghii em Sissinghii. Burnett, p. 124, fig. 3, est. 1, figs. 3a-c.

Observações: *Ceratolithoides aculeus* possui tamanho médio a grande e é caracterizada pelo formato de ponta de flecha e dois chifres que compõem a base do nanolito. A razão base:cone é de ~1:1.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356, Site 358, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano superior.

Ceratolithoides amplector Burnett, 1997a

(Figura 81b; Estampa 17, Figuras 35-38)

1997a. *Ceratolithoides amplector* Burnett, p. 124, fig. 3, est. 1, figs. 12a-d.

Observações: Possui tamanho médio a grande com forma de ferradura bem compacta. No topo apresenta um pequeno cone em forma de botão encoberto em meio aos dois massivos chifres que compõem a base do nanolito. A razão base:cone é de ~6:1.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Ceratolithoides arcuatus Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

(Figura 81c; Estampa 17, Figuras 39-42)

1977. *Ceratolithoides arcuatus* Prins & Sissingh em Sissingh, p. 60, est. 1, figs. 6a-d.

1997a. *Ceratolithoides arcuatus* Prins & Sissingh em Sissingh. Burnett, p. 124, fig. 3, est. 1, figs. 5c-6.

Observações: Esta espécie possui formato de ferradura e é caracterizada pelos dois chifres que se afunilam na base do nanolito e pela presença de um pequeno cone no topo. A razão base:cone é de ~3:1.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano médio - Maastrichtiano superior.

Ceratolithoides indiensis Burnett, 1997a

(Figura 81d; Estampa 18, Figuras 1-4)

1997a. *Ceratolithoides indiensis* Burnett, p. 125, fig. 3, est. 1, figs. 9a-d.

Observações: Espécie de tamanho médio caracterizada pelo cone que é totalmente envolto pelos elementos dos dois chifres que se estendem para a parte superior do nanolito. A razão base:cone é de ~2:1. Difere de *C. longissimus* pelo segundo ter o cone maior

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 355, Site 356, Site 358, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Site 354 e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Ceratolithoides kamptneri Bramlette & Martini, 1964

(Figura 81e; Estampa 18, Figuras 5-8)

1964. *Ceratolithoides kamptneri* Bramlette & Martini, p. 308, est. 5, figs. 13-14.

1997a. *Ceratolithoides kamptneri* Bramlette & Martini. Burnett, p. 125, fig. 3, est. 1, fig. 8.

Observações: Espécie com tamanho pequeno a médio e clássico formato de ferradura. Apresenta dois chifres que se afunilam na base, nem sempre apresenta cone e quando o mesmo está presente é muito pequeno e não se projeta para fora dos chifres. A razão base:cone é de ~9:1 (quando o cone é presente).

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*) a baixas (*Hole 661A e Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano superior.

Ceratolithoides longissimus Burnett, 1997a

(Figura 81f; Estampa 18, Figuras 9-12)

1997a. *Ceratolithoides longissimus* Burnett, p. 125, fig. 3, est. 1, figs. 7a-b.

Observações: Espécie de tamanho médio a grande caracterizada pelo cone que é totalmente envolto pelos elementos dos dois chifres que se estendem para a parte superior do nanolito. Difere de *C. indiensis* pelo formato mais alongado do nanolito enquanto na última o formato é subcônico. A razão base:cone é de ~3:2.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A e Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Ceratolithoides pricei Burnett, 1997a

(Figura 81g; Estampa 18, Figuras 13-16)

1997a. *Ceratolithoides pricei* Burnett, p. 125, fig. 3, est. 1, figs. 13a-d.

Observações: Nanolito médio a grande com formato quadrado. Os dois chifres em forma de blocos envolvem um pequeno cone. Difere das demais espécies do gênero pela forma quadrada. A razão base:cone é de ~5:1.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356 e Hole 525A*) a baixas (*Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Ceratolithoides quasiarcuatus Burnett, 1997a

(Figura 81h; Estampa 18, Figuras 17-20)

1997a. *Ceratolithoides quasiarcuatus* Burnett, p. 126, fig. 3, est. 1, figs. 5a-b.

Observações: Nanolito médio a grande com formato de ferradura e presença de um pequeno cone. Pode ser confundida com *C. arcuatus*, mas difere pelo tamanho maior do cone. A razão base:cone é de ~2:1.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 525A*) a baixas (*Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Ceratolithoides self-trailiae Burnett, 1997a

(Figura 81i; Estampa 18, Figuras 21-22)

1997a. *Ceratolithoides self-trailiae* Burnett, p. 126, fig. 3, est. 1, figs. 15a-c.

Observações: Espécie pequena e de formato quadrado com a presença de um pequeno cone. A razão base:cone é de ~2.5:1.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Site 356, Hole 525A*) a baixas (*Hole 661A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Ceratolithoides sesquipedalis Burnett, 1997a

(Figura 81j; Estampa 18, Figuras 23-24)

1997a. *Ceratolithoides sesquipedalis* Burnett, p. 126, fig. 3, est. 1, figs. 4a-b.

Observações: *Ceratolithoides sesquipedalis* possui tamanho médio a grande e difere das demais espécies do gênero pelo formato de ponta de flecha e o cone longo. A razão base:cone é de ~1:2.

Material estudado: Identificada somente em latitudes médias (*Hole 525A*).

Distribuição estratigráfica global: Campaniano inferior - Maastrichtiano superior.

Gênero *Marthasterites* Deflandre, 1959

Diagnose: Nanolitos compostos por três raios que possuem terminações na maioria das vezes bifurcadas.

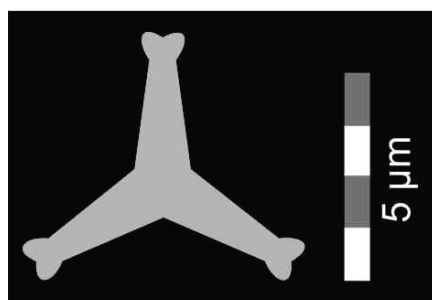


Figura 82 - Características principais de *Marthasterites furcatus*.

Marthasterites furcatus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Deflandre, 1959

(Figura 82; Estampa 18, Figuras 25-30)

1954. *Discoaster furcatus* Deflandre em Deflandre & Fert, p. 54, est. 13, fig. 14.

1959. *Marthasterites furcatus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Deflandre, p. 139, est. 2, figs. 3-12; est. 3, figs. 1-5.

1998. *Marthasterites furcatus* (Deflandre em Deflandre & Fert) Deflandre. Burnett *et al.*, est. 6.14, figs. 20, 25.

Observações: Nanolito médio a grande caracterizado pela presença de três raios bifurcados em suas terminações. Em MO aparecem normalmente com birrefringência baixa a muito baixa.

Material estudado: Identificada somente em latitudes altas (*Site 511*) a médias (*Hole 530A*).

Distribuição estratigráfica global: Turoniano inferior - Campaniano superior.

INDETERMINADOS

UFO2 Lees & Bown, 2005

(Estampa 18, Figuras 31-34)

2005. UFO2 Lees & Bown, est. 10, fig. 40.

Observações: Estes exemplares, identificados como "UFO2" por Lees & Bown (2005) foram recuperados em diversos poços deste estudo. Consistem em dois elementos alongados de birrefringência alta a muito alta que seriam os vértices de um cilindro. Apesar de ocorrerem em diversas seções pelo mundo ainda não há ideia de que organismos geram esse nanofóssil.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511* e *Hole 690C*), médias (*Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354* e *Hole 1258A*).

DINOFLAGELADOS CALCÁRIOS

Família THORACOSPHAERACEAE Schiller, 1930

Gênero *Cervisiella* Hildebrand-Habel *et al.*, 1999

Diagnose: Dinoflagelados calcários de forma circular, cuja diferença entre as espécies está na composição dos cristais que a compõem.

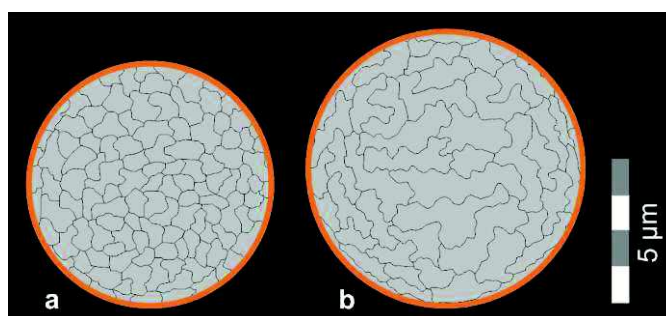


Figura 83 - Diferença entre as espécies do gênero *Cervisiella* identificadas. **a)** *C. operculata* e **b)** *C. saxea*.

Cervisiella operculata (Bramlette & Martini, 1964) Streng *et al.*, 2004

(Figura 83a; Estampa 18, Figuras 35-38)

1964. *Thoracosphaera operculata* Bramlette & Martini, pp. 305-306, est. 5, figs. 3-7.

2004. *Cervisiella operculata* (Bramlette & Martini) Streng *et al.* p. 467.

Observações: Possui tamanho grande a muito grande, formato basicamente circular e é composta por cristais pequenos. Pode ser encontrada inteira (esfera) ou em pedaços menores.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (*Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano inferior - Lutetiano (Eoceno Inferior).

Cervisiella saxea (Stradner, 1961) Hildebrand-Habel *et al.*, 1999

(Figura 83b; Estampa 18, Figuras 39-42)

1961. *Thoracosphaera saxea* Stradner, p. 8, fig. 71.

1999. *Cervisiella saxea* (Stradner) Hildebrand-Habel *et al.* pp. 78-79.

Observações: Possui as mesmas características da espécie anterior (*C. operculata*), porém a diferença está no tamanho maior e irregular dos cristais que a compõem.

Material estudado: Identificada em latitudes altas (Ilha James Ross, *Hole 327A*, *Site 511*, *Hole 690C* e *Hole 700B*), médias (*Site 356*, *Hole 525A* e *Hole 530A*) e baixas (*Site 354*, *Hole 661A* e *Hole 1258A*).

Distribuição estratigráfica global: Maastrichtiano superior - Serravalliano (Mioceno Médio)

Estampa 1

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada)

HETEROCOCÓLITOS

Ordem EIFFELLITHALES Rood *et al.*, 1971

Família CHIASTOZYGACEAE Rood *et al.*, 1973 emend. Varol & Girgis, 1994

Figuras 1-4 - *Ahmuellerella octoradiata*. (1-2) *Hole* 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (3-4) *Site* 511 / 24-5, Campaniano superior.

Figuras 5-8 - *Ahmuellerella regularis*. (5-6) *Site* 356 / 34-4, Campaniano médio - superior. (7-8) *Hole* 1258A / 35-2, Maastrichtiano inferior.

Figuras 9-12 - *Misceomarginatus pleniporus*. (9-10) *Hole* 327A / 13-2 e (11-12) *Site* 511 / 24-7, ambos do Campaniano superior.

Figuras 13-16 - *Monomarginatus quaternarius*. (13-14) *Hole* 327A / 13-1 e (15-16) *Site* 511 / 24-6, ambos do Campaniano superior.

Figuras 17-18 - *Staurolithites elongatus*. Ilha James Ross / 67, Campaniano inferior.

Figuras 19-22 - *Staurolithites flavus*. (19-20) *Site* 356 / 30-3 e (21-22) *Site* 356 / 30-4, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 23-26 - *Staurolithites imbricatus*. (23-24) *Site* 511 / 35-1, Campaniano inferior - superior. (25-26) *Hole* 661A / 17-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

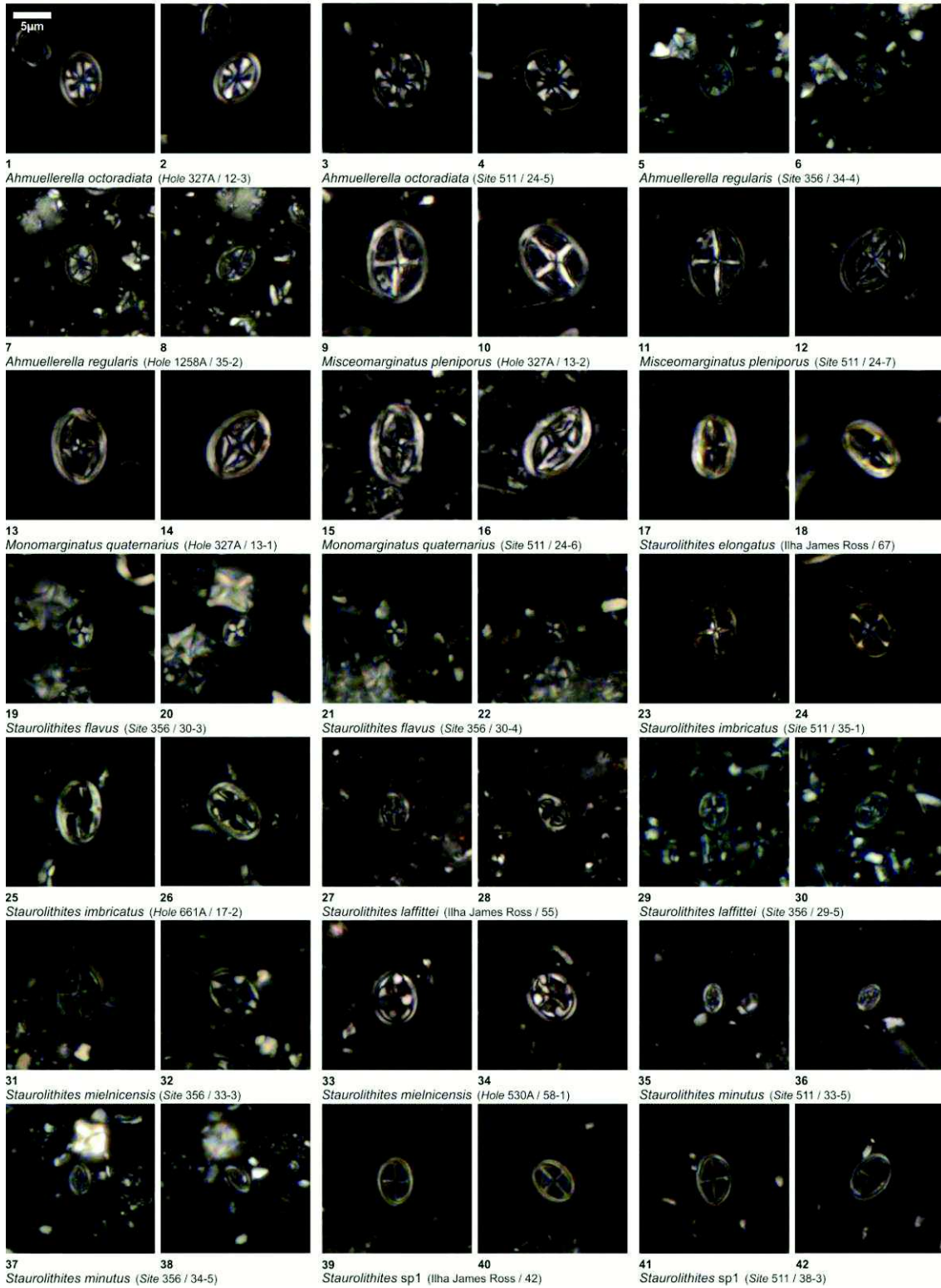
Figuras 27-30 - *Staurolithites laffittei*. (27-28) Ilha James Ross / 55, Campaniano inferior. (29-30) *Site* 356 / 29-5, Maastrichtiano superior.

Figuras 31-34 - *Staurolithites mielnicensis*. (31-32) *Site* 356 / 33-3 e (33-34) *Hole* 530A / 59-1, ambos do Campaniano superior.

Figuras 35-38 - *Staurolithites minutus*. (35-36) *Site* 511 / 33-5, Campaniano inferior - superior. (37-38) *Site* 356 / 34-5, Campaniano médio - superior.

Figuras 39-42 - *Staurolithites* sp1. (39-40) Ilha James Ross / 42, Campaniano inferior. (41-42) *Site* 511 / 38-3, Campaniano inferior - superior.

Estampa 1



Estampa 2

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada)

Família CHIASTOZYGACEAE Rood *et al.*, 1973 emend. Varol & Girgis, 1994

Figuras 1-4 - *Placozygus fibuliformis*. (1-2) *Hole* 327A / 13-1 e (3-4) *Hole* 530A / 59-2, ambos do Campaniano superior.

Figuras 5-8 - *Reinhardtites anthophorus*. (5-6) *Site* 356 / 33-2, Campaniano superior. (7-8) *Hole* 530A / 79-5, Campaniano inferior.

Figuras 9-12 - *Reinhardtites levis*. (9-10) *Site* 511 / 24-5 e (11-12) *Hole* 690C / 21-1, ambos do Campaniano superior.

Figuras 13-16 - *Tranolithus gabalus*. (13-14) *Site* 356 / 33-1, Campaniano superior. (15-16) *Hole* 530A / 77-7, Campaniano inferior.

Figuras 17-20 - *Tranolitus minimus*. (17-18) *Site* 356 / 30-5, Maastrichtiano superior. (19-20) *Hole* 530A / 78-3, Campaniano inferior.

Figuras 21-24 - *Tranolithus orionatus*. (21-22) *Hole* 690C / 22-1 e (23-24) *Hole* 700B / 43-7, ambos do Campaniano superior.

Figuras 25-28 - *Tranolithus salillum*. (25-26) Ilha James Ross / 56, Campaniano inferior. (27-28) *Hole* 690C / 20-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

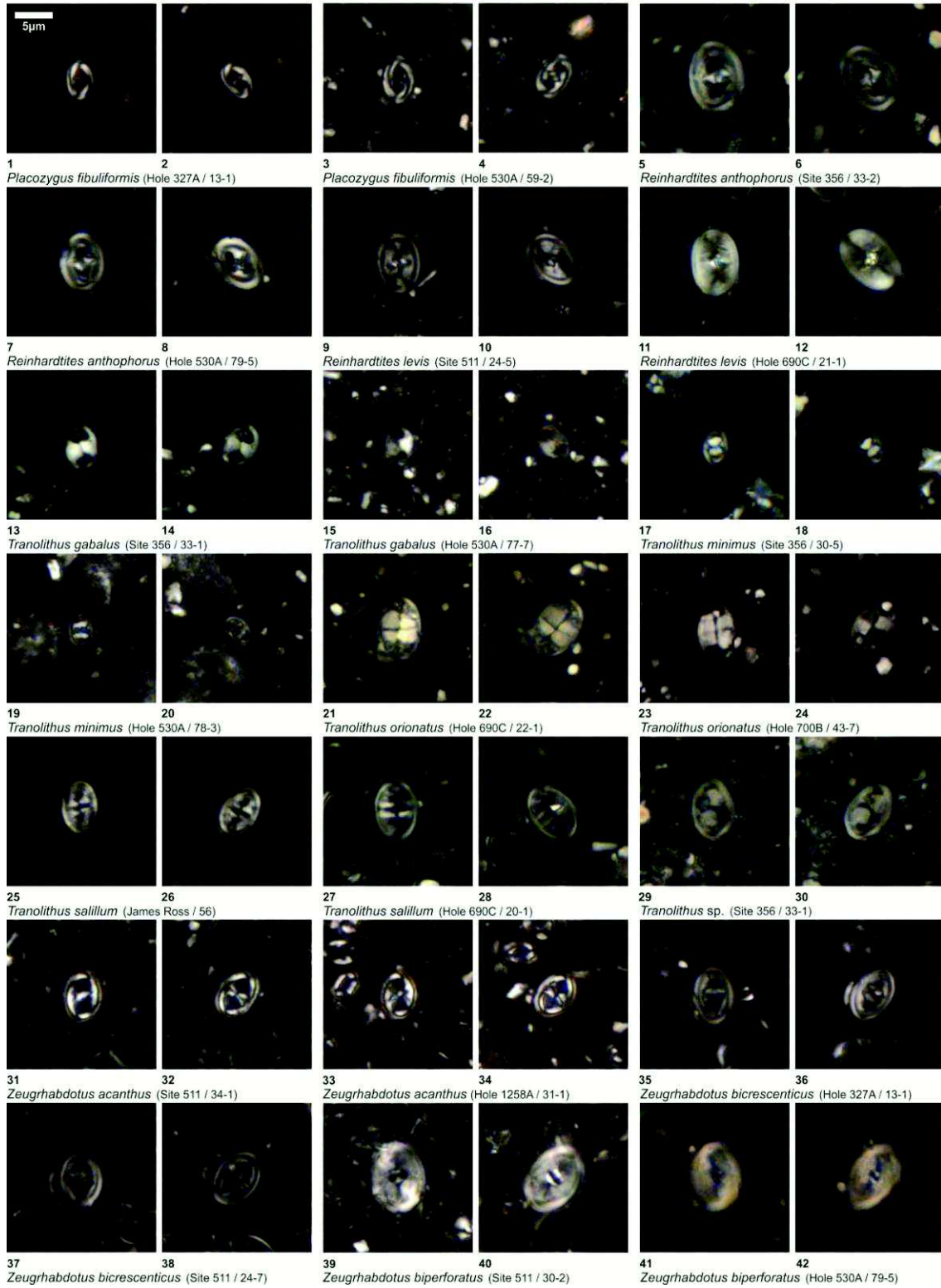
Figuras 29-30 - *Tranolithus* sp. *Site* 356 / 33-1, Campaniano superior.

Figuras 31-34 - *Zeugrhabdotus acanthus*. (31-32) *Site* 511 / 34-1, Campaniano inferior / superior. (33-34) *Hole* 1258A / 31-1, Maastrichtiano superior.

Figuras 35-38 - *Zeugrhabdotus bicrescenticus*. (35-36) *Hole* 327A / 13-1 e (37-38) *Site* 511 / 24-7, ambos do Campaniano superior.

Figuras 39-42 - *Zeugrhabdotus biperforatus*. (39-40) *Site* 511 / 30-2, Campaniano inferior - superior. (41-42) *Hole* 530A / 79-5, Campaniano inferior.

Estampa 2



Estampa 3

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada)

Família CHIASTOZYGACEAE Rood *et al.*, 1973 emend. Varol & Girgis, 1994

Figuras 1-4 - *Zeugrhabdotus diplogrammus*. (1-2) *Hole* 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (3-4) *Hole* 1258A / 41-2, Campaniano superior.

Figuras 5-8 - *Zeugrhabdotus embergeri*. (5-6) *Hole* 530A / 79-5, Campaniano inferior. (7-8) *Hole* 661A / 17-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior

Figuras 9-12 - *Zeugrhabdotus erectus*. (9-10) *Site* 511 / 41-1, Campaniano inferior - superior. (11-12) *Site* 356 / 33-6, Campaniano superior.

Figuras 13-16 - *Zeugrhabdotus praesigmoides*. (13-14) *Hole* 530A / 60-2, Campaniano superior. (15-16) *Hole* 661A / 14-8, Maastrichtiano inferior.

Figuras 17-20 - *Zeugrhabdotus sigmoides*. (17-18) *Site* 511 / 24-1 e (19-20) *Site* 356 / 33-1, ambas do Campaniano superior.

Figuras 21-24 - *Zeugrhabdotus sigmoides* (grande). (21-22) *Site* 511 / 40-3 e (23-24) *Site* 511 / 41-1, ambas do Campaniano inferior / superior.

Figuras 25-28 - *Zeugrhabdotus trivectis*. (25-26) *Site* 511 / 39-1, Campaniano inferior - superior. (27-28) *Hole* 1258A / 31-5, Maastrichtiano superior.

Figuras 29-30 - *Zeugrhabdotus* sp1. *Site* 356 / 33-5, Campaniano superior.

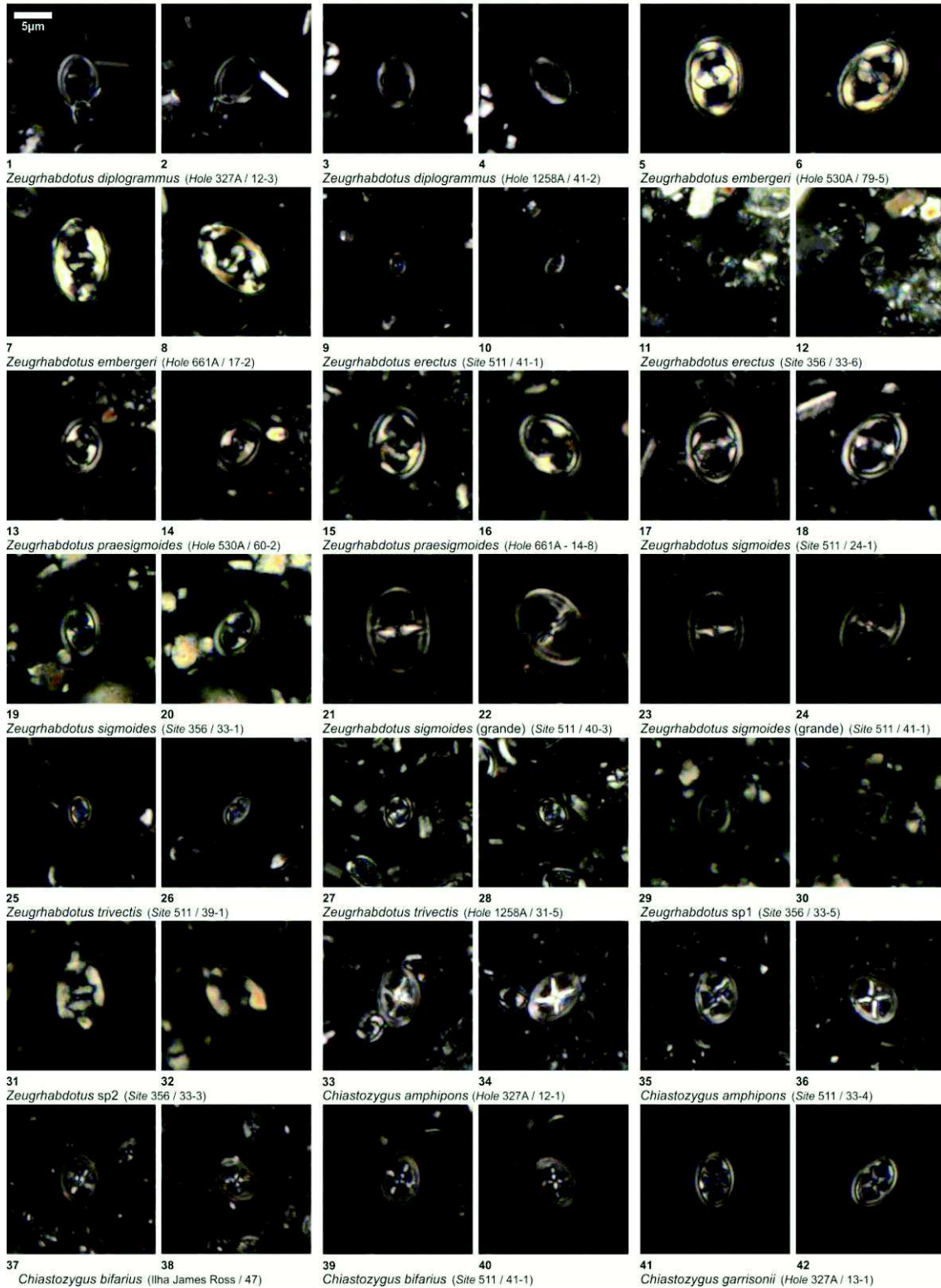
Figuras 31-32 - *Zeugrhabdotus* sp2. *Site* 356 / 33-3, Campaniano superior.

Figuras 33-36 - *Chiastozygus amphipons*. (33-34) *Hole* 327A / 12-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (35-36) *Site* 511 / 33-4, Campaniano inferior - superior.

Figuras 37-40 - *Chiastozygus bifarius*. (37-38) Ilha James Ross / 47, Campaniano inferior. (39-40) *Site* 511 / 41-1, Campaniano inferior - superior.

Figuras 41-42 - *Chiastozygus garrisonii*. *Hole* 327A / 13-1, Campaniano superior.

Estampa 3



Estampa 4

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada)

Família CHIASTOZYGACEAE Rood *et al.*, 1973 emend. Varol & Girgis, 1994

Figuras 1-2 - *Chiastozygus garrisonii*. Site 511 / 24-7, Campaniano superior.

Figuras 3-6 - *Chiastozygus litterarius*. (3-4) Hole 530A / 76-5, Campaniano inferior - médio. (5-6) Hole 1258A / 35-2, Maastrichtiano inferior.

Figuras 7-8 - *Chiastozygus stylesii*. Ilha James Ross / 80, Campaniano inferior.

Figuras 9-12 - *Chiastozygus synquadriperforatus*. (9-10) Site 511 / 34-1, Campaniano inferior - superior. (11-12) Site 356 / 31-3, Maastrichtiano superior.

Figuras 13-16 - *Chiastozygus trabalis*. (13-14) Site 356 / 34-1, Campaniano médio - superior. (15-16) Hole 1258A / 41-2, Campaniano superior.

Figuras 17-20 - *Neocrepidolithus watkinsii*. (17-18) Hole 327A / 13-2 e (19-20) Site 511 / 24-2, ambos do Campaniano superior.

Figuras 21-24 - *Loxolithus armilla*. (21-22) Site 511 / 40-3, Campaniano inferior - superior. (23-24) Hole 661A / 17-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Família EIFFELLITHACEAE Reinhardt, 1965

Figuras 25-28 - *Eiffellithus eximius*. (25-26) Site 511 / 33-2, Campaniano inferior - superior. (27-28) Hole 530A / 78-7, Campaniano inferior.

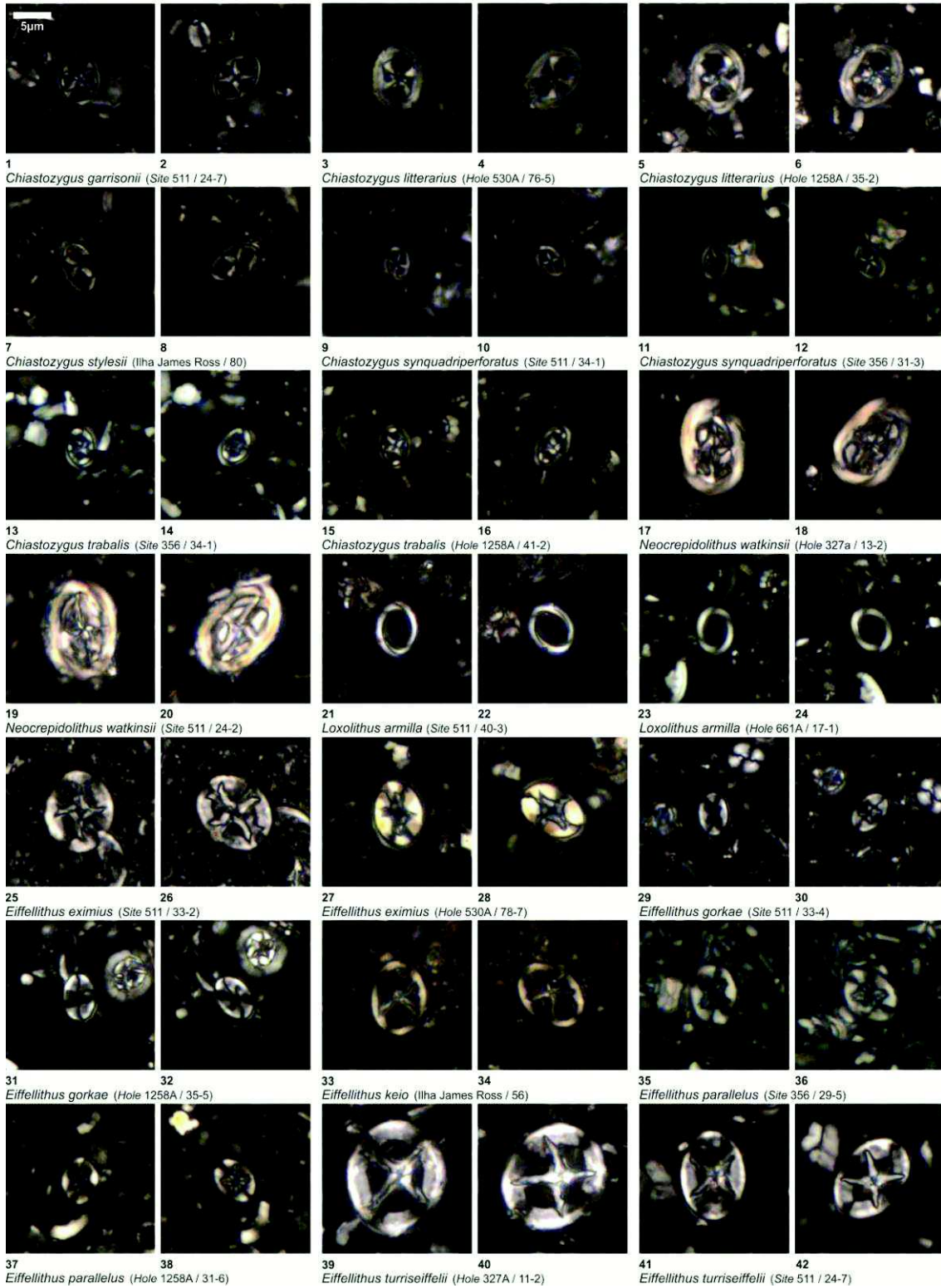
Figuras 29-32 - *Eiffellithus gorkae*. (29-30) Site 511 / 33-4, Campaniano inferior - superior. (31-32) Hole 1258A / 35-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 33-34 - *Eiffellithus keio*. Ilha James Ross, Campaniano inferior.

Figuras 35-38 - *Eiffellithus parallelus*. (35-36) Site 356 / 29-5 e (37-38) Hole 1258A / 31-6, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 39-42 - *Eiffellithus turriseiffelii*. (39-40) Hole 327A / 11-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (41-42) Site 511 / 24-7, Campaniano superior.

Estampa 4



Estampa 5

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada)

Família EIFFELLITHACEAE Reinhardt, 1965

Figuras 1-4 - *Helicolithus anceps*. (1-2) *Hole* 700B / 50-2, Campaniano inferior - superior. (2-3) *Hole* 530A / 77-2, Campaniano inferior.

Figuras 5-8 - *Helicolithus compactus*. (5-6) *Hole* 327A / 12-4, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (7-8) *Site* 511 / 33-3, Campaniano inferior - superior.

Figuras 9-12 - *Helicolithus trabeculatus*. (9-10) *Site* 511 / 41-1, Campaniano inferior - superior. (11-12) *Hole* 530A / 80-3, Campaniano inferior.

Figuras 13-16 - *Tegumentum lucidum*. (13-14) Ilha James Ross / 47, Campaniano inferior. (15-16) *Hole* 530A / 68-3, Campaniano Médio.

Figuras 17-20 - *Tegumentum stradneri*. (17-18) *Site* 356 / 33-3, Campaniano superior. (19-20) *Hole* 530A / 77-4, Campaniano inferior.

Família RAGHODISCACEAE Hay, 1977

Figuras 21-24 - *Percivalia dunkleyjonesii*. (21-22) Ilha James Ross / 47, Campaniano inferior. (23-24) *Site* 511 / 38-3, Campaniano inferior - superior.

Figuras 25-28 - *Percivalia fenestrata*. (25-26) Ilha James Ross / 42, Campaniano inferior. (27-28) *Site* 511 / 40-3, Campaniano inferior - superior.

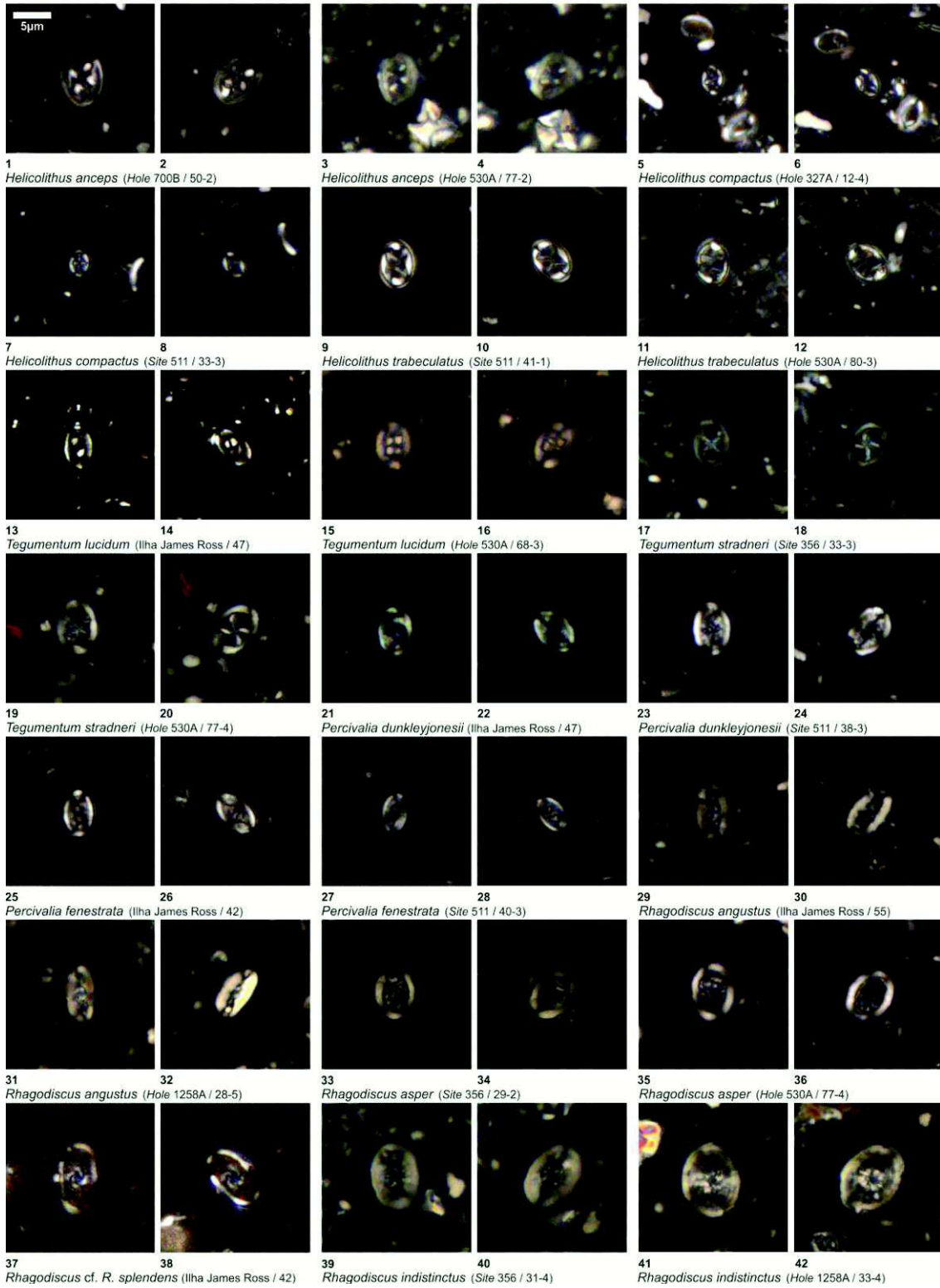
Figuras 29-32 - *Rhagodiscus angustus*. (29-30) Ilha James Ross / 55, Campaniano inferior. (31-32) *Hole* 1258A / 28-5, Maastrichtiano superior.

Figuras 33-36 - *Rhagodiscus asper*. (33-34) *Site* 356 / 29-2, retrabalhado em Paleoceno. (35-36) *Hole* 530A / 77-4, Campaniano inferior.

Figuras 37-38 - *Rhagodiscus* cf. *R. splendens*. Ilha James Ross / 42, Campaniano inferior.

Figuras 39-42 - *Rhagodiscus indistinctus*. (39-40) *Site* 356 / 31-4, Maastrichtiano superior. (41-42) *Hole* 1258A / 33-4, Maastrichtiano inferior.

Estampa 5



Estampa 6

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Nas figuras 22, 24, 26, 28, 32 e 34 foi inserida a placa de gipso)

Família EIFFELLITHACEAE Reinhardt, 1965

Figuras 1-4 - *Rhagodiscus reniformis*. (1-2) Ilha James Ross / 47, Campaniano inferior.
(2-3) Site 511 / 36-1, Campaniano inferior - superior.

Figuras 5-8 - *Rhagodiscus splendens*. (5-6) Site 356 / 33-4, Campaniano superior. (7-8)
Hole 1258A / 29-4, Maastrichtiano superior.

Ordem STEPHANOLITHIALES Bown & Young, 1997

Família STEPHANOLITHIACEAE Black, 1968

Figuras 9-12 - *Corollithion completum*. (9-10) Site 356 / 30-6 e (11-12) Hole 1258A /
29-1, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 13-16 - *Corollithion madagaskarensis*. (13-14) Hole 530A / 71-2, Campaniano
inferior - médio. (15-16) Hole 1258A / 34-5, Maastrichtiano inferior.

Figuras 17-20 - *Corollithion signum*. (17-18) Site 511 / 40-3, Campaniano inferior -
superior. (19-20) Hole 530A / 79-5, Campaniano inferior.

Figuras 21-24 - *Cylindralithus biarcus*. (21-22) Site 355 / 20-2, Campaniano médio.
(23-24) Hole 661A / 16-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 25-28 - *Cylindralithus sculptus*. (25-26) Hole 530A / 80-3 e (27-28) Hole 530A
/ 78-3, ambos do Campaniano inferior.

Figuras 29-32 - *Cylindralithus serratus*. (29-30) Hole 700B / 47-2, Campaniano
superior. (31-32) Hole 530A / 77-7, Campaniano inferior.

Figuras 33-36 - *Perchnielsenella stradneri*. (33-34) Hole 661A / 15-3, Maastrichtiano
inferior. (35-36) Site 356 / 34-3, Campaniano médio / superior.

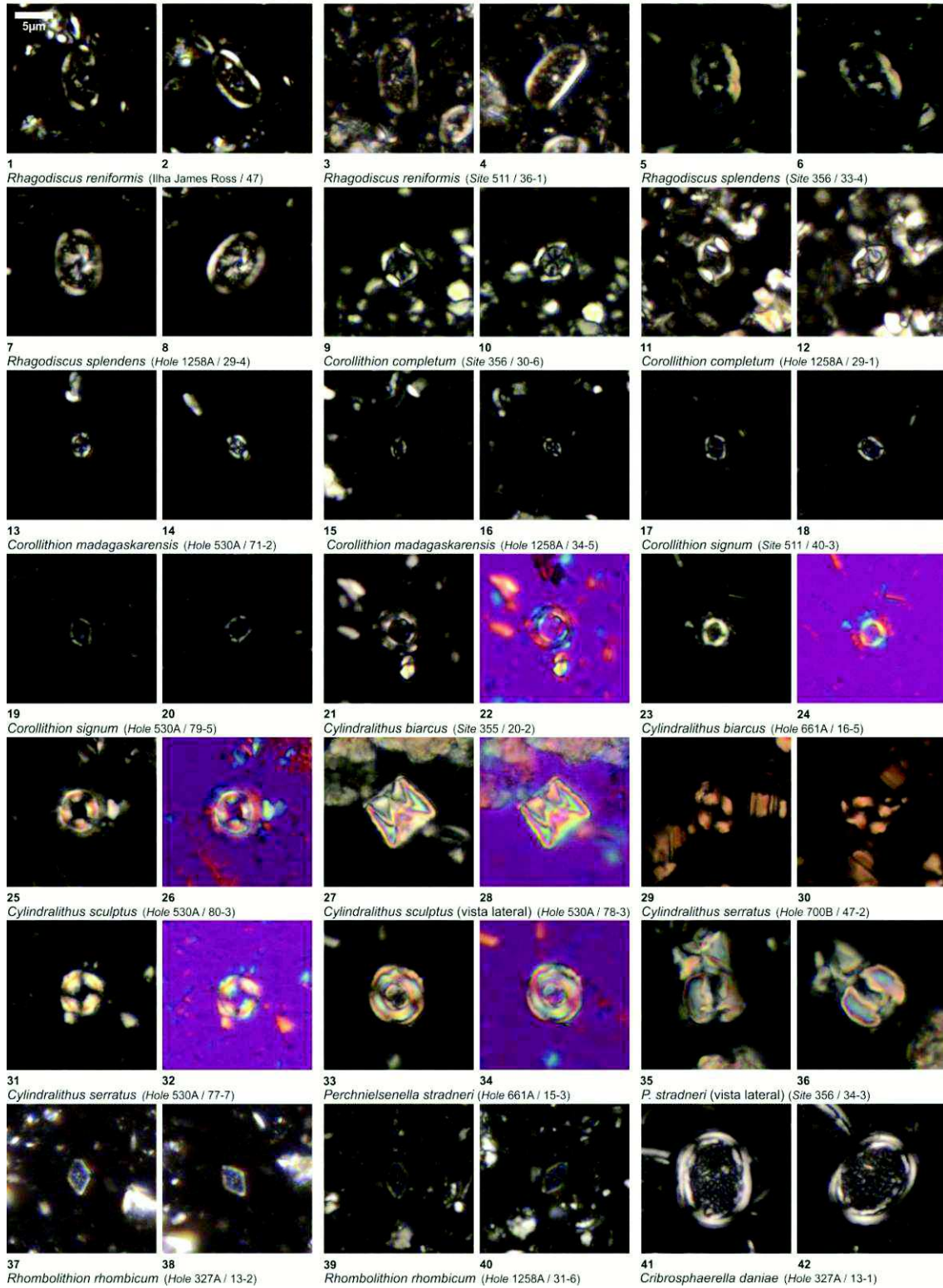
Figuras 37-40 - *Rhombolithion rhombicum*. (37-38) Hole 327A / 13-2, Campaniano
superior. (39-40) Hole 1258A / 31-6, Maastrichtiano superior.

Ordem PODORHABDALES Rood *et al.*, 1971 emend. Bown, 1987

Família AXOPODORHABDACEAE Bown & Young, 1997

Figuras 41-42 - *Cribrosphaerella daniae*. Hole 327A / 13-1, Campaniano superior.

Estampa 6



Estampa 7

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada)

Família AXOPODORHABDACEAE Bown & Young, 1997

Figuras 1-2 - *Cribrosphaerella daniae*. Hole 690C / 19-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 3-6 - *Cribrosphaerella ehrenbergii*. (3-4) Site 355 / 18-1, Campaniano superior. (5-6) Hole 661A / 17-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 7-10 - *Cribracorona gallica*. (7-8) Site 356 / 30-4 e (9-10) Hole 530A / 50-3, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 11-14 - *Nephrolithus* cf. *N. corystus*. (11-12) Hole 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (13-14) Site 511 / 24-7, Campaniano superior.

Figuras 15-18 - *Nephrolithus corystus*. (15-16) Hole 327A / 12-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (17-18) Hole 690C / 20-2, Campaniano superior.

Figuras 19-22 - *Nephrolithus frequens*. (19-20) Hole 327A / 12-4 e (21-22) Hole 690C / 19-7, ambos do Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 23-26 - *Nephrolithus* sp. (23-24) Hole 327A / 12-4, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (25-26) Hole 690C / 22-2, Campaniano superior.

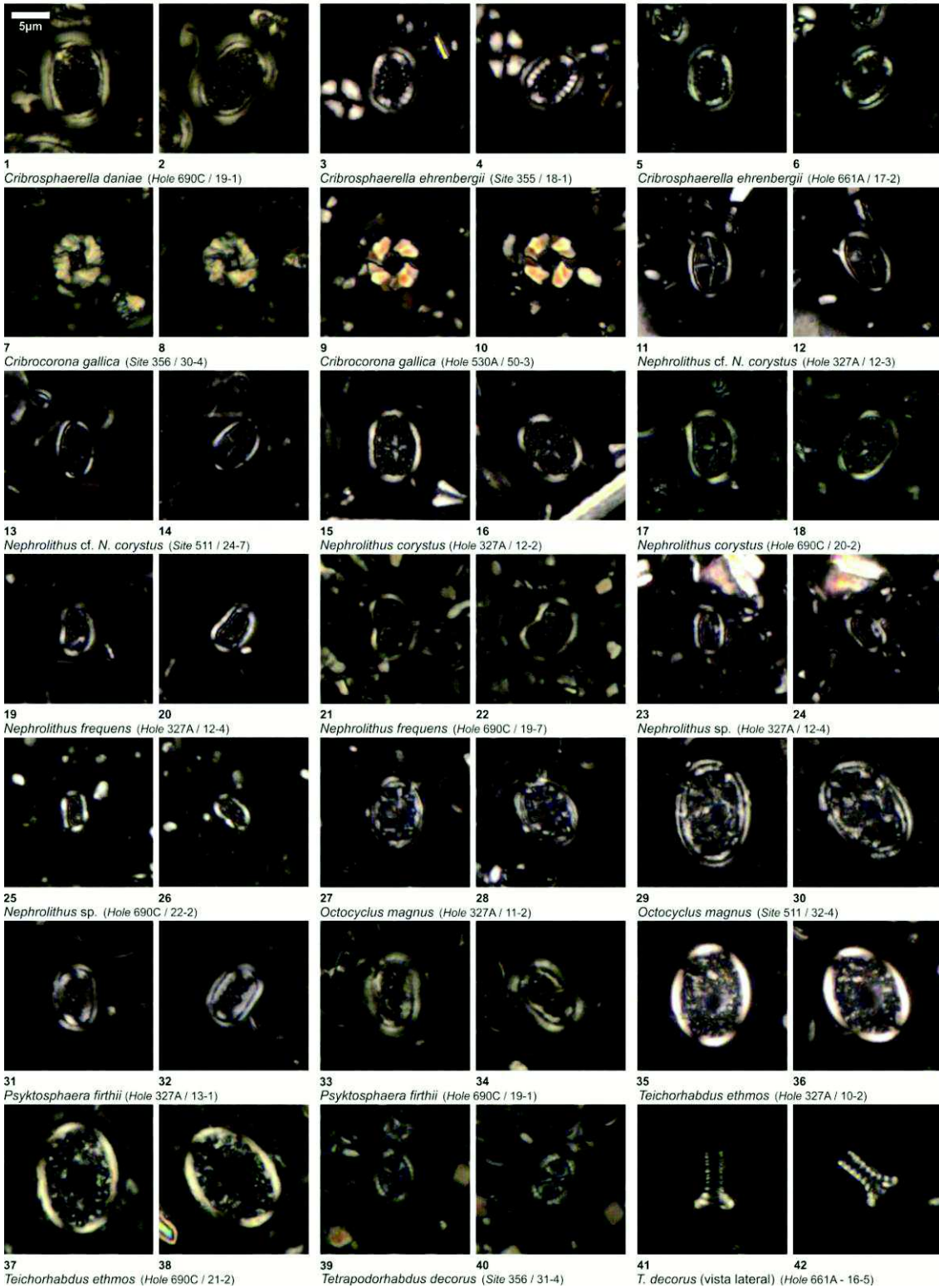
Figuras 27-30 - *Octocyclus magnus*. (27-28) Hole 327A / 11-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (29-30) Site 511 / 32-4, Campaniano inferior - superior.

Figuras 31-34 - *Psyktosphaera firthii*. (31-32) Hole 327A / 13-1, Campaniano superior. (33-34) Hole 690C / 19-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 35-38 - *Teichorhabdus ethmos*. (35-36) Hole 327A / 10-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (37-38) Hole 690C / 21-2, Campaniano superior.

Figuras 39-42 - *Tetrapodorhabdus decorus*. (39-40) Site 356 / 31-4, Maastrichtiano superior. 41-42) Hole 661A / 16-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Estampa 7



Estampa 8

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Nas figuras 34 e 36 foi inserida a placa de gipso)

Família BISCUTACEAE Black, 1971a

Figuras 1-4 - *Biscutum constans*. (1-2) *Hole* 690C / 19-4 e (3-4) *Hole* 661A / 17-1, ambos do Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 5-10 - *Biscutum coronum*. (5-6) *Hole* 327A / 13-2 e (7-8) *Hole* 690C / 21-2, ambos do Campaniano superior. (9-10) *Hole* 530A / 77-3, Campaniano inferior.

Figuras 11-14 - *Biscutum dissimilis*. (11-12) *Hole* 327A / 12-4, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (13-14) *Hole* 690C / 21-3, Campaniano superior.

Figuras 15-18 - *Biscutum magnum*. (15-16) *Hole* 327A / 12-4, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (17-18) *Site* 511 / 24-7, Campaniano superior.

Figuras 19-22 - *Biscutum melaniae*. (19-20) *Hole* 690C / 21-4, Campaniano superior. (21-22) *Hole* 530A / 76-5, Campaniano inferior - médio.

Figuras 23-26 - *Biscutum notaculum*. (23-24) *Site* 511 / 24-7 e (25-26) *Hole* 690C / 21-1, ambos do Campaniano superior.

Figuras 27-30 - *Boletuvelum candens*. (27-28) *Hole* 327A / 13-1, Campaniano superior. (29-30) *Site* 511 / 38-5, Campaniano inferior - superior.

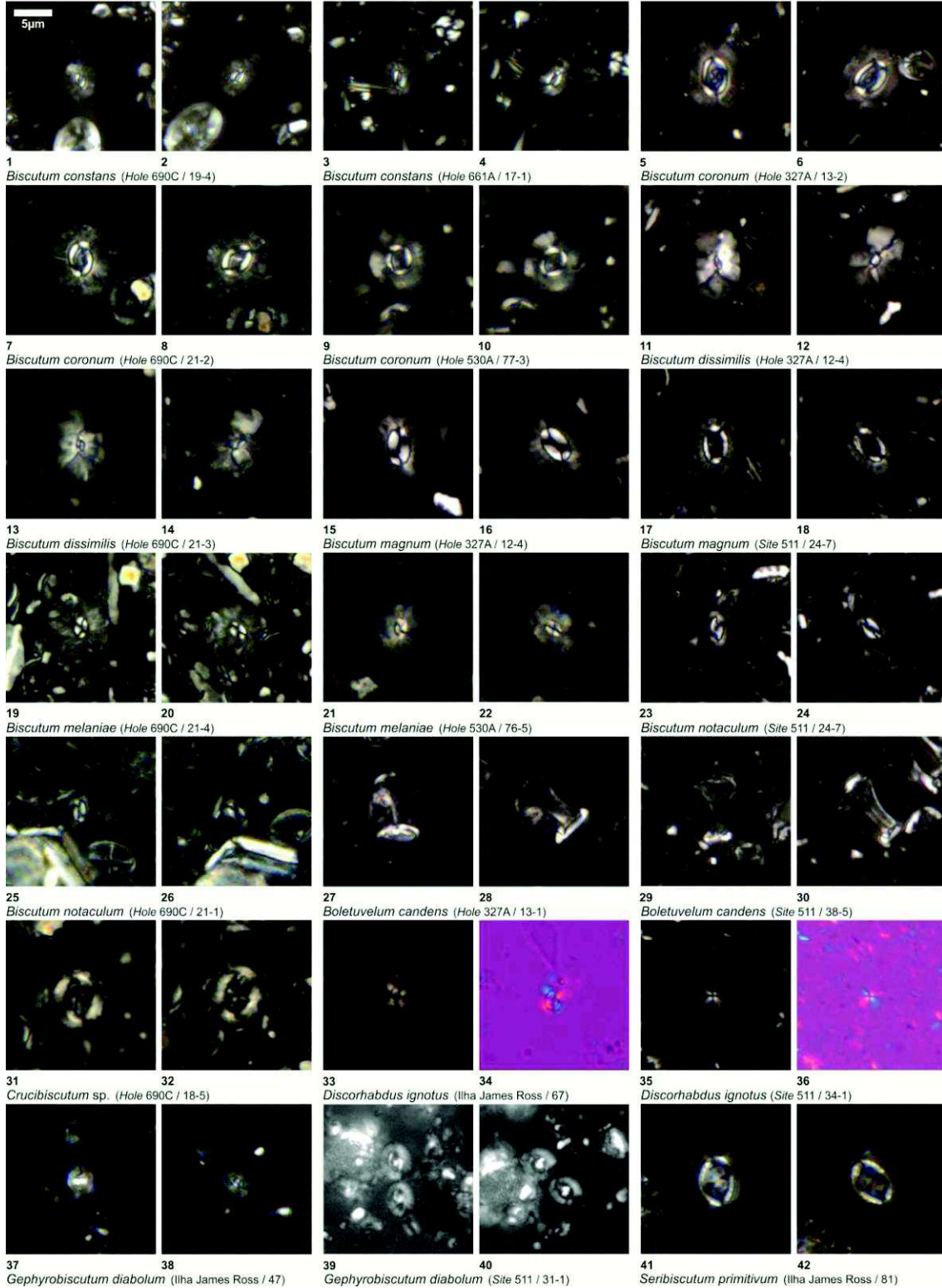
Figuras 31-32 - *Crucibiscutum* sp. *Hole* 690C / 18-5, Maastrichtiano inferior.

Figuras 33-36 - *Discorhabdus ignotus*. (33-34) Ilha James Ross / 67, Campaniano inferior. (35-36) *Site* 511 / 34-1, Campaniano inferior - superior.

Figuras 37-40 - *Gephyrobiscutum diabolium*. (37-38) Ilha James Ross / 47, Campaniano inferior. (41-42) *Site* 511 / 31-1, Campaniano inferior - superior.

Figuras 41-42 - *Seribiscutum primitivum*. Ilha James Ross / 81, Campaniano inferior.

Estampa 8



Estampa 9

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Nas figuras 4 e 6 foi inserida a placa de gipso)

Família BISCUTACEAE Black, 1971a

Figuras 1-2 - *Seribiscutum primitivum*. Site 511 / 33-3, Campaniano inferior – superior.

Família PREDISOSPHERACEAE Rood *et al.*, 1971

Figuras 3-6 - *Petrarhabdus copulatus*. (3-4) Hole 530A / 56-2 e (5-6) Site 355 / 19-1, ambos do Campaniano superior.

Figuras 7-10 - *Petrarhabdus vietus*. (7-8) Hole 525A / 44-5 e (9-10) Site 356 / 32-4, ambos do Maastrichtiano inferior - superior.

Figuras 11-14 - *Prediscosphaera arkhangel'skyi*. (11-12) Hole 327A / 12-4 e (13-14) Hole 700B / 41-2, ambos do Campaniano superior / Maastrichtiano inferior.

Figuras 15-18 - *Prediscosphaera* cf. *P. grandis*. (15-16) Ilha James Ross / 80, Campaniano inferior. (17-18) Site 511 / 33-5, Campaniano inferior - superior.

Figuras 19-22 - *Prediscosphaera cretacea*. (19-20) Hole 530A / 77-7, Campaniano inferior. (21-22) Hole 661A / 16-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 23-26 - *Prediscosphaera grandis*. (23-24) Hole 661A / 17-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (25-26) Hole 1258A / 40-1, Campaniano superior.

Figuras 27-30 - *Prediscosphaera majungae*. Ambos exemplares do Hole 661A / 16-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

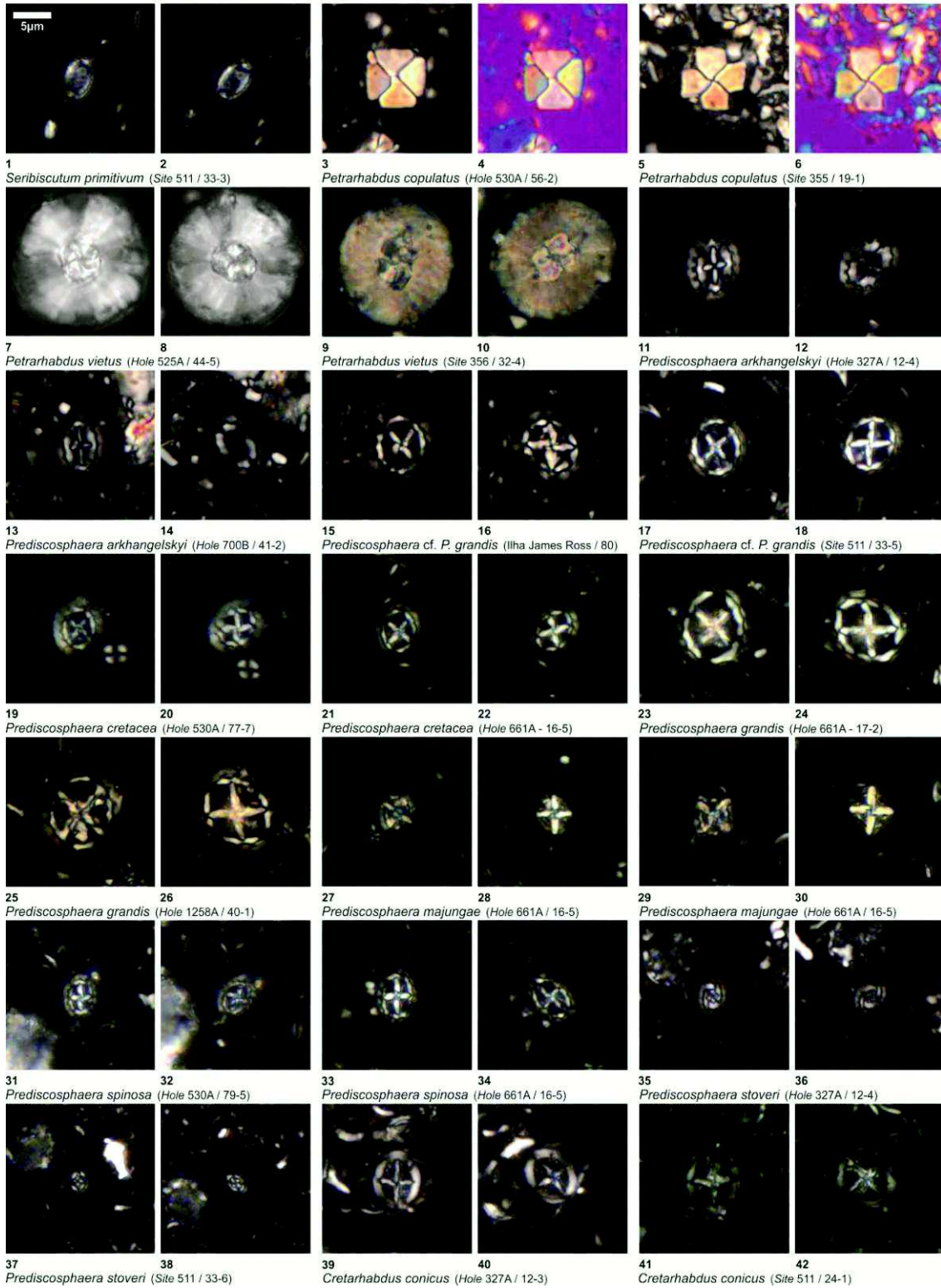
Figuras 31-34 - *Prediscosphaera spinosa*. (31-32) Hole 530A / 79-5, Campaniano inferior. (33-34) Hole 661A / 16-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 35-38 - *Prediscosphaera stoveri*. (35-36) Hole 327A / 12-4, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (37-38) Site 511 / 33-6, Campaniano inferior - superior.

Família CRETARHABDACEAE Thierstein, 1973

Figuras 39-42 - *Cretarhabdus conicus*. (39-40) Hole 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (41-42) Site 511 / 24-1, Campaniano superior.

Estampa 9



Estampa 10

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Nas figuras 32, 34, 36, 38, 40 e 42 foi inserida a placa de gipso)

Família CRETARHABDACEAE Thierstein, 1973

Figuras 1-2 - *Flabelithes oblongus*. Hole 530A / 77-4, Campaniano inferior.

Figuras 3-6 - *Grantarhabdus coronadventis*. (3-4) Site 511 / 30-3, Campaniano inferior - superior. (5-6) Hole 1258A / 31-4, Maastrichtiano superior.

Figuras 7-10 - *Retecapsa angustiforata*. (7-8) Hole 1258A / 31-7, Maastrichtiano superior. (9-10) Hole 1258A / 36-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 11-14 - *Retecapsa crenulata*. (11-12) Hole 690C / 21-5, Campaniano superior. (13-14) Hole 530A / 79-5, Campaniano inferior.

Figuras 15-18 - *Retecapsa ficula*. (15-16) Site 356 / 30-6 e (17-18) Hole 1258A / 28-4, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 19-22 - *Retecapsa schizobrachiata*. (19-20) Hole 530A / 58-1, Campaniano superior. (21-22) Hole 661A / 16-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 23-26 - *Retecapsa surirella*. (23-24) Site 511 / 34-1, Campaniano inferior - superior. (25-26) Hole 661A / 16-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Família TUBODISCACEAE Bown & Rutledge em Bown & Young, 1997

Figuras 27-30 - *Manivitella pemmatoidea*. (27-28) Hole 661A / 14-2 e (29-30) Hole 1258A / 34-4, ambos do Maastrichtiano inferior.

Ordem WATZNAUERIALES Bown, 1987

Família WATZNAUERIACEAE Rood *et al.*, 1971

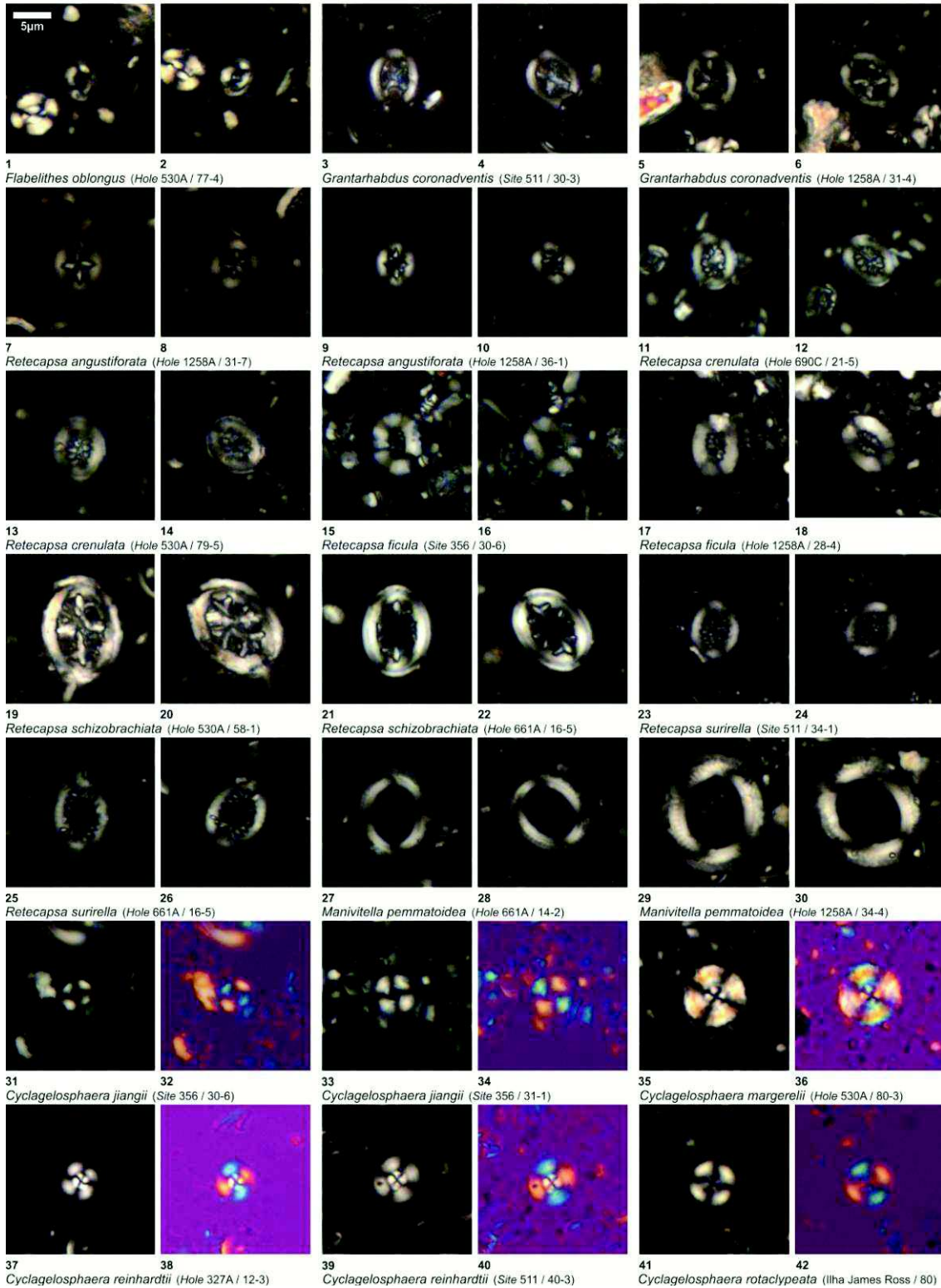
Figuras 31-34 - *Cyclagelosphaera jiangii*. (31-32) Site 356 / 30-6 e (33-34) Site 356 / 31-1, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 35-36 - *Cyclagelosphaera margerelii*. Hole 530A / 80-3, Campaniano inferior.

Figuras 37-40 - *Cyclagelosphaera reinhardtii*. (37-38) Hole 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (39-40) Site 511 / 40-3, Campaniano inferior - superior.

Figuras 41-42 - *Cyclagelosphaera rotaclypeata*. Ilha James Ross / 80, Campaniano inferior.

Estampa 10



Estampa 11

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Na figura 2 foi inserida a placa de gipso)

Família WATZNAUERiaceae Rood *et al.*, 1971

Figuras 1-2 - *Cyclagelosphaera rotaclypeata*. Site 511 / 40-3, Campaniano inferior - superior.

Figuras 3-6 - *Watznaueria barnesiae*. (3-4) Site 511 / 24-1, Campaniano superior. (5-6) Site 356 / 31-6, Maastrichtiano superior.

Figuras 7-10 - *Watznaueria biporta*. (7-8) Site 511 / 32-3, Campaniano inferior - superior. (9-10) Site 355 / 18-2, Campaniano superior.

Figuras 11-14 - *Watznaueria fossacincta*. (11-12) Site 511 / 23-1, Campaniano superior. (13-14) Hole 530A / 78-7, Campaniano inferior.

Figuras 15-18 - *Watznaueria manivittiae*. (15-16) Hole 700B / 48-5, Campaniano inferior - superior. (17-18) Site 356 / 30-4, Maastrichtiano superior.

Figuras 19-22 - *Watznaueria ovata*. (19-20) Site 511 / 34-1, Campaniano inferior - superior. (21-22) Hole 530A / 78-6, Campaniano inferior.

Ordem ARKHANGELSKIALES Bown & Hampton em Bown & Young, 1997

Família ARKHANGELSKIACEAE Bukry, 1969 emend. Bown & Hampton em Bown & Young, 1997

Figuras 23-26 - *Arkhangelskiella confusa*. (23-24) Hole 327A / 12-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (25-26) Hole 530A / 79-5, Campaniano inferior.

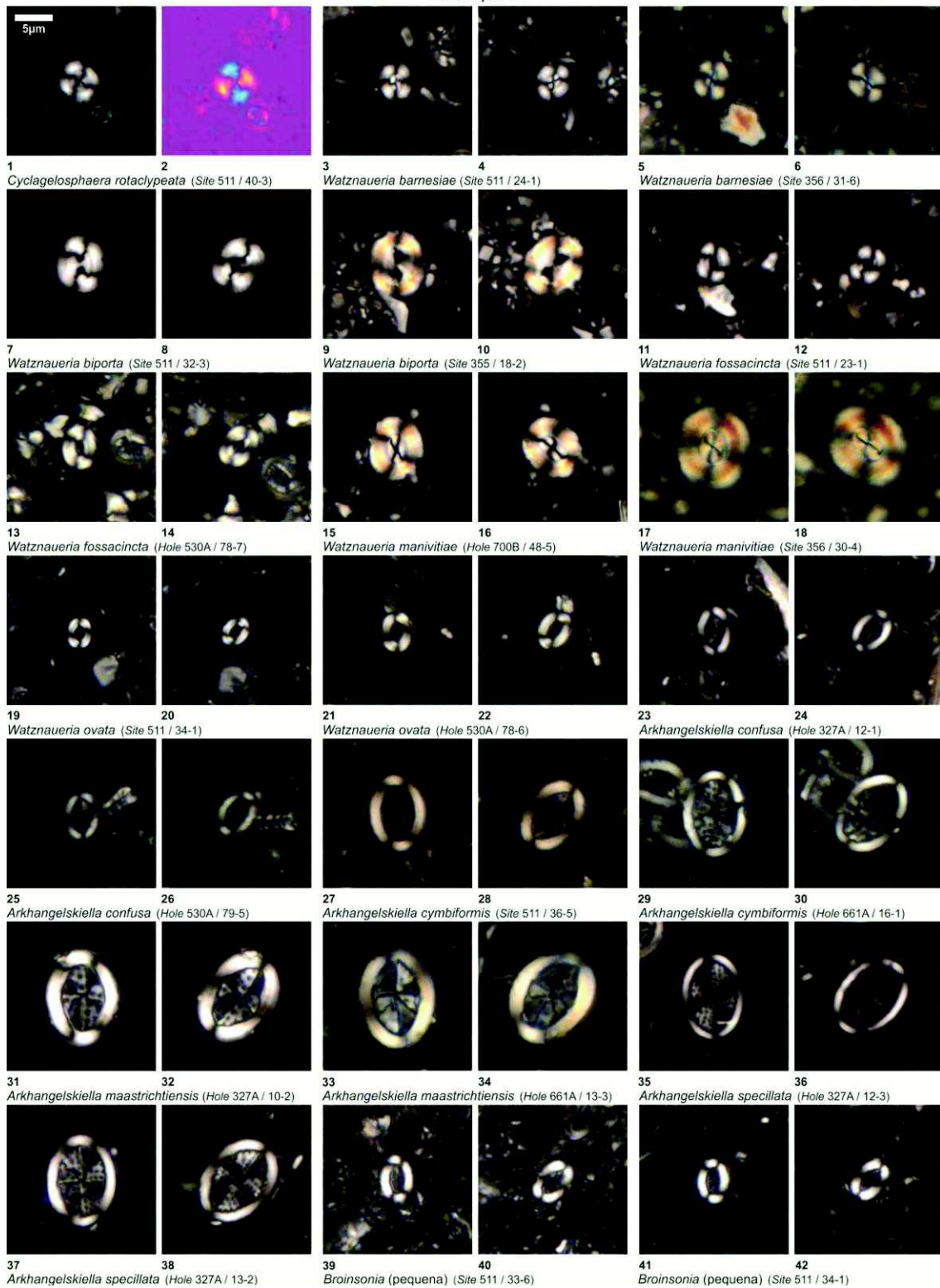
Figuras 27-30 - *Arkhangelskiella cymbiformis*. (27-28) Site 511 / 36-5, Campaniano inferior - superior. (29-30) Hole 661A / 16-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 31-34 - *Arkhangelskiella maastrichtiensis*. (31-32) Hole 327A / 10-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (33-34) Hole 661A / 13-3, Maastrichtiano superior.

Figuras 35-38 - *Arkhangelskiella specillata*. (35-36) Hole 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (37-38) Hole 327A / 13-2, Campaniano superior.

Figuras 39-42 - *Broinsonia* (pequena). (39-40) Site 511 / 33-6 e (41-42) Site 511 / 34-1, ambos do Campaniano inferior - superior.

Estampa 11



Estampa 12

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada, exceto a Figura 36 que foi tirada com luz natural. Nas figuras 32, 34, 38 e 40 foi inserida a placa de gipso)

Família ARKHANGELSKIACEAE Bukry, 1969 emend. Bown & Hampton em Bown & Young, 1997

Figuras 1-2 - *Broinsonia enormis*. Hole 327A / 13-2, Campaniano superior.

Figuras 3-6 - *Broinsonia matalosa*. (3-4) Ilha James Ross / 55, Campaniano inferior. (5-6) Site 511 / 33-5, Campaniano inferior - superior.

Figuras 7-10 - *Broinsonia parca constricta*. (7-8) Hole 690C / 19-4, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (9-10) Site 355 / 18-1, Campaniano superior.

Figuras 11-12 - *Broinsonia parca expansa*. Ilha James Ross / 69, Campaniano inferior.

Figuras 13-16 - *Broinsonia parca parca*. (13-14) Hole 327A / 13-1, Campaniano superior. (15-16) Hole 530A / 77-2, Campaniano inferior.

Família KAMPTNERIACEAE Bown & Hampton em Bown & Young, 1997

Figuras 17-20 - *Gartnerago obliquum*. (17-18) Hole 327A / 13-1, Campaniano superior. (19-20) Site 511 / 34-1, Campaniano inferior - superior.

Figuras 21-24 - *Gartnerago segmentatum*. (21-22) Hole 327A / 10-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (22-23) Site 511 / 24-6, Campaniano superior.

Figuras 25-30 - *Kamptnerius magnificus*. (25-26) Hole 327A / 12-3 e (27-28) Hole 327A / 12-4, ambos do Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (29-30) Site 511 / 34-1, Campaniano inferior - superior.

HETEROCOCÓLITOS DE AFINIDADE INCERTA

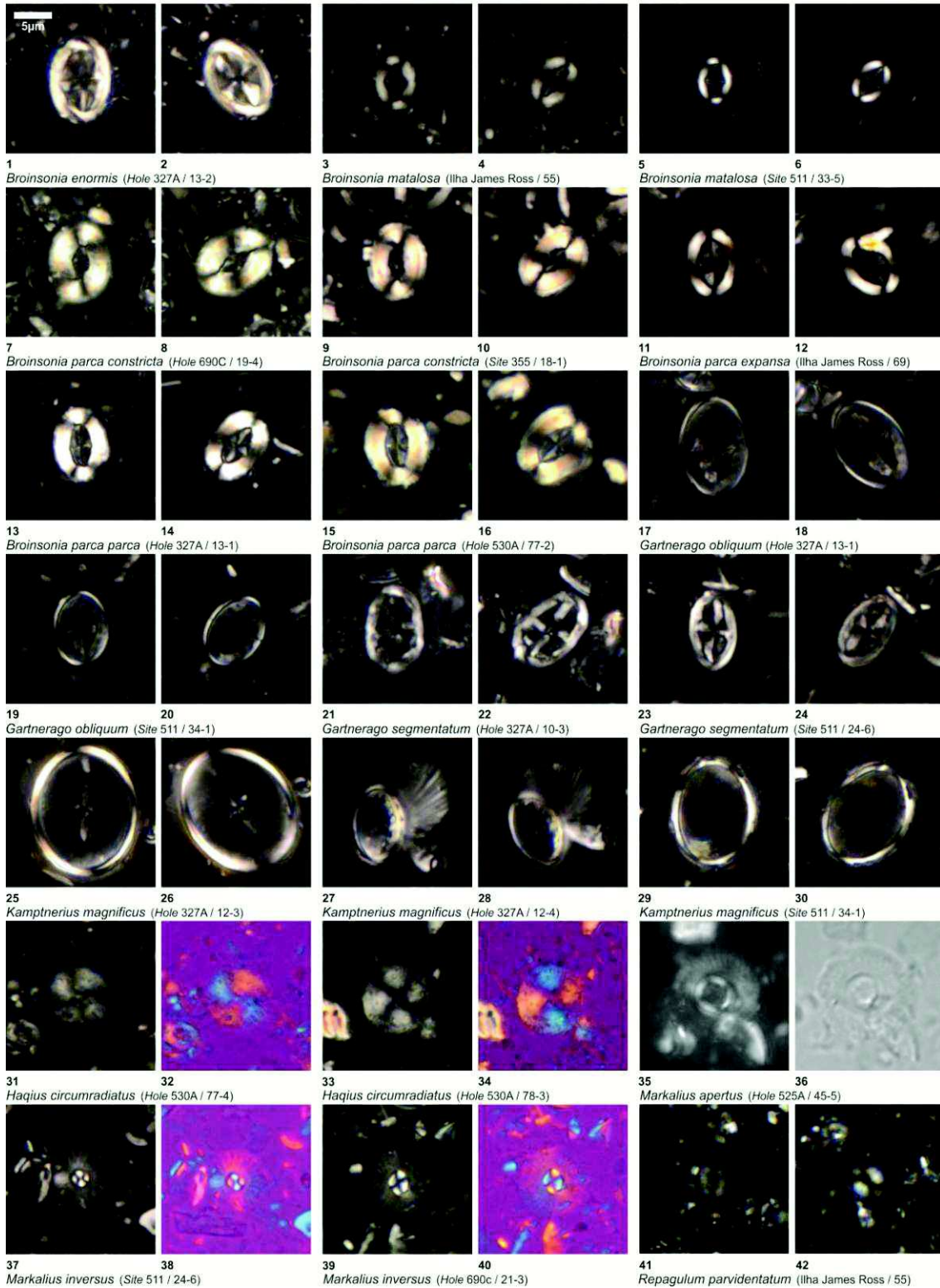
Figuras 31-34 - *Haqius circumradiatus*. (31-32) Hole 530A / 77-4 e (33-34) Hole 530A / 78-3, ambos do Campaniano inferior.

Figuras 35-36 - *Markalius apertus*. Hole 525A / 45-5, Maastrichtiano inferior - superior.

Figuras 37-40 - *Markalius inversus*. (37-38) Site 511 / 24-6 e (39-40) Hole 690C / 21-3, ambos do Campaniano superior.

Figuras 41-42 - *Repagulum parvidentatum*. Ilha James Ross / 55, Campaniano inferior.

Estampa 12



Estampa 13

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Nas figuras 4, 22, 26, 40 e 42 foi inserida a placa de gipso)

HETEROCOCÓLITOS DE AFINIDADE INCERTA

Figuras 1-2 - *Repagulum parvidentatum*. Site 511 / 36-1, Campaniano inferior - superior.

HOLOCOCÓLITOS

Família CALYPTROSPHAERACEAE Boudreaux & Hay, 1969

Figuras 3-6 - *Acuturris scotus*. (3-4) Site 511 / 36-1, Campaniano inferior - superior. (5-6) Hole 690C / 21-1, Campaniano superior.

Figuras 7-10 - *Calculites obscurus*. (7-8) Hole 327A / 13-1 e (9-10) Site 511 / 24-7, ambos do Campaniano superior.

Figuras 11-14 - *Calculites ovalis*. (11-12) Ilha James Ross / 77, Campaniano inferior. (13-14) Site 511 / 36-6, Campaniano inferior - superior.

Figuras 15-16 - *Calculites* sp. Ilha James Ross / 77, Campaniano inferior.

Figuras 17-20 - *Lucianorhabdus arcuatus*. (17-18) Hole 327A / 13-2, Campaniano superior. (19-20) Site 511 / 40-3, Campaniano inferior - superior.

Figuras 21-24 - *Lucianorhabdus cayeuxii*. (21-22) Ilha James Ross / 80 e (22-23) Hole 530A / 78-3, ambos do Campaniano inferior.

Figuras 25-28 - *Lucianorhabdus maleformis*. (25-26) Ilha James Ross / 80, Campaniano inferior. (27-28) Hole 690C / 21-5, Campaniano superior.

Figuras 29-34 - *Octolithus multiplus*. (29-30) Ilha James Ross / 80, Campaniano inferior. (31-32) Hole 327A / 13-2, Campaniano superior. (33-34) Site 511 / 40-3, Campaniano inferior - superior.

Figuras 35-36 - *Orastrum asarotum*. Hole 327A / 12-4, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

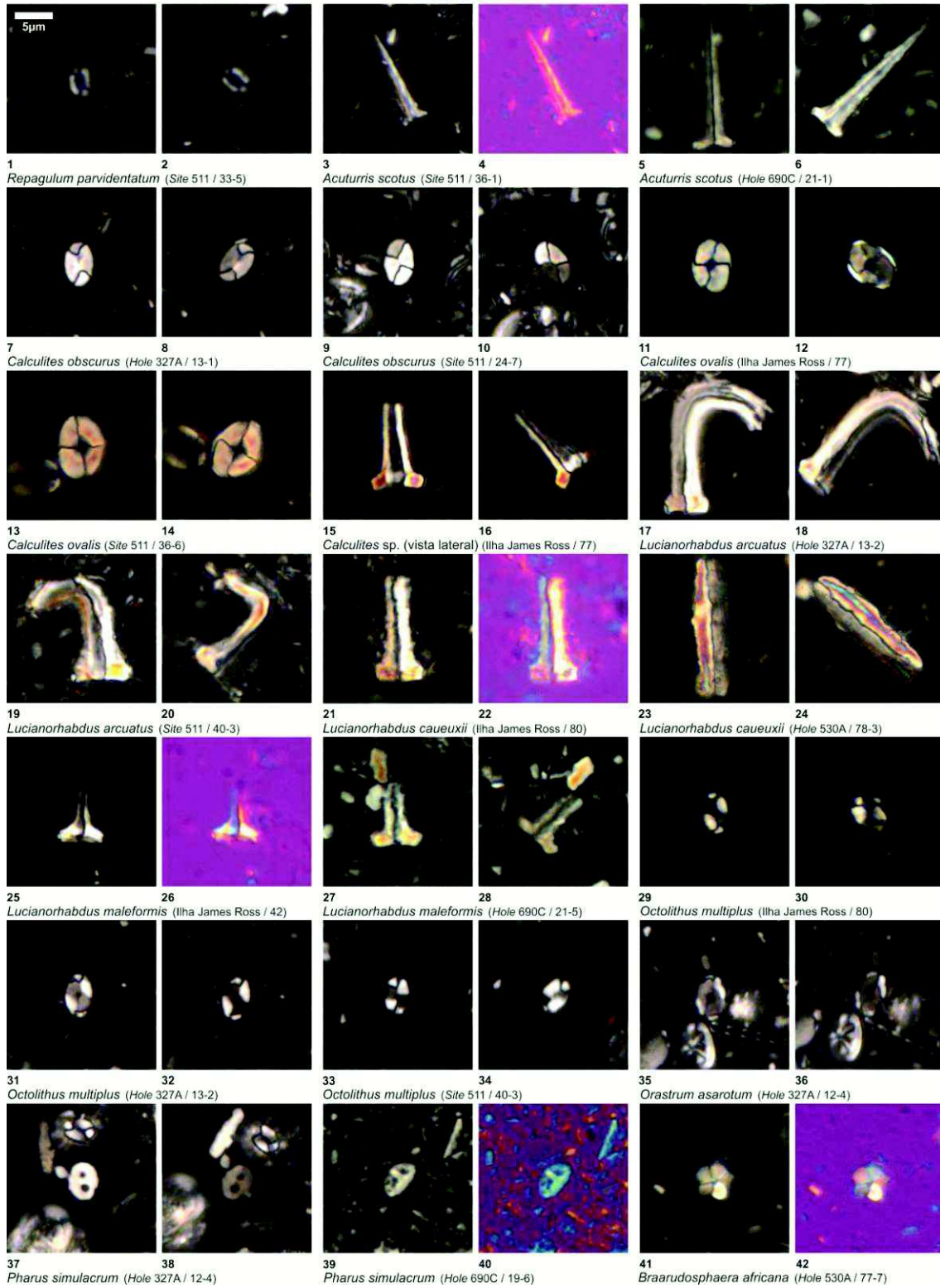
Figuras 37-40 - *Pharus simulacrum*. (37-38) Hole 327A / 12-4 e (39-40) Hole 690C / 19-6, ambos do Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

NANOLITOS

Família BRAARUDOSPHAERACEAE Deflandre, 1947

Figuras 41-42 - *Braarudosphaera africana*. Hole 530A / 77-7, Campaniano inferior.

Estampa 13



Estampa 14

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Nas figuras 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 30, 32, 34, 36, 38, 40 e 42 foi inserida a placa de gipso)

Família BRAARUDOSPHAERACEAE Deflandre, 1947

Figuras 1-2 - *Braarudosphaera africana*. Hole 530A / 77-7, Campaniano inferior.

Figuras 3-6 - *Braarudosphaera bigelowii* (3-4) Ilha James Ross / 69, Campaniano inferior. (5-6) Hole 530A / 76-2, Campaniano inferior - médio.

Figuras 7-10 - *Braarudosphaera turbinea*. (7-8) Hole 530A / 68-6, Campaniano médio. (9-10) Hole 530A / 70-2, Campaniano inferior - médio.

Figuras 11-14 - *Bukryaster hayi*. (11-12) Hole 530A / 61-2, Campaniano superior. (13-14) Hole 661A / 18-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Família LAPIDEACASSACEA Bown & Young, 1997

Figuras 15-18 - *Lapideacassis asymmetrica*. (15-16) Hole 327A / 12-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (17-18) Site 511 / 24-4, Campaniano superior.

Figuras 19-20 - *Lapideacassis cornuta*. Site 511 / 41-3, Campaniano inferior - superior.

Figuras 21-26 - *Lapideacassis mariae*. (21-22) Hole 327A / 12-4, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior (23-24) Site 511 / 34-7, Campaniano inferior - superior. (25-26) Hole 700B / 37-2, Maastrichtiano superior.

Figuras 27-28 - *Lapideacassis tricornus*. Hole 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 29-30 - *Lapideacassis* sp. Hole 700B / 37-2, Maastrichtiano superior.

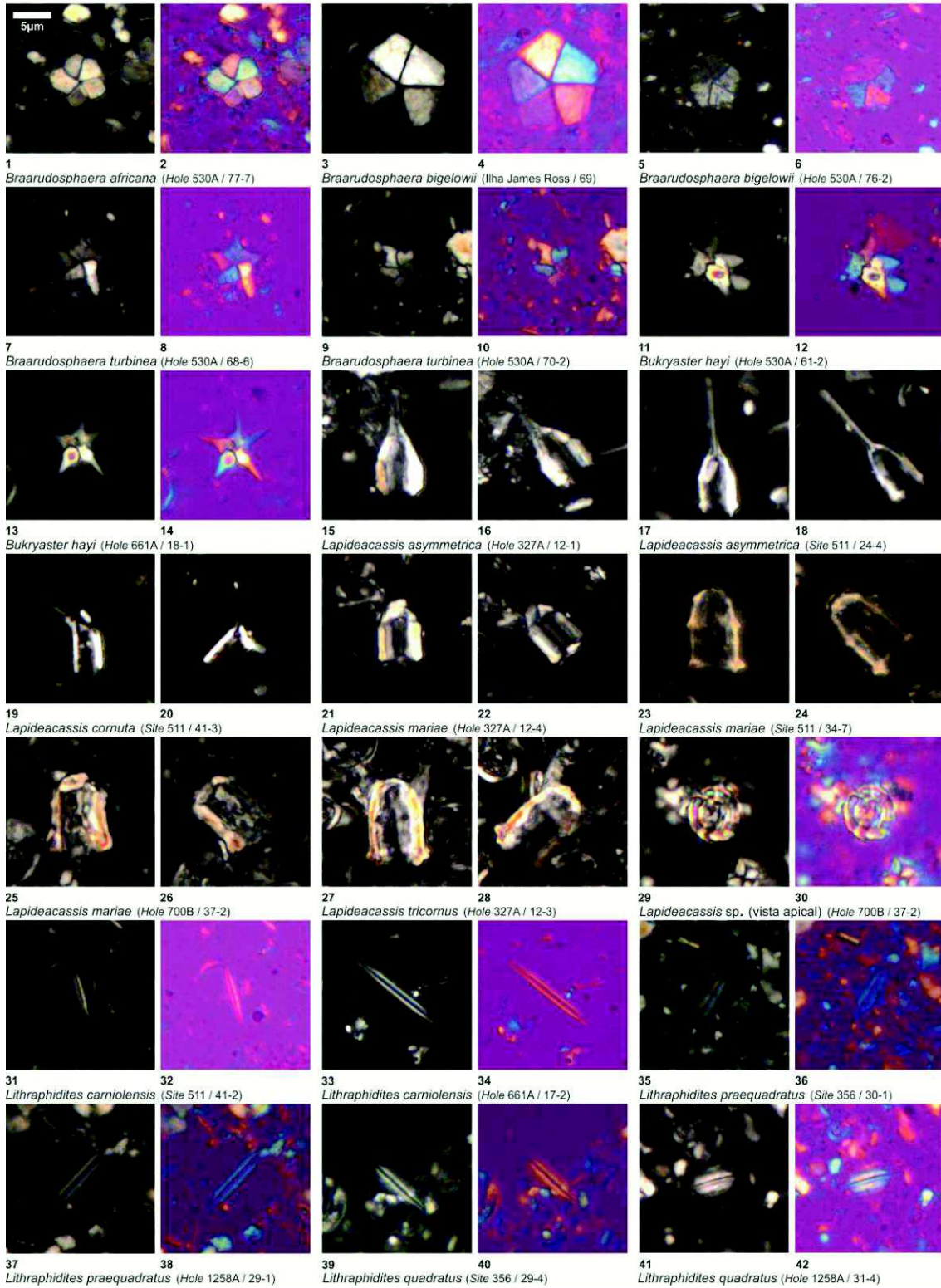
Família MICRORHABDULACEAE Deflandre, 1963

Figuras 31-34 - *Lithraphidites carniolensis*. (31-32) Site 511 / 41-2, Campaniano inferior - superior. (33-34) Hole 661A / 17-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 35-38 - *Lithraphidites praequadratus*. (35-36) Site 356 / 30-1 e (37-38) Hole 1258A / 29-1, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 39-42 - *Lithraphidites quadratus*. (39-40) Site 356 / 29-4 e (41-42) Hole 1258A / 31-4, ambos do Maastrichtiano superior.

Estampa 14



Estampa 15

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Nas figuras 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 38, 40 e 42 foi inserida a placa de gipso)

Família MICRORHABDULACEAE Deflandre, 1963

Figuras 1-4 - *Microrhabdulus decoratus*. (1-2) *Hole* 700B / 38-2, Maastrichtiano inferior - superior. (3-4) *Hole* 530A / 60-2, Campaniano superior.

Figuras 5-8 - *Microrhabdulus undosus*. (5-6) *Hole* 661A / 18-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (7-8) *Hole* 1258A / 40-2, Campaniano superior.

Figuras 9-12 - *Pseudomicula quadrata*. (9-10) *Site* 356 / 29-6 e (11-12) *Site* 356 / 31-4, ambos do Maastrichtiano superior.

Família NANNOCONACEAE Deflandre, 1959

Figuras 13-16 - *Nannoconus* sp. (13-14) *Hole* 530A / 76-5, Campaniano inferior - médio. (15-16) *Hole* 530A / 77-4, Campaniano inferior.

Família POLYCYCLOLITHACEAE Forchheimer, 1972 emend. Varol, 1992

Figuras 17-20 - *Eprolithus floralis*. (17-18) *Hole* 700B / 50-1, Campaniano inferior - superior. (19-20) *Hole* 530A / 77-3, Campaniano inferior.

Figuras 21-24 - *Eprolithus moratus*. (21-22) *Hole* 530A / 77-2 e (23-24) *Hole* 530A / 79-3, ambos do Campaniano inferior.

Figuras 25-28 - *Lithastrinus grillii*. (25-26) *Site* 511 / 34-1, Campaniano inferior - superior. (27-28) *Hole* 530A / 79-5, Campaniano inferior.

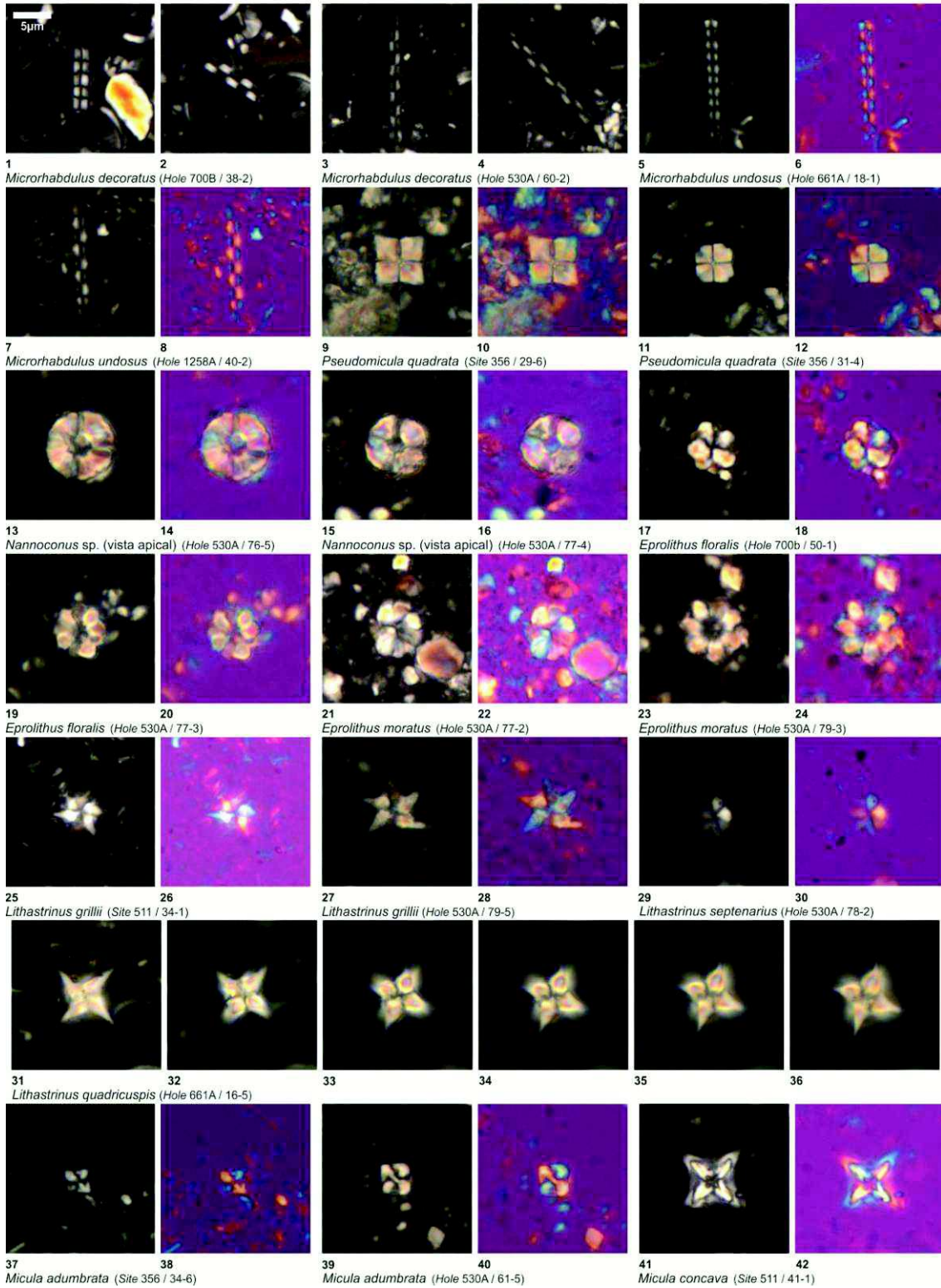
Figuras 29-30 - *Lithastrinus septenarius*. *Hole* 530A / 78-2, Campaniano inferior.

Figuras 31-36 - *Lithastrinus quadricuspis*. *Hole* 661A / 16-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 37-40 - *Micula adumbrata*. (37-38) *Site* 356 / 34-6, Campaniano médio - superior. (39-40) *Hole* 530A / 61-5, Campaniano superior.

Figuras 41-42 - *Micula concava*. *Site* 511 / 41-1, Campaniano inferior - superior.

Estampa 15



Estampa 16

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Nas figuras 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40 e 41, foi inserida a placa de gipso)

Família POLYCYCLOLITHACEAE Forchheimer, 1972 emend. Varol, 1992

Figuras 1-2 - *Micula concava*. *Hole* 661A / 17-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 3-6 - *Micula cubiformis*. (3-4) *Site* 356 / 34-6, Campaniano médio - superior. (5-6) *Hole* 661A / 16-6, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 7-10 - *Micula murus*. (7-8) *Site* 356 / 30-3 e (8-9) *Site* 530A / 51-4, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 11-12 - *Micula praemurus*. *Hole* 530A / 51-4, Maastrichtiano superior.

Figuras 13-16 - *Micula premolisilvae*. (13-14) *Hole* 700B / 48-5, Campaniano inferior-superior. (15-16) *Site* 356 / 34-1, Campaniano médio - superior.

Figuras 17-20 - *Micula prinsii*. (17-18) *Hole* 530A / 50-2 e (19-20) *Hole* 661A / 13-1, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 21-24 - *Micula staurophora*. (21-22) *Hole* 690C / 21-1, Campaniano superior. (23-24) *Hole* 530A / 76-3, Campaniano inferior - médio.

Figuras 25-28 - *Micula swastica*. (25-26) *Hole* 700B / 47-1, Campaniano superior. (27-28) *Site* 356 / 29-5, Maastrichtiano superior.

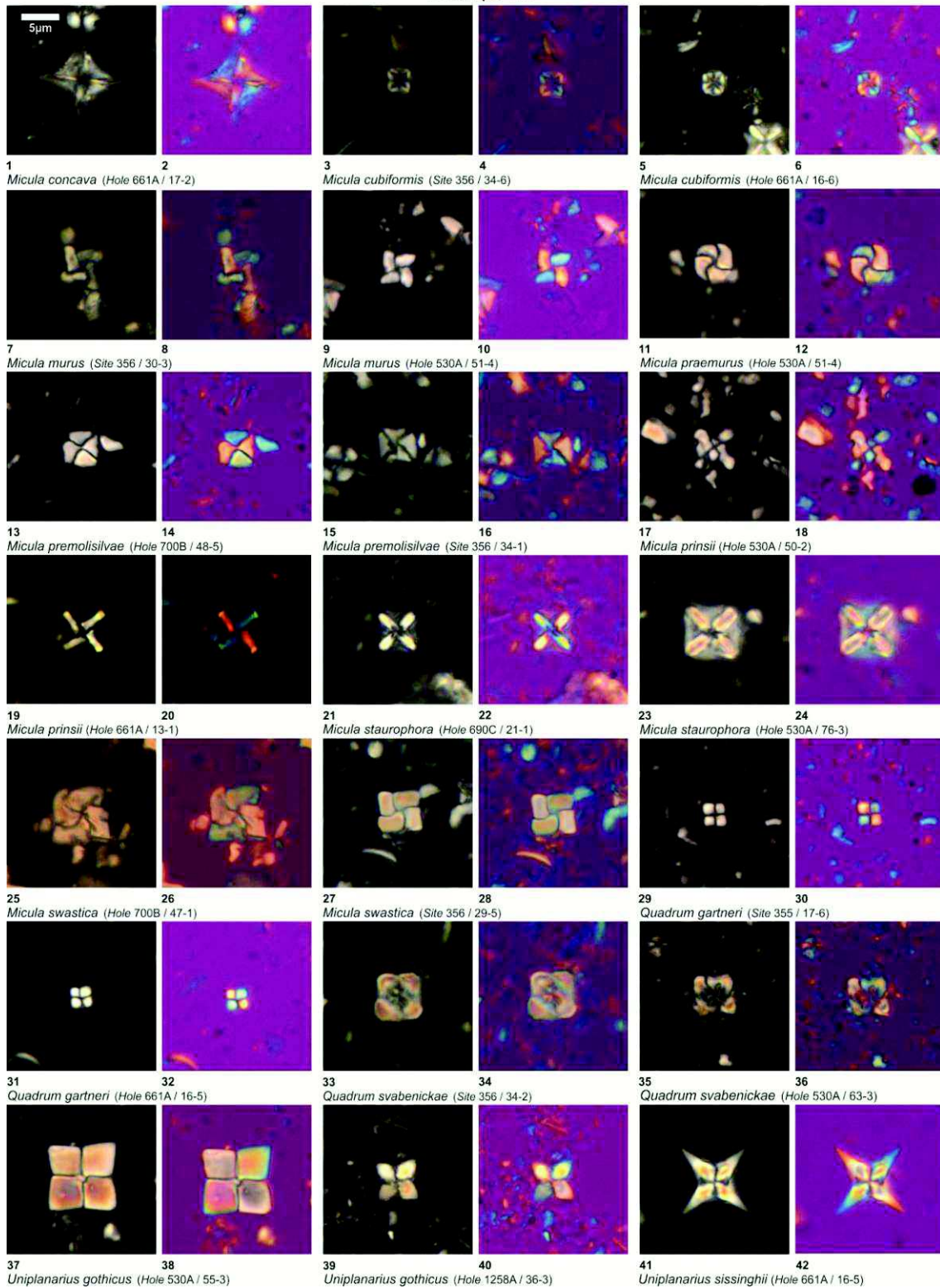
Figuras 29-32 - *Quadrum gartneri*. (29-30) *Site* 355 / 17-6 e (31-32) *Hole* 661A / 16-5, ambas do Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 33-36 - *Quadrum svabenicka*. (33-34) *Site* 356 / 34-2 e (35-36) *Hole* 530A / 63-3, ambos do Campaniano médio - superior.

Figuras 37-40 - *Uniplanarius gothicus*. (37-38) *Hole* 530A / 55-3, Campaniano superior. (39-40) *Hole* 1258A / 36-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 41-42 - *Uniplanarius sissinghii*. *Hole* 661A / 16-5, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Estampa 16



Estampa 17

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada. Nas figuras 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24, foi inserida a placa de gipso)

Família POLYCYCLOLITHACEAE Forchheimer, 1972 emend. Varol, 1992

Figuras 1-2 - *Uniplanarius sissinghii*. *Hole* 661A / 18-2, Campaniano superior.

Figuras 3-6 - *Uniplanarius trifidus* (raios longos). (3-4) *Site* 355 / 17-4, Campaniano superior. (5-6) *Hole* 661A / 17-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 7-10 - *Uniplanarius trifidus* (raios médios). (7-8) *Site* 511 / 24-2, Campaniano superior. (9-10) *Hole* 661A / 17-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 11-14 - *Uniplanarius trifidus* (raios curtos). (11-12) *Site* 356 / 33-6 e (13-14) *Site* 355 / 18-2, ambos do Campaniano superior.

NANOLITOS DE AFINIDADE INCERTA OU NÃO CLASSIFICADOS

Figuras 15-18 - *Assipetra* sp. (15-16) *Site* 356 / 30-1, Maastrichtiano superior. (17-18) *Hole* 530A / 77-2, Campaniano inferior.

Figuras 19-22 - *Hexalithus gardetiae*. (19-20) *Hole* 530A / 80-3, Campaniano inferior. (21-22) *Hole* 1258A / 38-4, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 23-24 - *Rucinolithus* sp. *Hole* 690C / 19-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

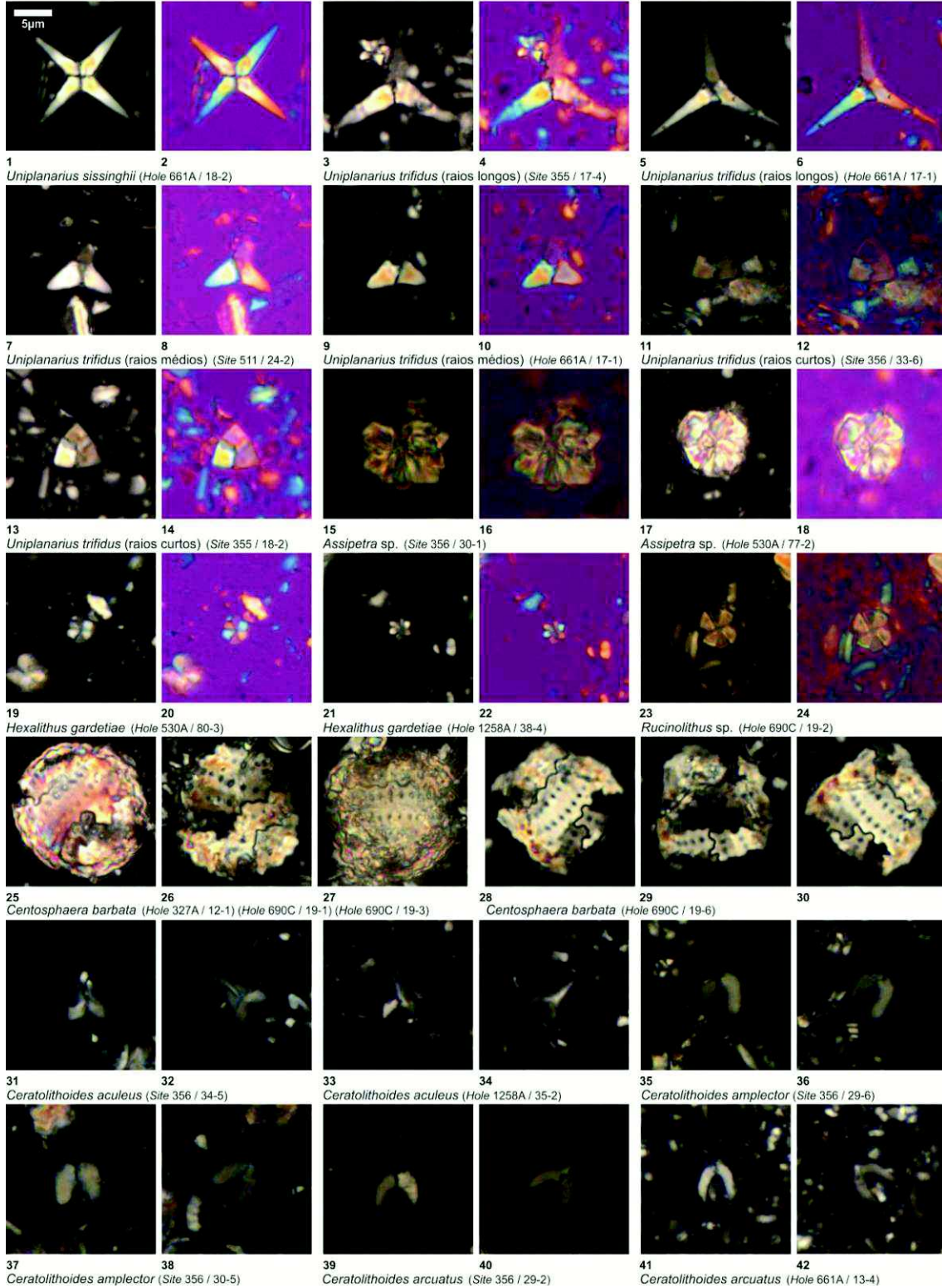
Figuras 25-30 - *Centosphaera barbata*. (25) *Hole* 327A / 12-1, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (26) *Hole* 690C / 19-1, (27) *Hole* 690C / 19-3, e (28-30) *Hole* 690C / 19-6 Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

Figuras 31-34 - *Ceratolithoides aculeus*. (31-32) *Site* 356 / 34-5, Campaniano médio - superior. (33-34) *Hole* 1258A / 35-2, Maastrichtiano inferior.

Figuras 35-38 - *Ceratolithoides amplexor*. (35-36) *Site* 356 / 29-6 e (37-38) *Site* 356 / 30-5, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 39-42 - *Ceratolithoides arcuatus*. (39-40) *Site* 356 / 29-2, retrabalhada no Paleoceno. (41-42) *Hole* 661A / 13-4, Maastrichtiano superior.

Estampa 17



Estampa 18

(Todas as fotos foram tiradas com luz polarizada, exceto a figura 30 que foi tirada com luz natural. Nas figuras 22, 26, 28, 36, 38, 40 e 41, foi inserida a placa de gipso)

Figuras 1-4 - *Ceratolithoides indiensis*. (1-2) Site 356 / 31-4, Maastrichtiano superior.
(3-4) Site 356 / 33-4, Campaniano superior.

Figuras 5-8 - *Ceratolithoides kamptneri*. (5-6) Site 356 / 30-1 e (7-8) Hole 1258A / 31-4, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 9-12 - *Ceratolithoides longissimus*. (9-10) Site 356 / 31-4, Maastrichtiano superior. (11-12) Site 356 / 32-5, Maastrichtiano inferior - superior.

Figuras 13-16 - *Ceratolithoides pricei*. (13-14) Site 356 / 30-5 e (15-16) Site 356 / 30-1, ambos do Maastrichtiano superior.

Figuras 17-20 - *Ceratolithoides quasiarcuatus*. (17-18) Hole 661A / 14-1, Maastrichtiano superior. (19-20) Hole 1258A / 40-2, Campaniano superior.

Figuras 21-22 - *Ceratolithoides self-trailiae*. Site 356 / 31-4, Maastrichtiano superior.

Figuras 23-24 - *Ceratolithoides sesquipedalis*. Hole 525A / 46-6, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior.

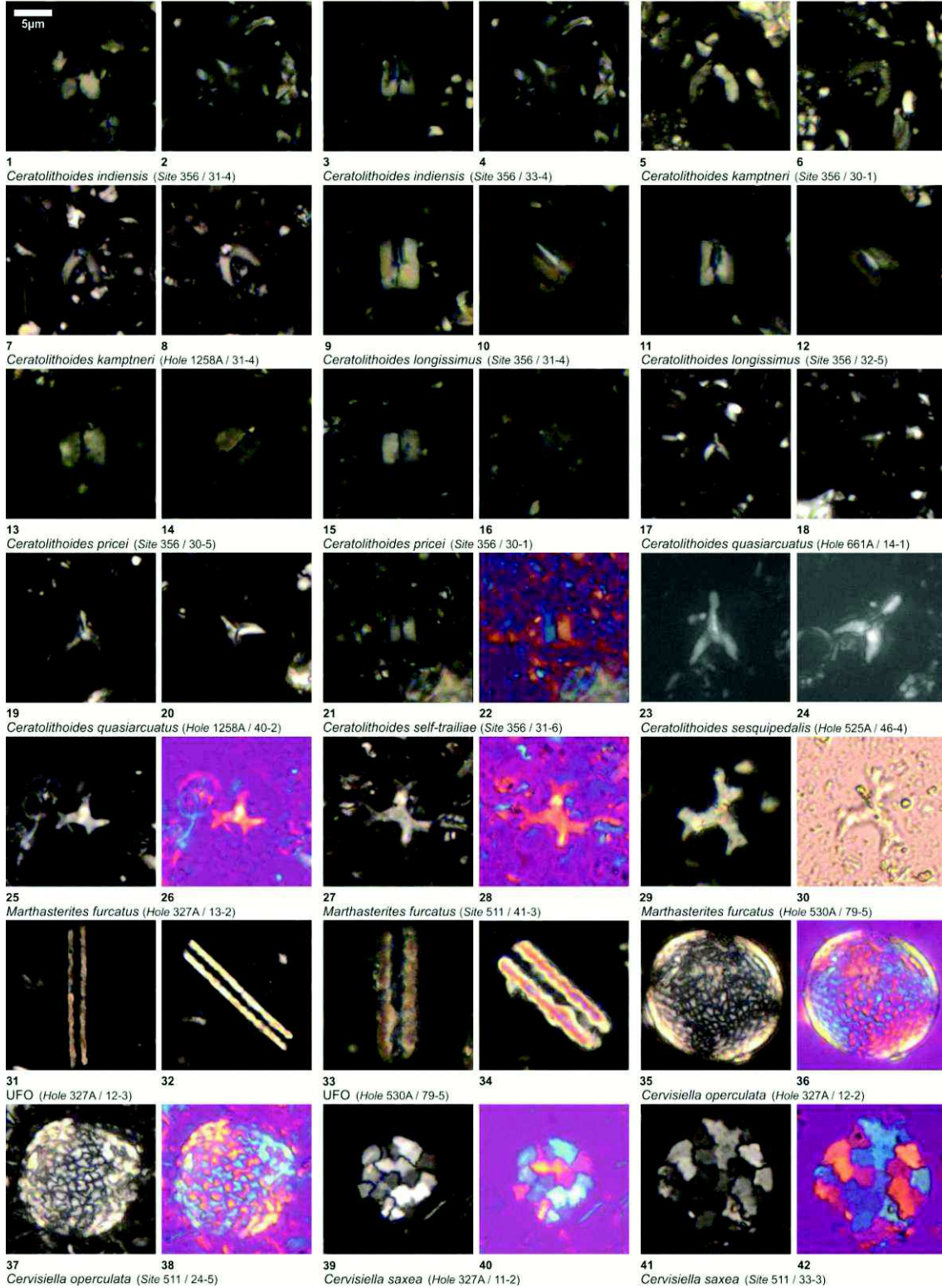
Figuras 25-30 - *Marthasterithes furcatus*. (25-26) Hole 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (27-28) Site 511 / 41-3, Campaniano inferior - superior. (29-30) Hole 530A / 79-5, Campaniano inferior.

Figuras 31-34 - UFO. (31-32) Hole 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (33-34) Hole 530A / 79-5, Campaniano inferior.

Figuras 35-38 - *Cervisiella operculata*. (35-36) Hole 327A / 12-3, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (37-38) Site 511 / 24-5, Campaniano superior.

Figuras 39-42 - *Cervisiella saxea*. (39-40) Hole 327A / 11-2, Campaniano superior - Maastrichtiano inferior. (41-42) Hole 511 / 33-3, Campaniano inferior - superior.

Estampa 18



Índice taxonômico

A seguir serão listadas em ordem alfabética as espécies identificadas e relatadas neste capítulo.

Acuturris scotus (Risatti, 1973) Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Ahmullerella octoradiata (Górka, 1957) Reinhardt, 1966a

Ahmullerella regularis (Górka, 1957) Reinhardt & Górka, 1967

Arkhangelskiella confusa Burnett, 1997b

Arkhangelskiella cymbiformis Vekshina, 1959

Arkhangelskiella maastrichtiaensis Burnett, 1997b

Arkhangelskiella specillata Vekshina, 1959

Assipetra sp.

Biscutum constans (Górka, 1957) Black em Black & Barnes, 1959

Biscutum coronum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Biscutum dissimilis Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Biscutum magnum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Biscutum melaniae (Górka, 1957) Reinhardt, 1969

Biscutum notaculum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Boletuvelum candens Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Braarudosphaera africana Stradner, 1961

Braarudosphaera bigelowii (Gran & Braarud, 1935) Deflandre, 1947

Braarudosphaera turbinea Stradner, 1963

Broinsonia (pequena)

Broinsonia enormis (Shumenko, 1968) Manivit, 1971

Broinsonia matalosa (Stover, 1966) Burnett em Gale *et al.*, 1996

Broinsonia parca constricta Hattner *et al.*, 1980

Broinsonia parca expansa Wise & Watkins em Wise, 1983

Broinsonia parca parca (Stradner, 1963) Bukry, 1969

Bukryaster hayi (Bukry, 1969) Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

Calculites obscurus Deflandre, 1959) Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

Calculites ovalis (Stradner, 1963) Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

Calculites sp.

Centosphaera barbata Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Ceratolithoides aculeus (Stradner, 1961) Prins & Sissinghii em Sissinghii, 1977

Ceratolithoides amplector Burnett, 1997a

Ceratolithoides arcuatus Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

Ceratolithoides indiensis Burnett, 1997a

Ceratolithoides kamptneri Bramlette & Martini, 1964

Ceratolithoides longissimus Burnett, 1997a

Ceratolithoides pricei Burnett, 1997a

Ceratolithoides quasiarcuatus Burnett, 1997a

Ceratolithoides self-trailiae Burnett, 1997a

Ceratolithoides sesquipedalis Burnett, 1997a

Cervisiella operculata (Bramlette & Martini, 1964) Streng *et al.*, 2004

Cervisiella saxea (Stradner, 1961) Hildebrand-Habel *et al.*, 1999

Chiastozygus amphipons (Bramlette & Martini, 1964) Gartner, 1968

Chiastozygus bifarius Bukry, 1969

Chiastozygus garrisonii Bukry, 1969

Chiastozygus litterarius (Górka, 1957) Manivit, 1971

Chiastozygus stylesii Burnett, 1997b

Chiastozygus synquadriperforatus Bukry, 1969

Chiastozygus trabalis (Górka, 1957) Burnett, 1997b

Corollithion completum Perch-Nielsen, 1973

Corollithion madagaskarensis Perch-Nielsen, 1973

Corollithion signum Stradner, 1963

Cretarhabdus conicus Bramlette & Martini, 1964

Cribracorona gallica (Stradner, 1963) Perch-Nielsen, 1973

Cribrosphaerella daniae Perch-Nielsen, 1973

Cribrosphaerella ehrenbergii (Arkhangelsky, 1912) Deflandre em Piveteau, 1952

Crucibiscutum sp.

Cyclagelosphaera jiangii Covington & Wise, 1987

Cyclagelosphaera margerelii Noël, 1965

Cyclagelosphaera reinhardtii (Perch-Nielsen 1968) Romein, 1977

Cyclagelosphaera rotaclypeata Bukry, 1969

Cylindralithus biarcus Bukry, 1969

Cylindralithus sculptus Bukry, 1969

Cylindralithus serratus Bramlette & Martini, 1964

Discorhabdus ignotus (Górka, 1957) Perch-Nielsen, 1968

Eiffellithus eximius (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1968

Eiffellithus gorkae Reinhardt, 1965

Eiffellithus keyo Shamrock & Watkins, 2009

Eiffellithus parallelus Perch-Nielsen, 1973

Eiffellithus turriseiffelii (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965

Eprolithus floralis (Stradner, 1962) Stover, 1966

Eprolithus moratus (Stover, 1966) Burnett *et al.*, 1998

Flabelithes oblongus (Bukry, 1969) Crux em Crux *et al.*, 1982

Gartnerago obliquum (Stradner, 1963) Noël, 1970

Gartnerago segmentatum (Stover, 1966) Thierstein, 1974

Gephyrobiscutum diabolium Wise, 1988

Grantarhabdus coronadventis (Reinhardt, 1966a) Grün em Grün & Allemann, 1975

Haqius circumradiatus (Stover, 1966) Roth, 1978

Helicolithus anceps (Górka, 1957) Noël, 1970

Helicolithus compactus (Bukry, 1969) Varol & Girgis, 1994

Helicolithus trabeculatus (Górka, 1957) Verbeek, 1977

Hexalithus gardetiae Bukry, 1969

Kamptnerius magnificus Deflandre, 1959

Lapideacassis asymmetrica (Perch-Nielsen em Perch-Nielsen & Franz, 1977) Burnett, 1997b

Lapideacassis cornuta (Forchheimer & Stradner, 1973) Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Lapideacassis mariae Black, 1971b

Lapideacassis tricornus Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Lapideacassis sp.

Lithastrinus grillii (Stradner, 1962) Stover, 1966

Lithastrinus quadricuspis Farhan, 1987

Lithastrinus septenarius Forchheimer, 1972

Lithraphidites carniolensis Deflandre, 1963

Lithraphidites praequadratus Roth, 1978

Lithraphidites quadratus Bramlette & Martini, 1964

Loxolithus armilla (Black em Black & Barnes, 1959) Noël, 1965

Lucianorhabdus arcuatus Forchheimer, 1972

Lucianorhabdus cayeuxii Deflandre, 1959

Lucianorhabdus maleformis Reinhardt, 1966a

Manivitella pemmatoidea (Deflandre em Manivit, 1965) Thierstein, 1971

Markalius apertus Perch-Nielsen, 1979b

Markalius inversus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Martini, 1964

Marthasterites furcatus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Deflandre, 1959

Microrhabdulus decoratus Deflandre, 1959

Microrhabdulus undosus Perch-Nielsen, 1973

Micula adumbrata Burnett, 1997b

Micula concava (Stradner em Martini & Stradner, 1960) Verbeek, 1976

Micula cubiformis Forchheimer, 1972

Micula murus (Martini, 1961) Bukry, 1973b

Micula praemurus (Bukry, 1973c) Stradner & Steinmetz, 1984

Micula premolisilvae Lees & Bown, 2005

Micula prinsii Perch-Nielsen, 1979a

Micula staurophora (Gardet, 1955) Stradner, 1963

Micula swastica Stradner & Steinmetz, 1984

Misceomarginatus pleniporus Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Monomarginatus quaternarius Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Nannoconus sp.

Neocrepidolithus watkinsii Pospichal & Wise, 1990a

Nephrolithus cf. *N. corystus*

Nephrolithus corystus Wind, 1983

Nephrolithus frequens Górka, 1957

Nephrolithus sp.

Octocyclus magnus Black, 1972

Octolithus multiplus (Perch-Nielsen, 1973) Romein, 1979

Orastrum asarotum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Perchnielsenella stradneri (Perch-Nielsen, 1973) Watkins em Watkins & Bowdler, 1984

Percivalia dunkleyjonesii Lees, 2007

Percivalia fenestrata (Worsley, 1971) Wise, 1983

Petrarhabdus copulatus (Deflandre, 1959) Wise & Wind em Wise, 1983

Petrarhabdus vietus Burnett, 1997b

Pharus simulacrum Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Placozygus fibuliformis (Reinhardt, 1964) Hoffman, 1970

Prediscosphaera arkhangelskyi (Reinhardt, 1965) Perch-Nielsen, 1984

Prediscosphaera cf. *P. grandis*

Prediscosphaera cretacea (Arkangelsky, 1912) Gartner, 1968

Prediscosphaera grandis Perch-Nielsen, 1979a

Prediscosphaera majungae Perch-Nielsen, 1973

Prediscosphaera spinosa (Bramlette & Martini, 1964) Gartner, 1968

Prediscosphaera stoveri (Perch-Nielsen, 1968) Shafik & Stradner, 1971

Pseudomicula quadrata Perch-Nielsen em Perch-Nielsen *et al.*, 1978

Psyktosphaera firthii Pospichal & Wise, 1990a

Quadrum gartneri Prins & Perch-Nielsen em Manivit *et al.*, 1977

Quadrum svabenickae Burnett, 1997b

Reinhardtites anthophorus (Deflandre, 1959) Perch-Nielsen, 1968

Reinhardtites levis Prins & Sissingh em Sissingh, 1977

Repagulum parvidentatum (Deflandre & Fert, 1954) Forchheimer, 1972

Retecapsa angustiforata Black, 1971a

Retecapsa crenulata (Bramlette & Martini, 1964) Grün em Grün & Allemann, 1975

Retecapsa ficula (Stover, 1966) Burnett, 1997b

Retecapsa schizobrachiata (Gartner, 1968) Grün em Grün & Allemann, 1975

Retecapsa surirella (Deflandre & Fert, 1954) Grün em Grün & Allemann, 1975

Rhagodiscus angustus (Stradner, 1963) Reinhardt, 1971

Rhagodiscus asper (Stradner, 1963) Reinhardt, 1971

Rhagodiscus cf. *R. splendens*

Rhagodiscus indistinctus Burnett, 1997b

Rhagodiscus reniformis Perch-Nielsen, 1973

Rhagodiscus splendens (Deflandre, 1953) Verbeek, 1977

Rhombolithion rhombicum (Stradner & Adamiker, 1966) Black, 1973

Rucinolithus sp.

Seribiscutum primitivum (Thierstein, 1974) Filewicz *et al.* em Wise & Wind, 1977

Staurolithites elongatus (Bukry, 1969) Burnett, 1997b

Staurolithites flavus Burnett, 1997b

Staurolithites imbricatus (Gartner, 1968) Burnett, 1997b

Staurolithites laffittei Caratini, 1963

Staurolithites mielnicensis (Górka, 1957) Perch-Nielsen, 1968 *sensu* Crux em Lord, 1982

Staurolithites minutus Burnett, 1997b

Staurolithites sp1.

Tegumentum lucidum Lees & Bown, 2005

Tegumentum stradneri Thierstein em Roth & Thierstein, 1972

Teichorhabdus ethmos Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Tetrapodorhabdus decorus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Wind & Wise em Wise & Wind, 1977

Tranolithus gabalus Stover, 1966

Tranolithus minimus (Bukry, 1969) Perch-Nielsen, 1984

Tranolithus orionatus (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966b

Tranolithus salillum (Noël, 1965) Crux, 1981

Tranolithus sp.

UFO2

Uniplanarius gothicus (Deflandre, 1959) Hattner & Wise, 1980

Uniplanarius sissinghii (Perch-Nielsen, 1986) Farhan, 1987

Uniplanarius trifidus (Stradner em Stradner & Papp, 1961) Hattner & Wise, 1980
(variação raios curtos)

Uniplanarius trifidus (Stradner em Stradner & Papp, 1961) Hattner & Wise, 1980
(variação raios médios)

Uniplanarius trifidus (Stradner em Stradner & Papp, 1961) Hattner & Wise, 1980
(variação raios longos)

Watznaueria barnesiae (Black em Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen, 1968

Watznaueria biporta Bukry, 1969

Watznaueria fossacineta (Black, 1971a) Bown em Bown & Cooper, 1989

Watznaueria manivittiae Bukry, 1973b

Watznaueria ovata Bukry, 1969

Zeugrhabdotus acanthus Reinhardt, 1965

Zeugrhabdotus bicrescenticus (Stover, 1966) Burnett em Gale *et al.*, 1996

Zeugrhabdotus biperforatus (Gartner, 1968) Burnett, 1997b

Zeugrhabdotus diplogrammus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Burnett em Gale
et al., 1996

Zeugrhabdotus embergeri (Noël, 1958) Perch-Nielsen, 1984

Zeugrhabdotus erectus (Deflandre em Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965

Zeugrhabdotus praesigmoides Burnett, 1997b

Zeugrhabdotus sigmoides (Bramlette & Sullivan, 1961) Bown & Young, 1997

Zeugrhabdotus sigmoides (grande)

Zeugrhabdotus trivectis Bergen, 1994

Zeugrhabdotus sp1.

Zeugrhabdotus sp2.

REFERÊNCIAS

- Abramovich S., Keller G., Adatte T., Stinnesbeck W., Hottinger L., Stueben D., Berner Z., Ramanivosoa B., Randriamanantenasoa A. 2002. Age and paleoenvironment of the Maastrichtian to Paleocene of the Mahajanga Basin, Madagascar: a multidisciplinary approach. *Marine Micropaleontology*, **47**:17-70.
- Alcalá-Herrera J.A., Grossman E.L., Gartner S. 1992. Nannofossil diversity and equitability and fine-fraction $\delta^{13}\text{C}$ across the Cretaceous/Tertiary boundary at Walvis Ridge Leg 74, South Atlantic. *Marine Micropaleontology*, **20**:77-88.
- Antunes R.L. 1987. Bioestratigrafia dos nanofósseis calcários Meso e Neocretáceo da porção emersa da Bacia do Espírito Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **1**(1):2-11.
- Antunes R.L. 1998. *Nanofósseis calcários e sua bioestratigrafia no Cretáceo da Margem Continental Brasileira - Bacias do Ceará e Potiguar*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, **1**:193 p.
- Arkhangelsky A.D. 1912. Upper Cretaceous deposits of east European Russia. *Materialien zur Geologie Russlands*, **25**:1-631.
- Bergen 1994. Berriasian to early Aptian calcareous nannofossils from the Vocolian Though (SE France) and Deep Sea Drilling Site 354: new nannofossil taxa and a summary of low-latitude biostratigraphic events. *Journal of Nannoplankton Research*, **16**:5969.
- Black M. 1967. New names for some coccolith taxa. *Proceedings of the Geological Society of London*, **1640**:139-145.
- Black M. 1968. Taxonomic problems in the study of coccoliths. *Palaeontology*, **11**:793-813.
- Black M. 1971a. Coccoliths of the Speeton Clay and Sutterby Marl. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, **38**:381-424.
- Black M. 1971b. Problematical microfossils from the Gault Clay. *Geological Magazine*, **108**:325-327.
- Black M. 1972. British Lower Cretaceous Coccoliths. I - Gault Clay (part 1). *Palaeontological Society of London (Monograph)*, **126**:1-48.
- Black M. 1973. British Lower Cretaceous Coccoliths. I - Gault Clay (part 2). *Palaeontological Society of London (Monograph)*, **127**:49-112.

- Black M. & Barnes B. 1959. The structure of Coccoliths from the English Chalk. *Geological Magazine*, **96**:321-328.
- Boudreaux J.E. & Hay W.W. 1969. Calcareous nannoplankton and biostratigraphy of the late Pliocene-Pleistocene-Recent sediments in the submarex cores. *Revista Española de Micropaleontología*, **1**:249-292.
- Bown P.R. 1987. The structural development of Early Mesozoic coccoliths and its evolutionary and taxonomic significance. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, **39**:33-49.
- Bown P.R. 2005. Early to Mid-Cretaceous calcareous nannoplankton from the northwest Pacific Ocean, Leg 198, Shatsky Rise. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **198**:1-82.
- Bown P.R. & Cooper M.K.E. 1989. New calcareous nanofossils from the Jurassic. *Journal of Micropalaeontology*, **8**:91-96.
- Bown P.R. & Young J.R. 1997. Proposal for a revised classification system for calcareous nannoplankton. *Journal of Nannoplankton Research*, **19**:15-47.
- Bown P.R., Ruttledge D.C., Crux J.A., Gallagher L.T. 1998. Lower Cretaceous. In: Bown P.R. (ed.) *Calcareous Nanofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Series. Chapman and Hall/Kluwer Academic Publishers, London, pp. 86-131.
- Bramlette M.N. & Martini E. 1964. The great change in calcareous nannoplankton fossils between the Maastrichtian and Danian. *Micropalaeontology*, **10**:291-322.
- Bramlette M.N. & Sullivan F.R. 1961. Coccolithophorids and related nannoplankton of the early Tertiary in California. *Micropaleontology*, **2**:129-188.
- Bukry D. 1969. Upper Cretaceous coccoliths from Texas and Europe. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, Article 51 (Protista 2):1-79.
- Bukry D. 1973a. Low-Latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Initial Reports of the DSDP*, **15**:685-703.
- Bukry D. 1973b. Phytoplankton stratigraphy, Central Pacific Ocean. Deep Sea Drilling Project Leg 17, western Pacific Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **17**:871-889.
- Bukry D. 1973c. Phytoplankton stratigraphy, Deep Sea Drilling Project Leg 20, western Pacific Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **20**:307-317.
- Bukry D. & Bramlette M.N. 1970. Coccolith age determinations LEG 3, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the DSDP*, **3**:589-611.

- Burnett J.A. 1997a. New species and conjectured evolutionary trends of *Ceratolithoides* Bramlete & Martini, 1964 from the Campanian and Maastrichtian of the Indian Ocean. *Journal of Nannoplankton Research*, **19**(2):123-131.
- Burnett J.A. 1997b. New species and new combinations of Cretaceous nannofossils, and a note on the origin of *Petrarhabdus* (Deflandre) Wind & Wise. *Journal of Nannoplankton Research*, **19**(2):133-146.
- Burnett J.A., Gallagher L.T., Hampton M.J. 1998. Upper Cretaceous. In: Bown P.R. (ed.) *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Series. Chapman and Hall/Kluwer Academic Publishers, London, pp. 132-199.
- Caratini C. 1963. Contribution à l'étude des coccolithes du Cénomaniens supérieur et du Turonien de la région de Rouen. *Thèse, Université d'Alger, Faculté des Sciences. Publication du Laboratoire de Géologie Appliquée*, 61 p.
- Cepek P. 1978. Mesozoic calcareous nannoplankton of the Eastern North Atlantic, Leg 41. *Initial Reports of the DSDP*, **41**:667-687.
- Concheyro A. 2004. Mesozoic Calcareous nannofossils from Larsen Basin, Southern Antarctic Peninsula, In: GeoSur International Symposium, Buenos Aires, *Extended Abstracts*, pp. 255-257.
- Concheyro A., Olivera A., Santillana S., Marensi S., Rinaldi C. 1991. Nanofosiles calcáreos del Cretácico Superior de Isla Marambio, Antártida. In: Congreso Geológico Chileno. *Resúmenes Expandidos*, pp. 825-828.
- Concheyro A., Robles Hurtado G.M., Olivero E.B. 1994. Micropaleontología del Nunatak Sanctuary Cliffs, Isla Snow Hill y de Cabo Hamilton, Isla James Ross, Antártida, In: Terceras Jornadas de Comunicaciones sobre investigaciones Antárticas, Buenos Aires, *Resúmenes*, pp. 17-23.
- Covington J.M. & Wise S.W. 1987. Calcareous nannofossil Biostratigraphy of a lower cretaceous deep-sea fan complex: Deep Sea Drilling Project Leg 93 Site 603, lower continental rise off Cape Hatteras. *Initial Reports of the DSDP*, **93**:617-660.
- Crux J.A. 1981. New calcareous nannofossil taxa from the Cretaceous of South East England. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, **10**:633-640.
- Crux J.A. 1991. Calcareous nannofossils recovered by Leg 114 in the Subantarctic South Atlantic Ocean. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **114**:155-177.

- Crux J.A., Hamilton G.B., Lord A.R., Taylor R.J. 1982. *Tortolithus* gen. nov. Crux and new combinations of Mesozoic calcareous nannofossils from England. *INA Newsletter*, **4**:98-101.
- Deflandre G. 1947. *Braarudosphaera* nov. gen., type d'une famille nouvelle de Coccolithophoridés actuels à éléments composites. *Comptes Rendus (Hebdomadaires des Séances) de l'Académie des Sciences*, Paris, **225**:439-441.
- Deflandre G. 1953. Hétérogénéité intrinsèque et pluralité des éléments dans les coccolithes actuels et fossiles. *Comptes Rendus (Hebdomadaires des Séances) de l'Académie des Sciences*, Paris, **237**:1785-1787.
- Deflandre G. 1959. Sur les nannofossiles calcaires et leur systématique. *Revue de Micropaléontologie*, **2**:127-152.
- Deflandre G. 1963. Sur les Microrhabdulidés, famille nouvelle de nannofossiles calcaires. *Comptes Rendus (Hebdomadaires des Séances) de l'Académie des Sciences*, Paris, **256**:3484-3487.
- Deflandre G. & Fert C. 1954. Observations sur les Coccolithophoridés actuels et fossiles en microscopie ordinaire et électronique. *Annales de Paléontologie*, **40**:115-176.
- Erbacher J., Mosher D.C., Malone M.J., Berti D., Bice K.L., Bostock H., Brumsack H.-J., Danelian T., Forster A., Glatz C., Heidersdorf F., Henderiks J., Janecek T.R., Junium C., Le Callonnec L., MacLeod K., Meyers P.A., Mutterlose H.J., Nishi H., Norris R.D., Ogg J.G., O'Regan A.M., Rea B., Sexton P., Sturt H., Suganuma Y., Thurow J.W., Wilson P.A., Wise S.W. 2004. Site 1258. *Proceedings of the Ocean Drilling Program*, Initial Reports, **207**:1-117.
- Farhan A. 1987. Evolutionary trend of the genus *Lithastrinus* to the genus *Uniplanarius*. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt Wien*, **39**:57-65.
- Forchheimer S. 1972. Scanning Electron Microscope studies of Cretaceous coccoliths from the Köpingsberg Borehole N°1, SE Sweden. *Sveriges Geologiska Undersökning, Series C, #668*, **65**:1-141.
- Forchheimer S. & Stradner H. 1973. *Scampanella*, a new genus of Cretaceous nannofossils. *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt (Wien)*, **2**:286-289.
- Freitas L.C.S. 1984. *Nanofósseis calcários e sua distribuição (Aptiano-Mioceno) na bacia Sergipe-Alagoas*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 247 p.

- Gale A.S., Kennedy W.J., Burnett J.A., Caron M., Kidd B.E. 1996. The Late Aptian to Early Cenomanian succession at Mont Risou, near Rosans (Drôme, SE France): an integrated study (ammonites, inoceramids, planktonic foraminifera, nannofossils, oxygen and carbon isotopes). *Cretaceous Research*, **17**:515-606.
- Gardet M. 1955. Contribution à l'étude des coccolithes des terrains néogènes de l'Algérie. *Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie (Nouvelle Série)*, **5**:477-550.
- Gartner S. 1968. Coccoliths and related calcareous nannofossils of Texas and Arkansas. *The University of Kansas Paleontological contributions*, Article **48** (Protista 1):1-56.
- Gomide J. 1989. Bacia de Pelotas: Biocronoestratigrafia baseada em nanofósseis calcários. In: Congresso brasileiro de Paleontologia, 11, *Anais*, Curitiba, SBP, pp. 338-351.
- Górka H. 1957. Les Coccolithophoridae z górnego Mastrychtu Polski Środkowej. *Acta Palaeontologica Polonica*, **2**:239-284.
- Guerra R.M., Tokutake L.R., Fauth G. 2010. Upper Campanian calcareous nannofossils from a core of well 2-RSS-1, Pelotas Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **13**(3):181-188.
- Guerra R.M., Tokutake L.R., Fauth G. 2012. Cretaceous calcareous nannofossils from Pelotas Basin, Brazil: Biostratigraphic and paleoecological inferences. *Journal of South American Earth Sciences*, **36**:55-71.
- Guerra R.M., Concheyro A., Lees J., Fauth G., Carvalho M.A., Ramos R.R.C. 2015. Calcareous nannofossils from the Santa Marta Formation (Upper Cretaceous), northern James Ross Island, Antarctic Peninsula. *Cretaceous Research*, **56**:550-562.
- Gran H.H. & Braarud T. 1935. A quantitative study of the phytoplankton in the Bay of Fundy and the Gulf of Maine (including observations on hydrography, chemistry and turbidity). *Journal of the Biological Board of Canada*, **1**:279-467.
- Grün W. & Allemann F. 1975. The Lower Cretaceous of Caravaca (Spain): Berriasian Calcareous Nannoplankton of the Miravetes Section (Subbetic Zone, Prov. Of Murcia). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **68**:147-211.
- Hattner J.G. & Wise S.W. 1980. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy of South Carolina. *South Carolina Geology*, **24**:41-117.

- Hattner J.G., Wind F.H., Wise S.W. 1980. The Santonian-Campanian boundary: comparison of nearshore-offshore calcareous nannofossil assemblages. *Cahiers de Micropaléontologie*, **3**:9-26.
- Hay W.W. 1977. Calcareous nannofossils. In: Ramsay, A.T.S. (ed.) *Oceanic Micropaleontology 2*, Academic Press, London, pp. 1055-1200.
- Hay W.W. & Beaudry F.M., 1973. Calcareous nannofossils – Leg 15, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the DSDP*, **15**:625-683.
- Henriksson A.S. 1993. Biochronology of the terminal Cretaceous calcareous nannofossil Zone of *Micula prinsii*. *Cretaceous Research*, **14**:59-68.
- Hildebrand-Habel T., Willems H., Versteegh G.J.M. 1999. Variations in calcareous dinoflagellate associations from the Maastrichtian to Middle Eocene of the western South Atlantic Ocean (São Paulo Plateau, DSDP Leg 39, Site 356). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **106**:57-87.
- Hill, M.E. 1976. Lower Cretaceous calcareous nannofossils from Texas and Oklahoma. *Palaeontographica Abteilung B*, **156**:103-179.
- Hoffmann, N. 1970. *Placozygus* n. gen. (Coccolithineen) aus der Oberkreide des nordlichen Mitteleuropas. *Geologie*, **19**:1004-1009.
- Huber B.T. & Watkins D.K. 1992. Biogeography of Campanian-Maastrichtian calcareous plankton in the region of the Southern Ocean: paleogeographic and paleoclimatic implications. The Antarctic Paleoenvironment: a perspective on global change. *Antarctic Research Series*, **56**:31-60.
- Husson D., Galbrun B., Laskar J., Hinnov L.A., Thibault N., Gardin S., Locklair R.E. 2011. Astronomical calibration of the Maastrichtian (Late Cretaceous). *Earth and Planetary Science Letters*, **305**:328-340.
- Jakubowski M. 1986. New calcareous nannofossil taxa from the Lower Cretaceous of the North Sea. *INA Newsletter*, **8**:38-42.
- Kamptner E. 1931. *Nannoconus steinmanni* nov. gen. nov. spec., ein merkwürdiges gesteinsbildendes Mikrofossil aus dem jüngeren Mesozoikum der Alpen. *Paläontologische Zeitschrift*, **13**:288-298.
- Lees J.A. 2007. New and rarely reported calcareous nannofossils from the Late Cretaceous of coastal Tanzania: outcrop samples and Tanzania Drilling Project Sites 5,9 and 15. *Journal of Nannoplankton Research*, **29**(1):39-65.

- Lees J.A. & Bown P.R. 2005. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy, ODP Leg 198 (Shatsky Rise, Northwest Pacific Ocean). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **198**:1-60.
- Linnert C. & Mutterlose J. 2009. Biometry of the Late Cretaceous *Arkhangelskiella* group: ecophenotypes controlled by nutrient flux. *Cretaceous Research*, **30**:1193-1204.
- Lord A.R. 1982. *A Stratigraphical Index of Calcareous Nannofossils*. The British Micropaleontological Society, Ellis Horwood Limited, Chichester. 192 p.
- Lohmann H. 1909. Die gehäuse und gallertblasen der appendicularien und ihre bedeutung für die erforschung de lebens im Meer. *Verhandlungen Deutsche Zoologische Gesellschaft*, **19**:200-239.
- Manivit H. 1965. Nannofossiles calcaires de l'Albo-Aptien. *Revue de Micropaléontologie*, **8**:189-201.
- Manivit H. 1971. Nannofossiles calcaires du Crétacé français (Aptien-Maestrichtien). Essai de Biozonation appuyée sur les stratotypes. *Thèse Doctorate d'Etat, Faculté des Sciences d'Orsay*, 187 p.
- Manivit H. 1984. Paleogene and Upper Cretaceous calcareous nannofossils from deep sea drilling project Leg 74. *Initial Reports of the DSDP*, **74**:475-499.
- Manivit H. 1989. Calcareous nannofossil biostratigraphy of Leg 108 sediments. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **108**:35-69.
- Manivit H. & Feinberg H. 1984. Correlation of magnetostratigraphy and nannofossil biostratigraphy in Upper Cretaceous and Lower Paleocene sediments of the Walvis Ridge area. *Initial Reports of the DSDP*, **74**:469-474.
- Manivit H., Perch-Nielsen K., Prins B., Verbeek J.W. 1977. Mid Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Series B*, **80**:169-181.
- Martini E. 1961. Nannoplankton aus dem Tertiär und der obersten Kreide von SW-Frankreich. *Senckenbergiana Lethaea*, **42**:1-32.
- Martini E. & Stradner H. 1960. Nannotetraster, eine stratigraphisch bedeutsame neue Discoasteridengattung. *Erdöl-Zeitschrift*, **76**:266-270.
- Noël D. 1958. Étude de coccolithes du Jurassique et du Crétacé inférieur. *Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie (Nouvelle Série)*, Bulletin **20**:155-196.

- Noël D. 1965. Sur les Coccolithes du Jurassique Européen et d'Afrique du Nord. *Editions du Centre National de la Recherche Scientifique*, Paris, 209 p.
- Noël D. 1969. *Arkhangelskiella* (coccolithes Crétacés) et formes affines du Bassin de Paris. *Revue de Micropaléontologie*, **11**:191-204.
- Noël D. 1970. Coccolithes Crétacés: La Craie Campanienne du Bassin de Paris. *Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique*, Paris, 129 p.
- Oliveira L.C.V. 1997. *Arcabouço estratigráfico Albo-Maastrichtiano da Bacia de Campos: um estudo com base em nanofósseis calcários e suas correlações com marcos elétricos e a estratigrafia química*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Grande do Sul, 180 p.
- Oliveira L.C.V. & Costa S.O. 1997. Proposal of new biostratigraphic units based on calcareous nannofossils for the Maastrichtian of the Santos Basin (Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **69**(1):37-58.
- Panera J.P.P. 2010. Sistemática y bioestratigrafía de los nanofósiles calcáreos del Cretácico del Sudeste de la Cuenca Austral, Santa Cruz, Argentina. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidad Nacional de La Plata, 450 p.
- Perch-Nielsen K. 1968. Der Feinbau und die Klassifikation der Coccolithen aus dem Maastrichtien von Dänemark. *Det kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologiske Skrifter*, **16**:1-93.
- Perch-Nielsen K. 1973. Neue coccolithen aus dem Maastrichtien von Dänemark, Madagaskar und Ägypten. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **22**:306-333.
- Perch-Nielsen K. 1977. Albian to Pleistocene calcareous nannofossils from the Western South Atlantic, DSDP Leg 39. *Initial Reports of the DSDP*, **39**:699-823.
- Perch-Nielsen K. 1979a. Calcareous nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In: Wiedmann, J. (ed.) *Aspekte der Kreide Europas*, International Union of Geological Science Series A, pp. 223-272.
- Perch-Nielsen 1979b. Calcareous nannofossil zonation at the Cretaceous/Tertiary boundary in Denmark. *Proceedings Cretaceous/Tertiary Boundary Events Symposium*, Copenhagen, **1**:115-135.
- Perch-Nielsen K. 1984. Validation of new combinations. *INA Newsletter*, **6**:42-46.

- Perch-Nielsen K. 1985. Mesozoic calcareous nannofossils. *In: Bolli H.M., Saunders J.B. Perch-Nielsen, K. (eds.). Plankton Stratigraphy.* Cambridge University Press, Cambridge, **1**:329-426.
- Perch-Nielsen K. 1986. New Mesozoic and Paleogene calcareous nannofossils. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **79**:835-847.
- Perch-Nielsen K. & Franz H.E. 1977. *Lapideacassis* and *Scumpanella*, calcareous nannofossils from the Paleocene at Sites 354 and 356, DSDP Leg 39, southern Atlantic. *Initial Reports of the DSDP*, **39**:849-862.
- Perch-Nielsen K., Sadek A., Barakat M.G., Teleb F. 1978. Late Cretaceous and Early Tertiary Calcareous nannofossils and Planktonic foraminifera zones from Egypt. *Actes du VI Colloque Africain de Micropaléontologie, Tunis 1974, Annales des Mines et de la Géologie, Tunis*, **28**:337-403.
- Piveteau J. 1952. *Traité de paléontologie*, Masson, Paris, **1**:107-115.
- Pospichal J.J. & Wise S.W. 1990a. Maestrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy of Maud Rise, ODP Leg 113 Sites 689 and 690, Weddell Sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **113**:465-487.
- Pospichal J.J. & Wise S.W., 1990b. Calcareous nannofossils across the K/T boundary, ODP hole 690c, Maud Rise, Weddell Sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **113**:515-532.
- Prins 1971. Speculations on relations, evolution and stratigraphic distribution of discoasters, *In: Farinacci A. (ed.) Proceedings II Planktonic Conference Roma*, **2**:1017-1037.
- Proto Decima F., Medizza F., Todesco L. 1978. Southeastern Atlantic Leg 40 calcareous nannofossils. *Initial Reports of the DSDP*, **40**:571-634.
- Reinhardt P. 1964. Einige Kalkflagellaten-Gattungen (Coccolithophoriden, Coccolithineen) aus dem Mesozoikum Deutschlands. *Monatsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, **6**:749-759.
- Reinhardt P. 1965. Neue Familien für fossile Kalkflagellaten (Coccolithophoriden, Coccolithineen). *Monatsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, **7**:30-40.
- Reinhardt P. 1966a. Zur Taxionomie und Biostratigraphie des fossilen Nannoplanktons aus dem Malm, der Kreide und dem Alttertiär Mitteleuropas. *Freiberger Forschungshefte*, **C196**: 5-109.

- Reinhardt P. 1966b. Fossile Vertreter coronoider und styloider Coccolithen (Family Coccolithaceae Poche 1913). *Monatsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, **8**:513-524.
- Reinhardt P. 1967. Fossile Coccolithen mit rhagoidem Zentralfeld (Fam. Ahmuellerellaceae, Subord. Coccolithineae). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, **1967**:163-178.
- Reinhardt P. 1970/71. Synopsis der Gattungen und Arten der mesozoischen Coccolithen und anderer Kalkiger Nannofossilien, I, II, III (1971). *Freiberger Forschungshefte*, **C260**:5-32; **C265**:41-111; **C267**:19-41.
- Reinhardt P. & Górka H. 1967. Revision of some Upper Cretaceous coccoliths from Poland and Germany. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **129**:240-256.
- Risatti J.B. 1973. Nannoplankton biostratigraphy of the Upper Bluffport Marl-Lower Prairie Bluff Chalk interval (upper Cretaceous) in Mississippi. In: Smith L.A., Hardenbol J. (eds.) *Proceedings of the Symposium on Calcareous Nannofossils. Gulf Coast Section*, SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication, pp. 8-57.
- Romein A.J.T. 1977. Calcareous nannofossils from the Cretaceous/Tertiary boundary interval in the Barranco del Gredero (Caravaca, Prov. Murcia, S.E. Spain). II. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, **B80**:269-279.
- Romein A.J.T. 1979. Lineages in early Paleogene calcareous nannoplankton. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, **22**: 1-230.
- Rood A.P., Hay W.W., Barnard T. 1971. Electron microscope studies of Oxford Clay coccoliths. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **64**:245-272.
- Rood A.P., Hay W.W., Barnard T. 1973. Electron microscope studies of Lower and Middle Jurassic coccoliths. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **66**:365-382.
- Roth P.H. 1973. Calcareous nannofossils - Leg 17, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the DSDP*, **17**:695-795.
- Roth P.H. 1978. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **44**:731-760.
- Roth P.H. & Thierstein H. 1972. Calcareous nannoplankton: Leg 14 of the Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the DSDP*, **14**:421-485.

- Schiller J. 1930. Coccolithineae. *In*: Rabenhorst, L. (ed.) Kryptogamen-Flora von Deutschland. *Österreich und der Schweiz. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig*, **10**:89-267.
- Shumenko S.I. 1968. Coccolithophorids as revealed by electron microscope. *Paleontological Journal*, **4**:464-470.
- Shafik S. & Stradner H. 1971. Nannofossils from the Eastern Desert, Egypt, with reference to Maastrichtian nannofossils from the USSR. *Jahrbuch der Geologische Bundesanstalt, Austria*, **17**:69-104.
- Shamrock J.L. & Watkins D.K. 2009. Evolution of the Cretaceous calcareous nannofossil genus *Eiffellithus* and its biostratigraphic significance. *Cretaceous Research*, **30**:1083-1102.
- Sissingh W. 1977. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw*, **56**: 37-65.
- Stover L.E. 1966. Cretaceous coccoliths and associated nannofossils from France and the Netherlands. *Micropaleontology*, **12**(2):133-167.
- Stradner H. 1961. Vorkommen von Nannofossilien im Mesozoikum und Alttertiär. *Erdoel-Zeitschrift fuer Bohr-und Foerdertechnik*, **77**:77-88.
- Stradner H. 1962. Über neue und wenig bekannte Nannofossilien aus Kreide und Alttertiär. *Sonderabdruck aus den Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, **2**:363-377.
- Stradner H. 1963. New contributions to Mesozoic stratigraphy by means of nannofossils. *Proceedings of the Sixth World Petroleum Congress, Austria, Section 1, Paper 4*, pp. 167-183.
- Stradner H.; Adamiker, D. 1966. Nannofossilien aus Bohrkernen und ihre elektronenmikroskopische Bearbeitung. *Erdoel-Erdgas Zeitschrift*, **82**:330-341.
- Stradner H. & Papp A. 1961. Tertiäre Discoasteriden aus Österreich und deren stratigraphische Bedeutung mit Hinweisen auf Mexico, Rumanien und Italien. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt (Wien) Special Volume*, **7**:1-159.
- Stradner H. & Steinmetz J. 1984. Cretaceous calcareous nannofossils from the Angola Basin, Deep Sea Drilling Project Site 530. *Initial Reports of the DSDP*, **75**:565-649.
- Streng M., Hildebrand-Habel T., Willems H. 2004. A proposed classification of archeopyle types in calcareous dinoflagellate cysts. *Journal of Paleontology*, **78**(3):456-483.

- Švábenická L., Vodrážka R., Nývlt D. 2012. Calcareous nannofossils from the Upper Cretaceous of northern James Ross Island, Antarctica: a pilot study. *Geological Quarterly*, **56**(4):765-772.
- Thibault N. & Gardin S. 2006. Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoecology in the Equatorial Atlantic (Demerara Rise, ODP Leg 207 Hole 1258A). *Revue de Micropaleontology*, **49**:199-214.
- Thibault N. & Gardin S. 2007. The Late Maastrichtian nannofossil record of climate change in the South Atlantic DSDP Hole 525A. *Marine Micropaleontology*, **65**: 163-184.
- Thibault N., Gardin S., Galbrun B. 2010. Latitudinal migration of calcareous nannofossil *Micula murus* in the Maastrichtian: Implications for global climate change. *Geology*, **38**(3):203-206.
- Thierstein H.R. 1971. Tentative Lower Cretaceous Calcareous Nannoplankton Zonation. *Ecogae Geologicae Helvetiae*, **64**:459-488.
- Thierstein H.R. 1973. Lower Cretaceous Calcareous Nannoplankton Biostratigraphy. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, **29**:1-58.
- Thierstein H.R. 1974. Calcareous nannoplankton-Leg 26, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the DSDP*, **26**:619-667.
- Troelsen J.C. & Quadros L.P. 1971. Distribuição bioestratigráfica dos nanofósseis em sedimentos marinhos (Aptiano-Mioceno) do Brasil. *Anais da Academia brasileira de Geociências*, **43** (suplemento):577-609.
- Varol O. 1989. Quantitative analysis of the *Arkhangelskiella cymbiformis* Group and Biostratigraphic usefulness in the North Sea Area. *Journal of Micropaleontology*, **8**:131-134.
- Varol O. 1992. Taxonomic revision of the Polycyclolithaceae and its contribution to Cretaceous biostratigraphy. *Newsletters in Stratigraphy*, **27**:93-127.
- Varol O. & Girgis M. 1994. New taxa and taxonomy of some Jurassic to Cretaceous calcareous nannofossils. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **192**:221-253.
- Vekshina V.N. 1959. Coccolithophoridae of the Maastrichtian deposits of the West Siberian Lowlands. *Siberian Science Research Institute of Geology, Geophysics, Mineralogy and Raw Materials*, **2**:56-81.

- Verbeek J.W. 1976. Upper Cretaceous calcareous nannoplankton from Ballon and Théligny in the type area of the Cenomanian stage (Sarthe, France). *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, **B79**:69-82.
- Verbeek J.W. 1977. Calcareous nannoplankton biostratigraphy of Middle and Upper Cretaceous deposits in Tunisia, southern Spain and France. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, **16**:1-157.
- Watkins D.K. & Bowdler J.L. 1984. Cretaceous calcareous nannofossils from Deep Sea Drilling Project Leg 77, southeast Gulf of Mexico. *Initial Reports of the DSDP*, **77**:649-674.
- Watkins D.K., Wise S.W., Pospichal J.J., Crux J. 1996. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Mognilevsky A., Whatley R. (eds.) *Microfossils and Oceanic Environments*. University of Wales (Aberystwyth Press), pp. 355-381.
- Wind F.H. 1975. *Tetralithus copulatus* Deflandre (Coccolithophoridae) from the Indian Ocean: a possible paleoecological indicator. *Antarctic Journal of the United States*, **X(5)**:265-265.
- Wind F.H. 1979. Maestrichtian-Campanian nannofloral provinces of the southern Atlantic and Indian oceans, in: Talwani, M., Hay, W. and Ryan, W.B.F. (Eds.). *Deep Sea Drilling Results in the Atlantic Ocean: continental margins and paleoenvironment*, pp. 123-137.
- Wind F.H. & Wise S.W. 1983. Correlation of Upper Campanian-Lower Maastrichtian calcareous nannofossil assemblages in drill and piston cores from the Falkland Plateau, Southwest Atlantic Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **71**:551-563.
- Wise S.W. 1983. Mesozoic and Cenozoic Calcareous nannofossils recovered by Deep Sea Drilling Project Leg 71 in the Falkland Plateau Region, Southwest Atlantic Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **71**:481-550.
- Wise S.W. 1988. Mesozoic-Cenozoic history of calcareous nannofossils in the region of the southern ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **67**:157-179.
- Wise S.W. & Wind F.H. 1977. Mesozoic and Cenozoic Calcareous Nannofossils Recovered by DSDP Leg 36 Drilling on the Falkland Plateau, Southwest Atlantic Sector of the Southern Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **36**:269-491.

- Worsley T.R. 1971. Calcareous nannofossil zonation of Jurassic and Lower Cretaceous sediments from the Western Atlantic. *In: Farinacci A. (ed.) Proceedings II Planktonic Conference Roma, 2:1301-1322.*
- Young J.R., Bergen J.A., Bown P.R., Burnett J.A., Fiorentino A., Jordan R.W., Kleijne A., Van Niel B.E., Romein A.J.T., Von Salis K. 1997. Guidelines for coccolith and calcareous nannofossil terminology. *Palaeontology*, **40**(4):875-912.
- Young J.R., Bown P.R., Lees J.A. (eds.) Nannotax3 website. International Nannoplankton Association. URL: <http://ina.tmsoc.org/Nannotax3>

3.2. Calcareous nannofossils from the Santa Marta Formation (Upper Cretaceous), Northern James Ross Island, Antarctic Peninsula

Autores

Rodrigo do Monte Guerra^a, Andrea Concheyro^{b,c}, Jackie Lees^d, Gerson Fauth^a, Marcelo de Araujo Carvalho^e, Renato Rodriguez Cabral Ramos^e

^aItt Fossil, Instituto Tecnológico de Micropaleontologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Av. UNISINOS, 950, B. Cristo Rei/CEP: 93.022-000, São Leopoldo, RS, Brazil. E-mail: rmguerra@unisinobr, gersonf@unisinobr

^bInstituto Antártico Argentino (IAA), Buenos Aires. Argentina.

^cIDEAN-CONICET, Departamento de Ciências Geológicas, Universidad de Buenos Aires, Pabellón II, Ciudad Universitaria, 1428 - Buenos Aires, Argentina. E-mail: andrea@gl.fcen.uba.ar

^dDepartment of Earth Sciences, University College London, Gower Street, London, WC1E 6BT, UK. E-mail: j.lees@ucl.ac.uk

^eMuseu Nacional - Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: mcarvalho@mn.ufrj.br, rrosos@mn.ufrj.br

Situação

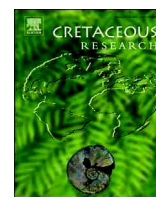
Artigo publicado no periódico *Cretaceous research* (Qualis CAPES B1).

OBS: De acordo com as normas do Programa de Pós-Graduação em Geologia, a seguir é inserida cópia do PDF do artigo publicado no periódico.



Contents lists available at ScienceDirect

Cretaceous Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/CretRes

Calcareous nannofossils from the Santa Marta Formation (Upper Cretaceous), northern James Ross Island, Antarctic Peninsula



Rodrigo do Monte Guerra ^{a,*}, Andrea Concheyro ^{b,c}, Jackie Lees ^d, Gerson Fauth ^a, Marcelo de Araujo Carvalho ^e, Renato Rodriguez Cabral Ramos ^e

^a ITT Fossil, Instituto Tecnológico de Micropaleontologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Av. UNISINOS, 950, B. Cristo Rei/CEP: 93.022-000, São Leopoldo, RS, Brazil

^b Instituto Antártico Argentino (IAA), Buenos Aires, Argentina

^c IDEAN-CONICET, Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires, Pabellón II, Ciudad Universitaria, 1428, Buenos Aires, Argentina

^d Department of Earth Sciences, University College London, Gower Street, London, WC1E 6BT, UK

^e Museu Nacional – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 March 2015

Received in revised form

15 June 2015

Accepted in revised form 16 June 2015

Available online xxx

Keywords:

Calcareous nannofossils

James Ross Island

Antarctic Peninsula

Cretaceous

Early Campanian

Gephyrobiscutum diabolium

ABSTRACT

This study reports on the most stratigraphically extensive nannofloras yet recovered from the Lachman Crag Member of the Santa Marta Formation, James Ross Island, Antarctic Peninsula. The productive samples are dated as early Campanian. These ages are in accord with those provided by ammonites, foraminifera, ostracods and radiolarians from the same locality. The consistent and relatively abundant presence of *Gephyrobiscutum diabolium* throughout the productive part of the section, a species that has previously only been documented from the Falkland Plateau, extends its geographic distribution to higher latitudes, at least to the Antarctic Peninsula area.

© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The James Ross Basin constitutes one of the most significant Mesozoic to Cenozoic sedimentary basins of the southern high-latitude region, since it is located in the northern sector of the Antarctic Peninsula and, unlike other south-polar basins, has extensive, ice-free outcrops representing more than 6000 m of Cretaceous marine deposits.

These sedimentary rocks have been interpreted as having been deposited in different marine environments, from proximal to outer shelf and prodelta lobe. In general, the sections are extensive and sediments are poorly consolidated. They contain rich faunas of ammonites, bivalves, gastropods, vertebrate remains, and also

plants that exhibit exceptional preservation at certain levels. The Cretaceous deposits are overlain unconformably either by the James Ross Island Volcanic Group (JRIVG) of Neogene to Pleistocene age, or by Neogene diamictites, generally intercalated between hyaloclastites of the JRIVG and Cretaceous sandstones or claystones.

Since the early 20th century, international polar expeditions have made significant progress in understanding the stratigraphy and palaeontology of the region. On James Ross Island, two thick sedimentary successions are recognised: the Gustav Group (Aptian-Coniacian) and the Marambio Group (Santonian-Danian) (Ineson et al., 1986; Olivero, 2012).

The biostratigraphy of the Marambio Group has been studied in fairly good detail using ammonites, which have good records in several sections on Vega, James Ross, Snow Hill and Seymour islands (Riccardi, 1980; Olivero, 1984, 1992, 2012; Macellari, 1986, 1988; Pirrie et al., 1991, 1997; Scasso et al., 1991; Olivero and Medina, 2000).

To improve the stratigraphy, palynomorphs, calcareous nannofossils and other microfossils have also been studied, providing

* Corresponding author.

E-mail addresses: rmguerra@unisinis.br (R.M. Guerra), andrea@gl.fcen.uba.ar (A. Concheyro), j.lees@ucl.ac.uk (J. Lees), gersonf@unisinis.br (G. Fauth), mcarvalho@mn.ufjf.br (M. de Araujo Carvalho), rrosas@mn.ufjf.br (R.R. Cabral Ramos).

different levels of resolution. They include studies on palynology by Dettman and Thomson (1987), Askin (1988), Harwood (1988), Pirrie and Reading (1988), Pirrie et al. (1991), Keating (1992), Barreda and Olivero (1993) and Carvalho et al. (2013), among others. However, micropalaeontological studies in the James Ross Basin are still scarce and are generally restricted to Mesozoic and Cenozoic foraminifera, ostracods, diatoms and radiolarians (MacFayden, 1966; Huber, 1988; Gázquez and Webb, 1996; Concheyro et al., 1997, 2007, 2010, 2014; Bertels-Psotka et al., 2001; Fauth et al., 2003; Caramés and Concheyro, 2013; Florisbal et al., 2013).

Records of calcareous nannofossils from the James Ross Basin are concentrated in the southeast, and include late Campanian and early Maastrichtian assemblages (Concheyro et al., 1991, 1995, 2004, 2010; Robles Hurtado and Concheyro, 1995), which are impoverished, compared to coeval nannofloras from Deep Sea Drilling Project (DSDP)/Ocean Drilling Program (ODP) Legs 36, 113 and 114 (respectively, Wise and Wind, 1977; Pospichal and Wise, 1990a, b; Crux, 1991), and one core drilled in the surrounding area of the northern James Ross Island (Kulhanek, 2007).

In the northern sector of James Ross Island, Brazilian and Czech scientific expeditions have recently reported Campanian calcareous nannofossils from the Lachman Crag Member of the Santa Marta Formation (Guerra et al., 2012; Švábenická et al., 2012). The latter authors have also published a pioneering study on calcareous nannofossils from the northern sector of the James Ross Basin that include specimens recovered from five different formations from the middle Coniacian to lower Campanian, and three productive samples that belong to the Santa Marta Formation.

The study presented herein covers the upper part of the Alpha Member of the Santa Marta Formation in the Lachman Crag section, where 99 micropalaeontological samples were collected for the study of foraminifera, ostracods and radiolarians (Florisbal et al., 2013). In 17 of those samples, calcareous nannofossils have been recorded. The objectives of this study are: i) to provide a more detailed record of nannofossils from the Lachman Crag section; ii) to illustrate the moderately-preserved nannofloras recovered, highlighting their significant features; and iii) to provide independent ages to compare to those established by the other fossil groups.

2. Geological setting

The James Ross Basin, a component of the larger Larsen Basin, contains a significant upper Mesozoic to lower Cenozoic sedimentary succession related to the Gondwana break-up and subsequent development in a back-arc setting (Hathway, 2000) (Fig. 1).

The James Ross Basin hosts an extensive Cretaceous sequence unique in that the outcrops are located above 65°S latitude. On James Ross Island, the Cretaceous succession can be assigned to two major stratigraphic units: the Aptian–Coniacian Gustav Group and the Santonian–Danian Marambio Group (Olivero, 2012). The former comprises the coarse-grained, submarine fan and slope deposits of the Kotick Point and Whisky Bay formations, superposed by fan-delta deposits represented by the Hidden Lake Formation (Ineson, 1989; Buatois and López-Angriman, 1992; Medina et al., 1992; Whitham et al., 2006). Outcrops of these deposits are scattered around the northern and western sectors of James Ross Island (Ineson et al., 1986; Medina et al., 1992). These grade upwards into the finer-grained sandstones, mudstones, scarce conglomerates and bioclastic mudstones indicative of the shallow-marine deposits of the Marambio Group (Rinaldi et al., 1978; Pirrie, 1989; Crame et al., 1991; Pirrie et al., 1997; Olivero and Medina, 2000; Francis et al., 2006; Olivero, 2012).

The studied samples from Lachman Crag belong to the Santa Marta Formation, the basal unit of the Marambio Group (Rinaldi, 1982). The Santa Marta Formation was subdivided into the Alpha, Beta and Gamma members (Olivero et al., 1986). The Alpha and Beta members crop out at Brandy Bay, Col Crame and Lachman Crag, and comprise facies associations that indicate a regressive sequence (Scasso et al., 1991).

The base of the Alpha Member consists of massive or laminated, muddy-tuffaceous, fine-grained sandstones, interbedded with hard, graded tuffaceous sandstones, containing dispersed, pyritised tree trunks and carbonised plant fragments, scarce invertebrates and heteromorph ammonites, as well as specimens of *Baculites* cf. *B. kirki* Matsumoto. The upper part of the Alpha Member consists of alternations of graded, tuffaceous, sandy turbidites that preserve diverse ammonite faunas, gastropods, crinoids, solitary corals, brachiopods and bivalves.

The lower part of the Beta Member consists of tuffaceous and pebbly, or coarse-grained, sandstones, incorporating resedimented ammonites, belemnites and bivalves (Olivero, 2012). In the upper part of this member, the facies associations include fine-grained, micaceous, silty sandstones, mudstones with leaves, trunks and plant fragments, and small ammonites. Beds characterised by *Pterotrigonia* sp. and *Cuccullaea* sp. are frequent, and bioclastic beds supported by belemnites, trigonids and scaphopods cut erosively-bioturbated beds that are overlain by cross-bedded and parallel-laminated clastic sandstones, which are composed of glass shards and pumice lapilli. The vertical stacking of these facies associations suggests the evolution of a progradational, deep-water delta system (Scasso et al., 1991; Olivero, 2012). The Alpha and Beta members contain six successive ammonite assemblages, characterised by *Baculites* cf. *B. kirki*, *Natalites rossensis* Olivero, *Natalites* sp. Group 1, *Grossouvrites occultus* Olivero and Medina, *Natalites* cf. *morenoi* Riccardi, *Natalites taylori* Spath, *Karapadites* cf. *centinolaensis* Blasco and *Natalites* sp. Group 2, all of which indicate early Campanian ages.

The Gamma Member of the Santa Marta Formation crops out at Santa Marta Cove and Dreadnought Point in the eastern sector of James Ross Island, and is dominated by sandstone beds with scarce *Neograhamites primus* ammonites, common gastropods, bivalves and coquinas. An ankylosaurian dinosaur, *Antarctopelta oliveroi* (Salgado and Gasparini, 2006), and a plesiosaur (Kellner et al., 2011) have also been recorded from the Gamma Member. The ammonites belong to Ammonite Assemblages 8 and 9 (late Campanian) of Olivero and Medina (2000) and Olivero (2012). Recently, the Gamma Member has been considered to be the base of the Snow Hill Island Formation, of late Campanian age (Olivero, 2012).

Pirrie (1989) defined two facies associations for the Santa Marta Formation and determined similar marine environmental conditions, in agreement with Olivero et al. (1986). Later, Crame et al. (1991) grouped the Alpha and Beta members into the Lachman Crag Member of the Santa Marta Formation.

The occurrence of tuffaceous sandstones in the studied section suggests that this is probably correlatable to the 'tuffs' and 'tuffaceous sediments', cemented by carbonate, described by Scasso et al. (1991) for the Alpha Member, the basal unit of the Santa Marta Formation (Olivero et al., 1986). In the scheme proposed by Crame et al. (1991), our section would be considered to be part of the Lachman Crag Member. Resting unconformably on top of the Cretaceous strata is a Miocene–Pleistocene basaltic volcanic field known as the James Ross Island Volcanic Group (JRIVG). This crops out in a wide area of James Ross Island. It is characterised by multiple lava-fed deltas, formed of topset basalt beds that overlie thicker, steep homoclinal hyaloclastite breccia foresets (Smellie, 2006). Also, unconformably resting on top of Cretaceous sediments and underlying the base of the JRIVG, or interbedded with

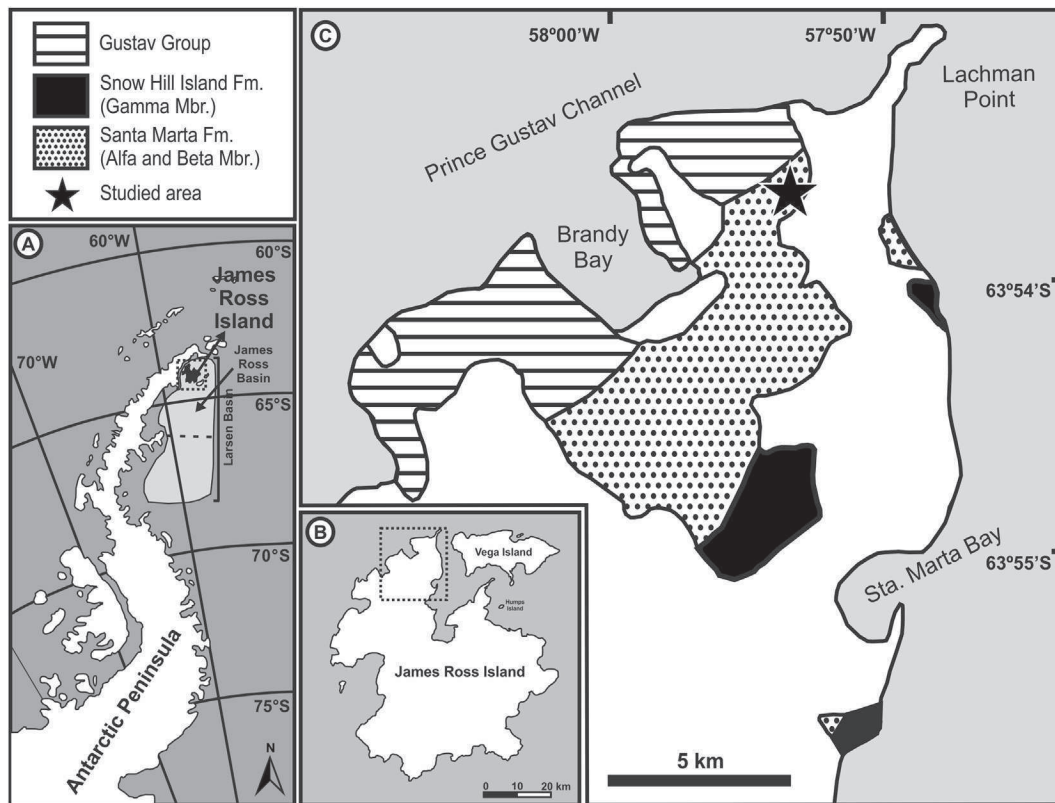


Fig. 1. Location map of the studied section, Lachman Crags, northern James Ross Island. Modified from Pirrie et al. (1991).

volcanic rocks of this group, glaciogenic sediments are exposed, and in the Lachman Crags, they belong to the Mendel Formation (Nývlt et al., 2011). These deposits have been interpreted as lodgement tills, subglacial melt-out till, glaciofluvial sands, marine sediments and glaciomarine debris-flows that contain Cenozoic marine bivalves, such as *Austrochlamys anderssoni*, and benthic foraminifera, such as *Hoeglundina asanoi* Matsunaga, *Nonionella bradii* Chapman and *Globocassidulina* sp. Strontium isotope studies developed from Lachman Crags pectinids suggest late Miocene and younger ages for the deposition of the Mendel Formation, which has an erosional contact with underlying Cretaceous deposits of the Alpha Member of the Santa Marta Formation.

3. Materials and methods

This study is based on 99 samples collected from an outcrop that comprises sedimentary rocks belonging to the Santa Marta Formation. The section was measured at Lachman Crags (63°49'44"S, 57°53'32"W), between Brandy Bay and Bibby Point, near to Col Crame, in the northern part of James Ross Island, during the project expedition *Prospecção de Fósseis do Cretáceo da Bacia de James Ross* in 2006–2007 (Fig. 1). The section comprises 126 m of very fine-to medium-grained tuffaceous sandstones, interbedded with claystones and laminated siltstones that are fossiliferous at some levels, along with rare levels of accretionary lapilli (Fig. 2). Samples were primarily selected from the siltstone and claystone beds, but some samples were also taken from the fine-grained sandstone beds (cf. tuffites cemented by carbonate *sensu* Scasso et al., 1991). Macro-fossil content varied throughout the section, with frequent bivalves, belemnites, dispersed vegetation (stems, trunks, leaves), and rare microfossils, including Cretaceous benthic foraminifera, ostracods

and radiolarians, which occur between Samples LC28 and LC95 (Floribal et al., 2013). In general, macrofossils, where frequent at certain horizons, were contained in carbonate concretions (Fig. 2).

Samples were processed following the technique of Antunes (1997) to make the slides. We first washed each sample to remove any potential contaminants, crushed the sample and placed the powdered sediment into a test-tube previously cleaned in HCl, then rinsed. We added 40 ml of distilled water, shook the tube to mix the sediment, and waited four minutes before decantation. Some of the suspension taken with a disposable pipette from the middle of the test-tube was flooded onto a coverslip placed on a hotplate. When dry, the coverslip was affixed to a glass slide using Norland optical adhesive N° 61.

A quantitative study was performed, using a Zeiss Axio Imager A2 microscope at 1000× magnification. Because of the low abundances of calcareous nannofossils in the slides, counts were done identifying all specimens in seven longitudinal traverses, equivalent to 700 fields of view. These results are presented in the distribution chart (Table 1).

Preservation of calcareous nannofossils was evaluated using qualitative criteria to assess the degree of etching (E) and/or overgrowth (O), where E1 or O1 are relatively good - specimens exhibited little or no dissolution and/or overgrowth; E2 or O2 are moderate - specimens exhibited moderate dissolution and/or overgrowth, and were easily recognisable; and E3 or O3 are poor - specimens exhibited extreme dissolution and/or overgrowth (Roth and Thierstein, 1972; Roth, 1983).

The slides are stored in the collections of the Museu de História Geológica do Rio Grande do Sul, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brazil, under the curatorial numbers ULVG-11237 to ULVG-11336.

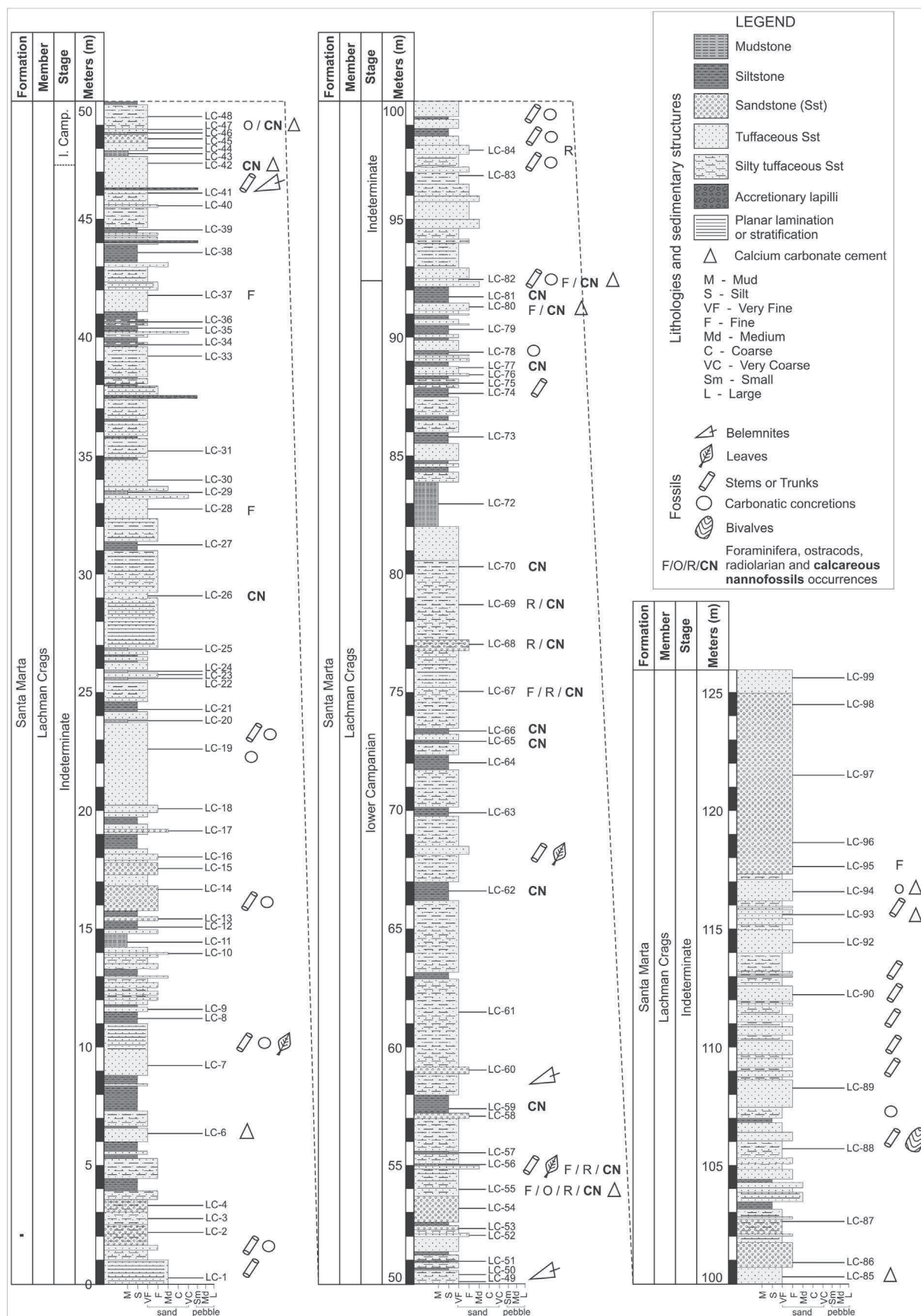


Fig. 2. Studied stratigraphic section, showing position of samples. Modified from Florisbal et al. (2013).

4. Results

The species identified in this study are recorded in Table 1, and illustrated in Figs. 3–8. Identification of the species was aided by Perch-Nielsen (1985), Burnett et al. (1998) and Nannotax3 (Young et al.).

Despite the large number of barren samples (82), the remaining 17 allowed the recognition of 52 species. The most representative genera are *Biscutum*, *Broinsonia*, *Eiffellithus*, *Gartnerago*, *Gephyrobiscutum*, *Reinhardtites*, *Staurolithites* and *Tranolithus*.

The lower part of the section is rich in silica and predominantly barren of calcareous nannofossils, except for sample LC26, which is virtually barren. In the middle part, also relatively rich in silica, 16 samples were productive, and some of these were rich in nannofossils, with *Gephyrobiscutum diabolium* and *Biscutum constans* showing high abundances, in comparison to impoverished nannofossil assemblages recovered from other Antarctic outcrops. The presence of *G. diabolium*, previously mentioned by Švábenická et al. (2012), was confirmed by our study. This species has previously

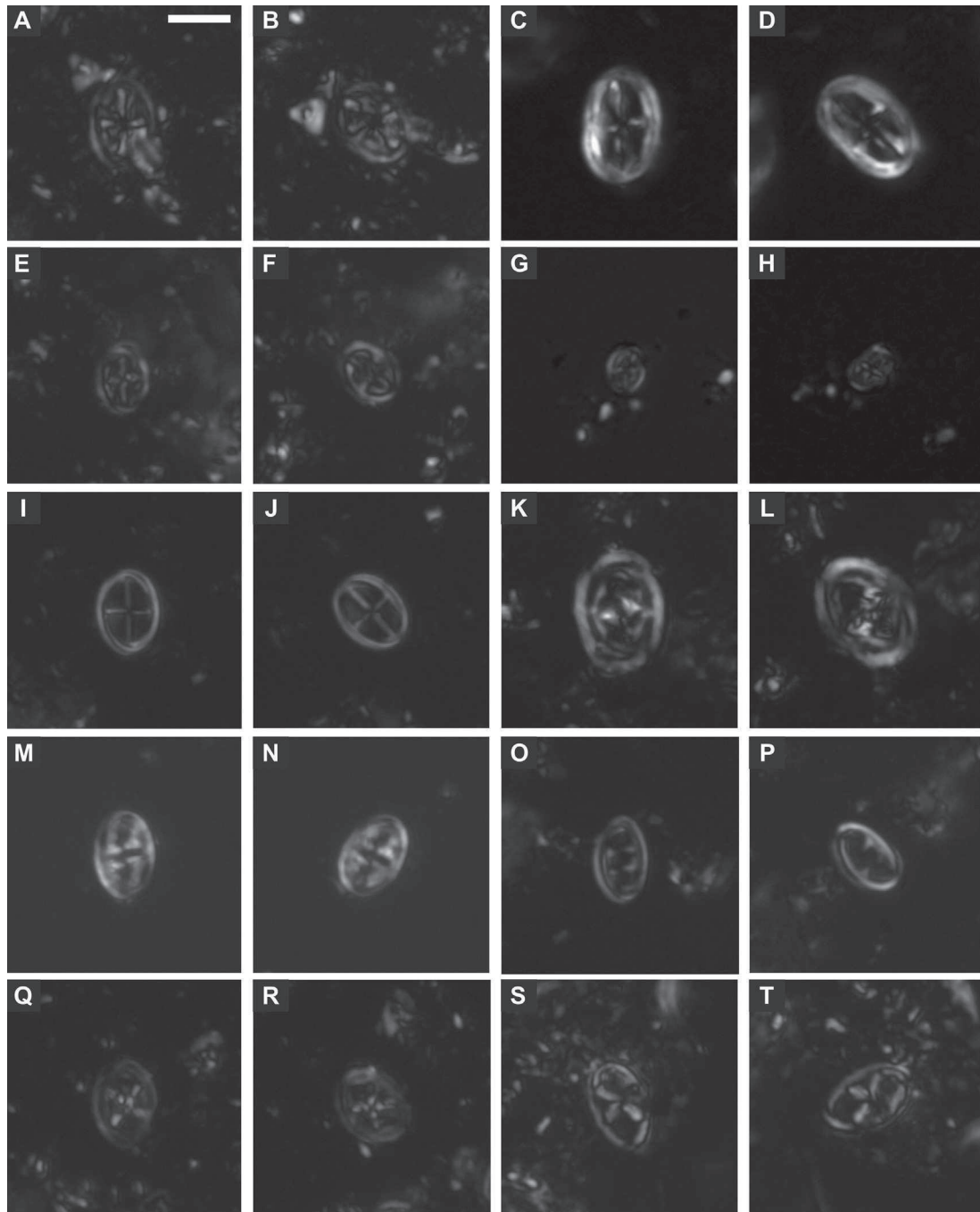


Fig. 3. A/B, *Ahmullerella octoradiata* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m; C/D, *Staurolithites elongatus* (ULVG-11313), sample 77, 90.20 m; E/F, *Staurolithites laffittei* (ULVG-11291), sample 55, 55.20 m; G/H, *Staurolithites minutus* (ULVG-11291), sample 55, 55.20 m; I/J, *Staurolithites* sp. (ULVG-11278), sample 42, 48.10 m; K/L, *Reinhardtites anthophorus* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m; M/N, *Tranolithus salillum* (ULVG-11292), sample 56, 56.30 m; O/P, *Tranolithus salillum* (ULVG-11303), sample 67, 76.20 m; Q/R, *Chiastozygus bifarius* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; S/T, *Chiastozygus stylesii* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m. Scale bar equal to 5 μ m.

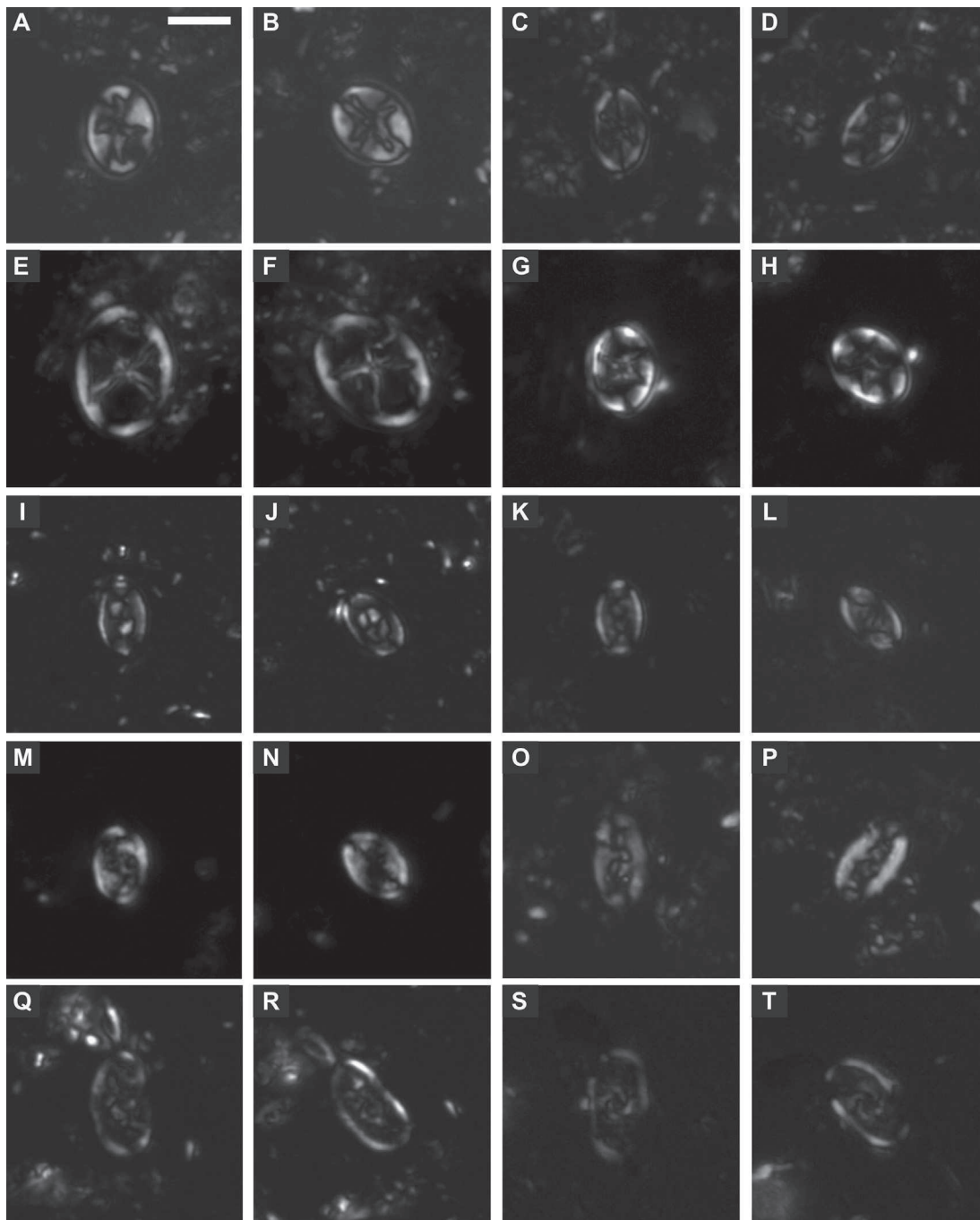


Fig. 4. A/B, *Eiffellithus eximius* (ULVG-11291), sample 55, 55.20 m; E/F; C/D, *Eiffellithus gorkae* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m; E/F, *Eiffellithus keio* (ULVG-11292), sample 56, 56.30 m; G/H, *Eiffellithus turriseiffelii* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; I/J, *Tegumentum lucidum* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; K/L, *Percivalia fenestrata* (ULVG-11278), sample 42, 48.10 m; M/N, *Percivalia? dunkleyjonesii* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; O/P, *Rhagodiscus angustus* (ULVG-11291), sample 55, 55.20 m; Q/R, *Rhagodiscus reniformis* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; S/T, *Rhagodiscus* cf. *R. splendens* (ULVG-11278), sample 42, 48.10 m. Scale bar equal to 5 μ m.

only been found in the Campanian of the Falkland Plateau (Wise, 1988; Watkins et al., 1996).

4.1. Occurrences and preservation

Calcareous nannofossil assemblages are generally significantly modified through post-mortem processes acting in the water column and in the sediment, with small and delicate taxa most commonly being lost (Bown et al., 2008). The samples analysed here have clearly been deleteriously affected, as indicated by the

many barren samples and by low numbers of specimens per slide and relatively very low to low species richnesses in the productive samples (see Table 1).

Barren intervals in the lower and upper parts of the section correspond to a similar pattern exhibited by foraminifera (Floribal et al., 2013). This could reflect unsuitable facies, as part of a regressive sequence (Scasso et al., 1991; Olivero, 2012), or a dissolution effect (Floribal et al., 2013). This part of the studied section is particularly rich in silica, devitrified glassy shards, remains of organic material, pyrite and some heavy minerals. Tree trunks and

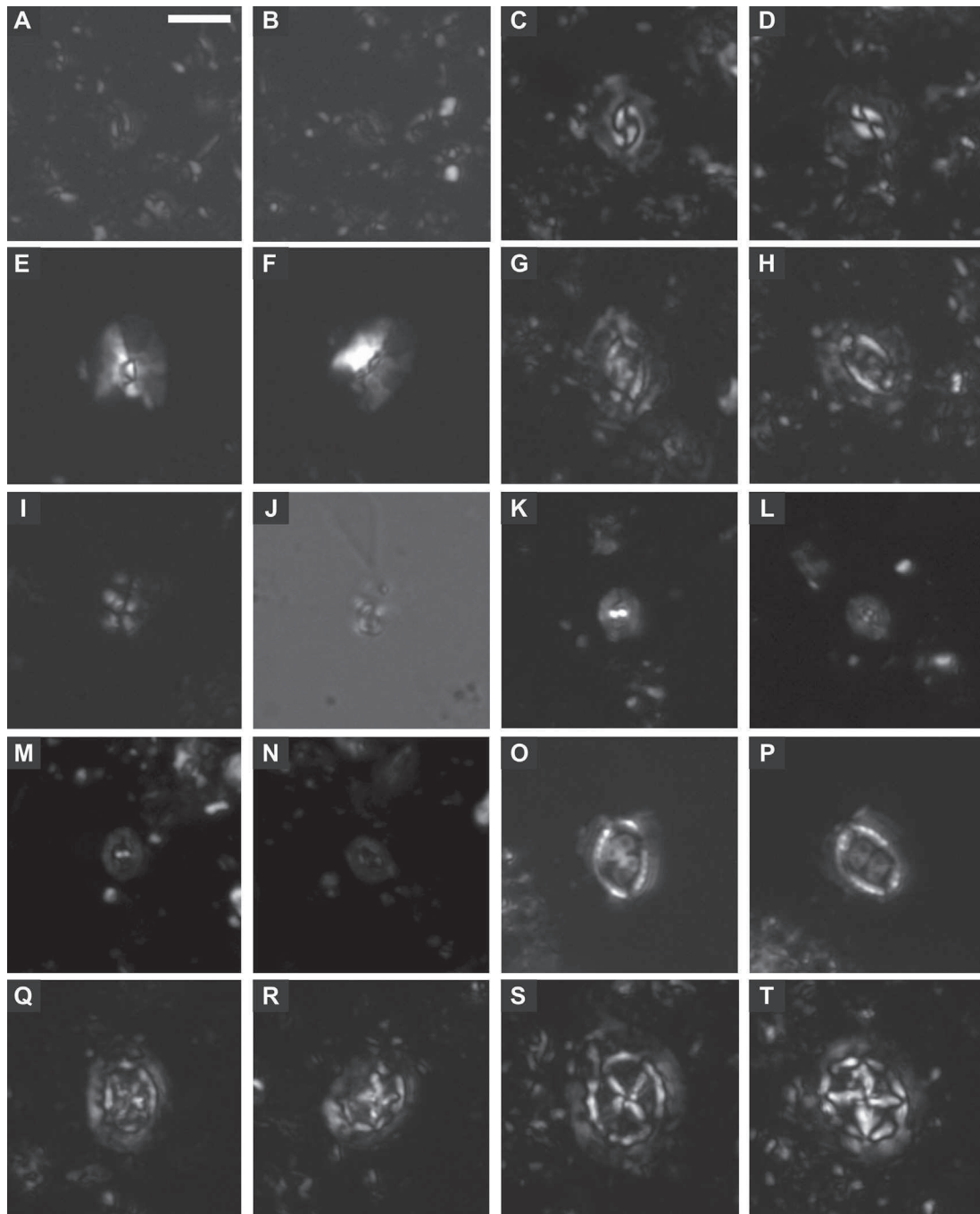


Fig. 5. A/B, *Biscutum constans* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; C/D, *Biscutum* cf. *B. coronum* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m; E/F, *Biscutum dissimilis* (ULVG-11292), sample 56, 56.30 m; G/H, *Biscutum magnum* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; I/J, *Discorhardus ignotus* (ULVG-11303), sample 67, 76.20 m; K/L, *Gephyrobiscutum diabolium* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; M/N, *Gephyrobiscutum diabolium* (ULVG-11291), sample 55, 55.20 m; O/P, *Seribiscutum primitivum* (ULVG-11317), sample 81, 92.80 m; Q/R, *Prediscosphaera cretacea* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; S/T, *Prediscosphaera* cf. *P. grandis* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m. Scale bar equal to 5 μ m.

carbonate concretions are frequent at certain levels, and the presence of belemnites in Sample LC41 provided a Mesozoic age for this interval. Coarsening- and thickening-upward, friable, tuffaceous sandy turbidites, are capped by laminated, carbonised plant fragments (Olivero, 2012).

Samples richest in nannofossils (LC55, LC56 and LC80) are from a silty, tuffaceous sandstone with carbonate cement. Besides abundant nannofossils, scarce foraminifera, ostracods and radiolarians were also found in these samples. In Samples LC55 and

LC80, there were some benthic foraminifera species, including *Gyroidinoides globulosus* Hagenow, which suggest deep neritic to upper bathyal palaeodepths, at least at these stratigraphic levels. Ostracod assemblages, composed of *Cytherella*, *Majungaella*, *Paracypris* and *Bythocypris* (Florisbal et al., 2013), provide a broad Cretaceous age for these samples. The presence of *Majungaella* particularly suggests deposition in a shelf environment with relatively warm waters and normal salinities (Piovesan et al., 2012).

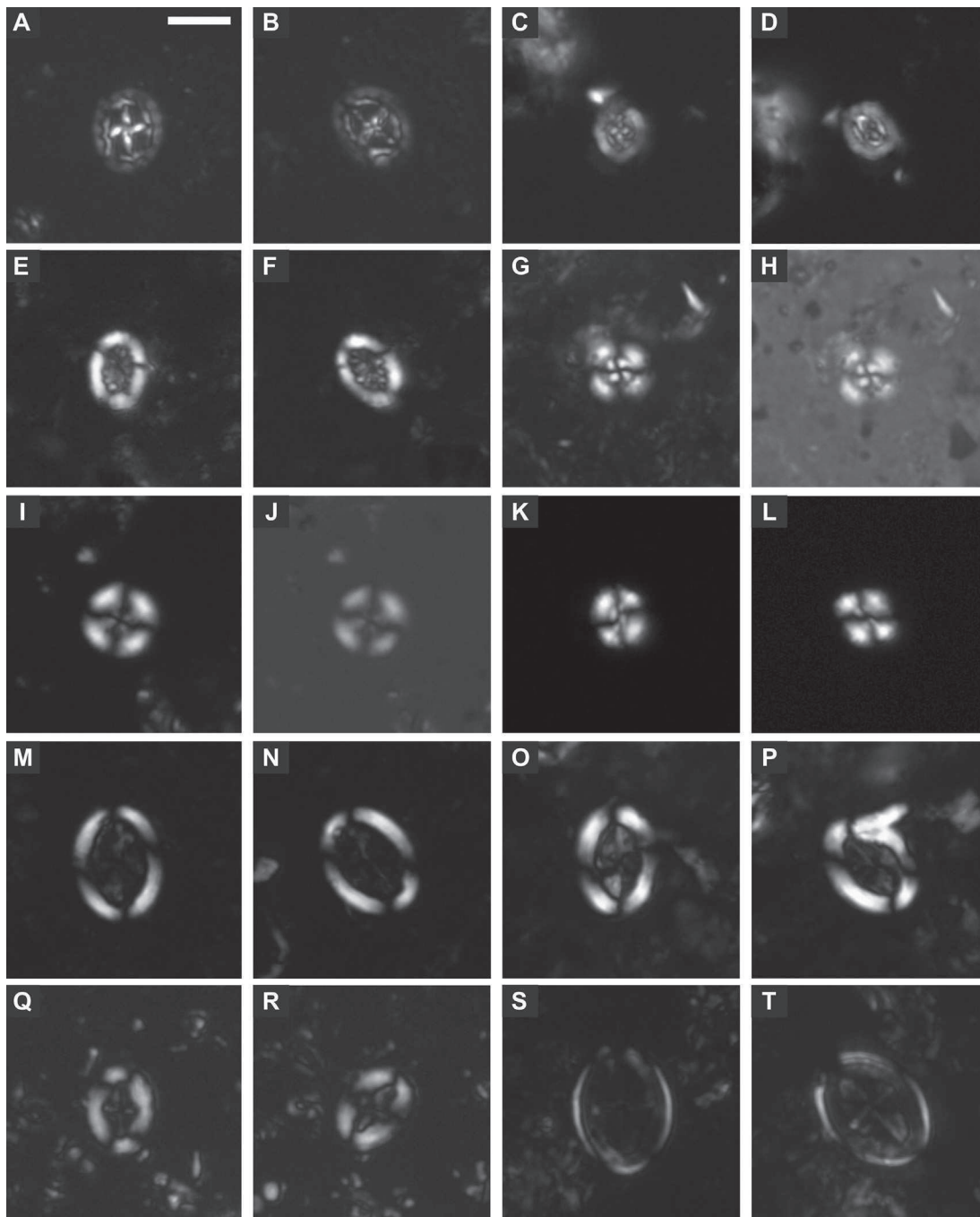


Fig. 6. A/B, *Prediscosphaera spinosa* (ULVG-11278), sample 42, 48.10 m; C/D, *Prediscosphaera stoveri* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; E/F, *Retecapsa crenulata* (ULVG-11293), sample 57, 56.70 m; G/H, *Cyclagelosphaera reinhardtii* (ULVG-11317), sample 81, 92.80 m; I/J, *Cyclagelosphaera rotaclypeata* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m; K/L, *Watznaueria barnesiae* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m; M/N, *Arkhangelskiella cymbiformis* (ULVG-11313), sample 77, 90.20 m; O/P, *Broinsonia parca expansa* (ULVG-11305), sample 69, 80.50 m; Q/R, *Broinsonia signata* (ULVG-11291), sample 55, 55.20 m; S/T, *Gartmerago obliquum* (ULVG-11313), sample 77, 90.20 m. Scale bar equal to 5 μ m.

4.2. Biostratigraphy

Samples from the lower part of the section (LC1 to LC41) were barren, except for LC26, which contains three specimens representing only two species. Because of the scarcity of calcareous nannofossils in this sample, this interval (LC1 to LC41) is indeterminate in age. The upper part of the section is also barren (Samples LC83 to LC99), and its age is also indeterminate.

In the middle part of the section (Samples LC42 to LC82), 16 samples were productive, to varying degrees, allowing the

recognition of nannofossil (sub)zones (Table 1). This interval ranges between the *G. diabolium* and *Broinsonia dentata* Subzones (Lower Campanian) according to the austral scheme of Watkins et al. (1996), based mainly on the presence of *G. diabolium* and the absence of *Reinhardtites levis*. To provide a global stratigraphic context it was possible to assign this interval in the UC13 Zone (Lower Campanian) of Burnett et al. (1998), based on the presence of *Arkhangelskiella cymbiformis* and the absence of the overlying markers *Broinsonia parca parca* and *Broinsonia parca constricta* (species that occurs in other high-latitude site).

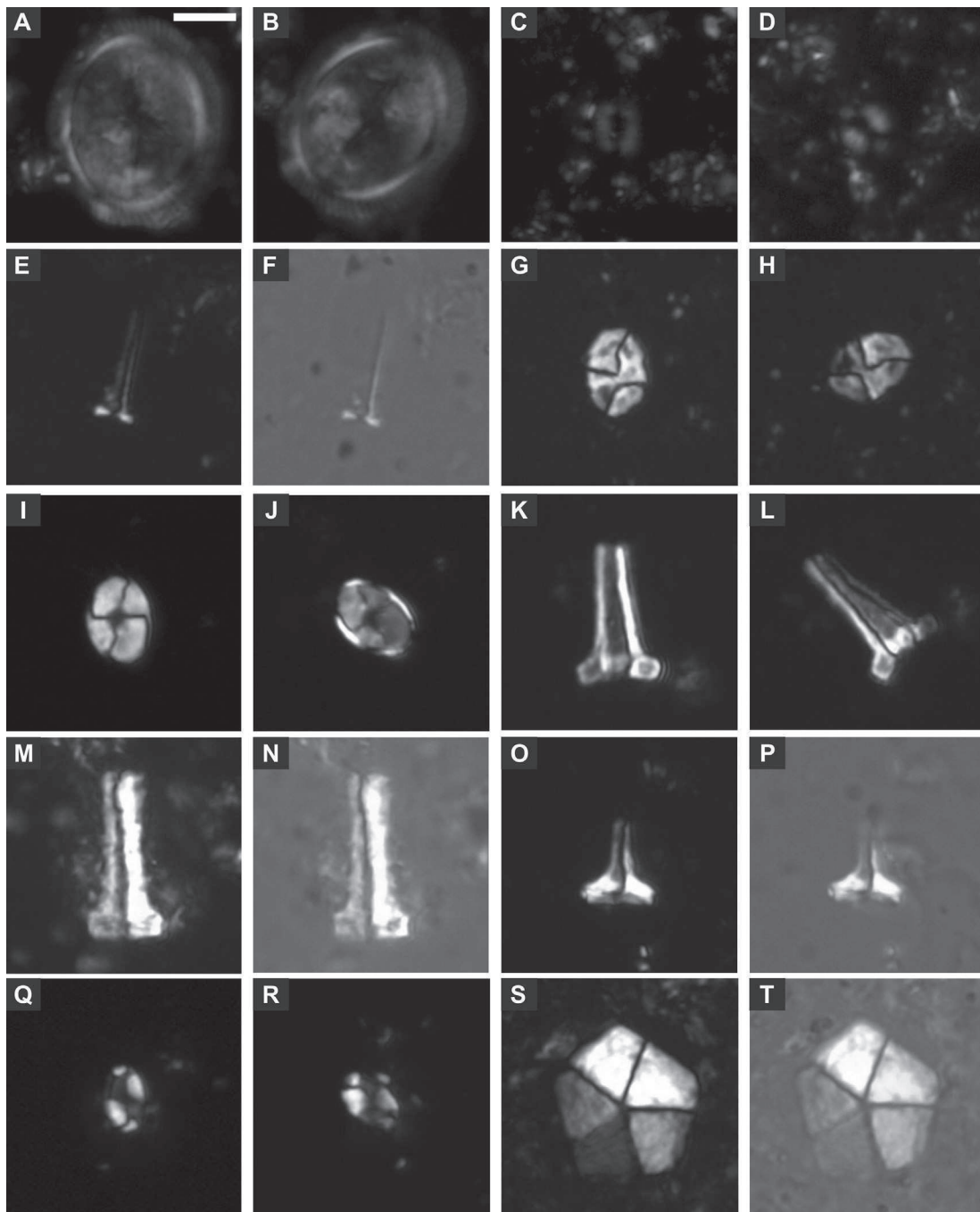


Fig. 7. A/B, *Kamptnerius magnificus* (ULVG-11291), sample 55, 55.20 m; C/D, *Repagulum parvidentatum* (ULVG-11291), sample 55, 55.20 m; E/F, *Acuturris scotus* (ULVG-11278), sample 42, 48.10 m; G/H, *Calculites obscurus* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; I/J, *Calculites ovalis* (ULVG-11313), sample 77, 90.20 m; K/L, *Calculites* sp. (ULVG-11278), sample 42, 48.10 m; M/N, *Lucianorhabdus cayeuxii* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m; O/P, *Lucianorhabdus maleformis* (ULVG-11278), sample 42, 48.10 m; Q/R, *Octolithus multiplus* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m; S/T, *Braarudosphaera bigelowii* (ULVG-11305), sample 69, 80.50 m. Scale bar equal to 5 μ m.

The calcareous nannofossil ages agree well with Ammonite Assemblages 2–3 of the Santa Marta Formation, which are also Campanian in age (Olivero, 2012); previous ammonite and inoceramid studies of the Alpha Member of the Santa Marta Formation suggested a Campanian age, although the base of the formation was thought to potentially reach the uppermost Santonian (Crame, 1983; Olivero, 1984, 2012; Crame et al., 1991; Carvalho, pers. comm., 2014). Ostracods, foraminifera and radiolarians from the same samples as ours provide a broader Late Cretaceous age (Florisbal et al., 2013), while palynology also suggests Campanian

(Dettmann and Thomson, 1987) and early Santonian/early Campanian (Keating, 1992; Barreda and Olivero, 1993).

5. Discussion

The nannofossil distribution and preservation data compare well with previous studies in the same general area, although we encountered more units with high species richnesses. Hradecká et al. (2011) and Švábenická et al. (2012) studied a section of the Santa Marta Formation from Col Crame. There, they found 10 fossiliferous

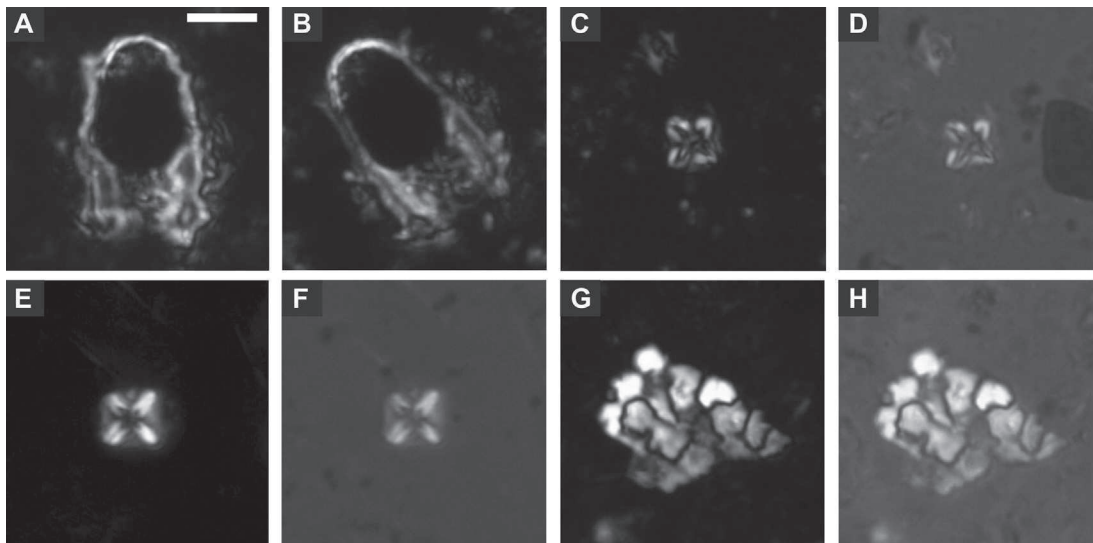


Fig. 8. A/B, *Lapideacassis mariae* (ULVG-11316), sample 80, 92.30 m; C/D, *Micula cubiformis* (ULVG-11283), sample 47, 49.50 m; E/F, *Micula staurophora* (ULVG-11293), sample 57, 56.70 m; G/H, *Cervisiella saxea* (ULVG-11305), sample 69, 80.50 m. Scale bar equal to 5 μ m.

samples containing foraminifera, and only three samples yielded calcareous nannofossils. At their level KSM4, very near to the LC80 level of this study, they recovered the planktonic foraminifer *Archaeoglobigerina bosquensis* Pessagno, and in KSM4–5, Svábenická et al. (2012) found a moderately preserved nannoflora, reporting the occurrence of *G. diabolium*.

As mentioned, the samples richest in nannofossils (LC55, LC 56, and LC 80) are from a silty, tuffaceous sandstone. The abundance of these nanofossils may be due to the presence of volcanic ash. As summarized by Wise (1977), coccoliths in samples with higher amounts clay, zeolite, volcanic ash or siliceous microfossils are generally far better preserved than those in purer carbonate oozes as noted by Bukry (1971). Apparently, the presence of silica in solution inhibits the dissolution-diffusion-reprecipitation process that otherwise tends to convert nannofossils to chalk.

Although the nannofossil-productive assemblages described here are likely modified by diagenesis, we find that *G. diabolium* and *Biscutum constans* dominate the assemblages. *G. diabolium* has previously only been reported from the Falkland Plateau (e.g. Wise, 1988; Watkins, 1992; Watkins et al., 1996), so here we extend its geographic range into the Antarctic Peninsula, and suggest a broadly cooler-water ecology for this species, and perhaps also for *B. constans*. The rest of the taxa recorded in this study have cosmopolitan distributions, a finding similar to those found from southeast James Ross, Snow Hill and Seymour Islands (Concheyro et al., 1991, 1994; Concheyro, 2004), in upper Campanian-Maastrichtian strata.

6. Concluding remarks

Calcareous nannofossils were recovered from Upper Cretaceous deposits of the Santa Marta Formation of the Lachman Crags Member, James Ross Island. Although containing numerous barren intervals, this constitutes the most complete and well-documented sequence of nannofloras recovered from the northern area of the island to date. Application of both the austral zones of Watkins et al. (1996) and the global zones of Burnett et al. (1998) provides an early Campanian age for these samples. This age range is closely comparable to that provided by ammonites, and provides higher resolution than has been achieved with foraminifera, ostracods and radiolarians from the same locality.

The consistent presence of *G. diabolium* in the section, previously only recorded from the Falkland Plateau, extends its distribution to higher latitudes, at least in the Antarctic Peninsula area, and suggests a broadly cool-water ecology for this species.

Acknowledgements

This project was primarily funded by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq] grant n. 557347/2005-0 and 302064/2010-9 to M. Carvalho), the Research Support Foundation of Rio de Janeiro State (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro [FAPERJ] grant n.E-26/103.028/2008 to M. Carvalho) and the Research Center of Petrobras (Centro de Pesquisa Miguez, Petróleo Brasileiro [CENPES-PETROBRAS] grant n. CENPES 10292 to M. Carvalho). The authors thank the Brazilian Navy for logistical and technical support during the expedition to Antarctica and the staff of Itt Fossil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Sherwood W. Wise Jr. is specially thanked for the valuable suggestions, as well as Silvia Gardin, Cristianini T. Bergue and Karlos G. D. Kochhann for reviewing an early version of the manuscript. Christian Linnert and an anonymous reviewer are thanked for their comments that improved the manuscript. Andrea Concheyro thanks the Instituto Antártico Argentino for logistics provided for many years in the summer Antarctic expeditions to James Ross Island. This paper is contribution number R-127 of the Instituto de Estudios Andinos 'Don Pablo Groeber' (IDEAN-CONICET). This study was partially supported by PICTO 2010-00112, República Argentina.

References

- Antunes, R.L., 1997. Introdução ao estudo dos nanofósseis calcários. Instituto de Geociências - UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 13–16.
- Askin, R.A., 1988. Campanian to paleocene palynological succession of Seymour and adjacent islands, northeastern Antarctic Peninsula. In: Feldman, R.M., Woodburne, M.O. (Eds.), *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*, Memoir, vol. 169. Geological Society of America, pp. 131–153.
- Barreda, V., Olivero, E., 1993. Asociaciones esporopolínicas del Cretácico tardío de Cabo Lamb, Isla Vega, Antártida. In: *Segundas Jornadas de Comunicaciones sobre Investigaciones Antárticas*, Actas, pp. 153–154.
- Bertels-Psotka, A., Concheyro, A., Salani, F.M., 2001. Las diamicitias de Cabo Hamilton (Mioceno Superior), Isla James Ross, Antártida, caracterización

- estratigráfica; sus microfósiles. In: IV Congreso de Geología y Minería de la Sociedad Cubana de Geología.
- Bown, P.R., Dunkley Jones, T., Lees, J.A., Randell, R.D., Mizzi, J.A., Pearson, P.N., Coxall, H.K., Young, J.R., Nicholas, C.J., Karega, A., Singano, J., Wade, B.S., 2008. A paleogene calcareous microfossil Konservat-Lagerstätte from the Kilwa Group of coastal Tanzania. *GSA Bulletin* 120 (1/2), 3–12.
- Buatois, L.A., López-Angripan, A.O., 1992. Trazas fósiles y sistemas deposicionales, Grupo Gustav, Cretácico de la isla James Ross. In: Rinaldi, C.A. (Ed.), *Geología de la Isla James Ross, Antártida*. Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, pp. 239–262.
- Bukry, D., 1971. Cenozoic calcareous nannofossils from the Pacific Ocean. *San Diego Society Natural History Transactions* 16, 303–327.
- Burnett, J.A., Gallagher, L.T., Hampton, M.J., 1998. Upper Cretaceous. In: Bown, P.R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropaleontological Society Series, London, pp. 132–199.
- Caramés, A., Concheyro, A., 2013. Late cenozoic foraminifera from diamictites of cape lamb, Vega Island, Antarctic Peninsula. *Ameghiniana* 50 (1), 114–135.
- Carvalho, M.A., Ramos, R.R.C., Crud, M.B., Witovisk, L., Kellner, A.W.A., Silva, H.P., Grillo, O.N., Riff, D., Romano, P.S.R., 2013. Palynofacies as indicators of paleo-environmental changes in a cretaceous succession from the Larsen Basin, James Ross Island, Antarctica. *Sedimentary Geology* 295, 53–66.
- Concheyro, A., 2004. Mesozoic calcareous nannofossils from Larsen Basin, southern Antarctic Peninsula. In: *GeoSur International Symposium. Extended Abstracts*, Buenos Aires, pp. 255–257.
- Concheyro, A., Olivera, A., Santillana, S., Marensi, S., Rinaldi, C., 1991. Nanofósiles calcáreos del Cretácico Superior de Isla Marambio, Antártida. In: *Congreso Geológico Chileno. Resúmenes Expandidos*, pp. 825–828.
- Concheyro, A., Robles Hurtado, G.M., Olivero, E.B., 1994. Micropaleontología del Nunatak Sanctuary Cliffs, Isla Snow Hill y de Cabo Hamilton, Isla James Ross, Antártida. In: *Terceras Jornadas de Comunicaciones sobre investigaciones Antárticas*, Buenos Aires, Resúmenes, pp. 17–23.
- Concheyro, A., Robles Hurtado, G., Olivero, E., 1995. Sedimentology and calcareous nannofossils from the Upper Cretaceous-paleocene of James Ross Island area, Antarctica. In: *VII International Symposium on Antarctic Earth Sciences*. Siena, Italia. Abstracts, p. 88.
- Concheyro, A., Gennari, F., Robles Hurtado, G., Morlotti, E., 1997. Microfósiles del Cretácico Superior de Punta Ekelöf, Isla James Ross, Antártida. In: *IV Jornadas sobre Investigaciones Científicas Antárticas*. Buenos Aires, Tomo II, pp. 305–313.
- Concheyro, A., Salani, F.M., Adamonis, S., Lirio, J.M., 2007. Los depósitos diamictíticos cenozoicos de la cuenca James Ross, Antártida: una síntesis estratigráfica y nuevos hallazgos paleontológicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62 (4), 568–585.
- Concheyro, A., Caramés, A., Amenábar, C.R., Adamonis, S., Lirio, J.M., Ballent, S., Di Pasquo, M., Mackern, A., 2010. Cenozoic microbiotas from the eastern sector of the James Ross Island group, Antarctic Peninsula. In: *SCAR XXXI & Open Science Conference*.
- Concheyro, A., Caramés, A., Amenábar, C.R., Lescano, M., 2014. Nannofossils, foraminifera and microforaminiferal linings in the cenozoic diamictites of cape Lamb, Vega Island, Antarctica. *Polish Polar Research* 35 (1), 1–26.
- Crame, J.A., 1983. Cretaceous inoceramid bivalves from Antarctica. In: *Oliver, R.L., James, P.R., Jago, J.B. (Eds.), Antarctic Earth Science*. Australian Academy of Science, Canberra, pp. 298–302.
- Crame, J.A., Pirrie, D., Riding, J.B., Thomson, M.R.A., 1991. Campanian-maastrichtian (Cretaceous) stratigraphy of the James Ross Island area, Antarctica. *Journal of the Geological Society of London* 148, 1125–1140.
- Crux, J.A., 1991. Calcareous nannofossils recovered by LEG 114 in the Subantarctic South Atlantic Ocean. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 114, 155–177.
- Dettmann, M.E., Thomson, M.R.A., 1987. Cretaceous palynomorphs from the James Ross Island area, Antarctica – a pilot study. *British Antarctic Survey Bulletin* 77, 13–59.
- Fauth, G., Seeling, J., Luther, A., 2003. Campanian (Upper Cretaceous) ostracods from southern James Ross Island, Antarctica. *Micropaleontology* 49, 95–107.
- Florisbal, L.S., Kochhann, C.G.D., Baecker-Fauth, S., Fauth, G., Viviers, M.C., Carvalho, M.A., Ramos, R.R.C., 2013. Benthic foraminifera, ostracods and radiolarians from the lachman crags member (Santa marta formation), upper Santonian-lower campanian (Upper Cretaceous) of James Ross Island, Antarctica. *Revista Brasileira de Paleontologia* 16 (2), 181–196.
- Francis, J.E., Crame, J.A., Pirrie, D., 2006. Cretaceous-tertiary high-latitude palaeoenvironments, James Ross Basin, Antarctica: introduction. In: Francis, J.E., Pirrie, D., Crame, J.A. (Eds.), *Cretaceous-tertiary High-latitude Palaeoenvironments*, James Ross Basin, Antarctica, Special Publications, vol. 258. Geological Society, London, pp. 1–5.
- Gaździcki, A., Webb, P.N., 1996. Foraminifera from the pecten conglomerate (Pliocene) of cockburn island, Antarctic Peninsula. *Palaeontology* Polonica 55, 147–174.
- Guerra, R., Fauth, G., Concheyro, A., Carvalho, M., Rodriguez Cabral Ramos, R., 2012. Nanofósiles Calcáreos do Campaniano no Membro Lachman Crags (Formação Santa Marta), norte da Ilha James Ross, Península Antártica. In: *46 Congresso Geológico Brasileiro*.
- Harwood, D.M., 1988. Upper Cretaceous and lower paleocene diatom and silicoflagellate biostratigraphy of Seymour Island, eastern Antarctic Peninsula. In: *Feldman, R.M., Woodburne, M.O. (Eds.), Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*, Memoir, vol. 169. Geological Society of America, pp. 55–130.
- Hathway, B., 2000. Continental rift to back-arc basin: Jurassic-Cretaceous stratigraphical and structural evolution of the larsen Basin, Antarctic Peninsula. *Journal of the Geological Society of London* 157, 417–432.
- Hradecká, L., Vodrázka, R., Nývlt, D., 2011. Foraminifera from the Upper Cretaceous of northern James Ross Island (Antarctica): a preliminary report. *Czech Polar Reports* 1 (2), 88–95.
- Huber, B.T., 1988. Upper campanian-paleocene foraminifera from the James Ross Island region (Antarctic-Peninsula). In: *Feldman, R.M., Woodburne, M.O. (Eds.), Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*, Memoir, vol. 169. Geological Society of America, pp. 163–252.
- Ineson, J.R., 1989. Coarse-grained submarine fan and slope apron deposits in a Cretaceous back-arc basin, Antarctica. *Sedimentology* 36, 739–819.
- Ineson, J.R., Crame, J.A., Thomson, M.R.A., 1986. Lithostratigraphy of the Cretaceous strata of west James Ross Island. *Cretaceous Research* 7, 141–159.
- Keating, J.M., 1992. Palynology of lachman crags member, santa marta formation (Upper Cretaceous) of north-west James Ross Island. *Antarctic Science* 4 (3), 293–304.
- Kellner, A.W.A., Simões, T.R., Riff, D., Grillo, O., Romano, P., de Paula, H., Ramos, R., Carvalho, M., Sayão, J., Oliveira, G., Rodrigues, T., 2011. The oldest plesiosaur (Reptilia, Sauropterygia) from Antarctica. *Polar Research* 30, 1–6.
- Kulhanek, D.K., 2007. Paleocene and mastrichtian calcareous nannofossils from clasts in pleistocene glaciomarine muds from the northern James Ross Basin, western Weddell Sea, Antarctica. In: *Cooper, A.K., Raymond, C.R., et al. (Eds.), Antarctica: A Keystone in a Changing World - Online Proceedings of the 10th ISAES*. USGS. Open-File Report 2007-1047, Short Research Paper 019.
- Macellari, C.E., 1986. Late Campanian-Maastrichtian ammonite fauna from Seymour Island (Antarctic Peninsula). *Paleontological Society, Memoir* 18, 1–55.
- Macellari, C.E., 1988. Stratigraphy, sedimentology and paleoecology of Upper Cretaceous/Paleocene shelf-deltaic sediments of Seymour Island (Antarctic Peninsula). In: *Feldman, R.M., Woodburne, M.O. (Eds.), Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*, Memoir, vol. 169. Geological Society of America, pp. 25–53.
- Mac Fayden, W.A., 1966. Foraminifera from the Upper Cretaceous James Ross Island. *British Antarctic Survey Bulletin* 8, 75–87.
- Medina, F.A., Buatois, L., López Angriman, A., 1992. Estratigrafía del Grupo Gustav en la Isla James Ross, Antártida. In: *Rinaldi, C.A. (Ed.), Geología de la Isla James Ross, Antártida*. Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, pp. 167–192.
- Nývlt, D., Kosler, J., Mlcoch, B., Mixa, P., Lisá, L., Bubík, M., Hendriks, B.W.H., 2011. The Mendel formation: evidence for late miocene climatic cyclicity at the northern tip of the Antarctic Peninsula. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 299, 363–384.
- Olivero, E.B., 1984. Nuevos ammonites campanianos de la Isla James Ross, Antártida. *Ameghiniana* 21, 53–84.
- Olivero, E.B., 1992. Asociaciones de ammonites de la Formación Santa Marta (Cretácico tardío), isla James Ross, Antártida. In: *Rinaldi, C.A. (Ed.), Geología de la Isla James Ross, Antártida*. Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, pp. 47–76.
- Olivero, E.B., 2012. Sedimentary cycles, ammonite diversity and palaeoenvironmental changes in the Upper Cretaceous Marambio Group, Antarctica. *Cretaceous Research* 34, 348–366.
- Olivero, E.B., Medina, F.A., 2000. Patterns of late Cretaceous ammonite biogeography in southern high latitudes: the family Kosmaticeratidae in Antarctica. *Cretaceous Research* 21, 269–279.
- Olivero, E.B., Scasso, R.A., Rinaldi, C.A., 1986. Revision of the marambio group, James Ross Island, Antarctica. *Contribución del Instituto Antártico Argentino* 331, 1–28.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic calcareous nannofossils. In: *Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K. (Eds.), Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 329–426.
- Piovesan, E.K., Ballent, S., Fauth, G., Viviers, M.C., 2012. Cretaceous paleogeography of southern Gondwanaland from the distribution of the marine ostracod *Majungaella* Grekoff: new data and review. *Cretaceous Research* 37, 127–147.
- Pirrie, D., 1989. Shallow marine sedimentation within an active margin basin, James Ross Island, Antarctica. *Sedimentary Geology* 63, 61–82.
- Pirrie, D., Riding, J.B., 1988. Sedimentology, palynology and structure of Humps Island, northern Antarctic Peninsula. *British Antarctic Survey, Bulletin* 80, 1–19.
- Pirrie, D., Crame, J.A., Riding, J.B., 1991. Late Cretaceous stratigraphy and sedimentology of cape lamb, Vega Island, Antarctica. *Cretaceous Research* 12, 227–258.
- Pirrie, D., Crame, J.A., Lomas, S.A., Riding, J.B., 1997. Late Cretaceous stratigraphy of the Admiralty Sound region, James Ross Basin, Antarctica. *Cretaceous Research* 18, 109–137.
- Pospichal, J.J., Wise, S.W., 1990a. Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy of Maud Rise, ODP leg 113 sites 689 and 690, Weddell Sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 113, 465–487.
- Pospichal, J.J., Wise, S.W., 1990b. Calcareous nannofossils across the K/T boundary, ODP hole 690c, Maud Rise, Weddell Sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 113, 515–532.
- Riccardi, A.C., 1980. Nuevos amonoideos del Cretácico Superior de Antártida. *Ameghiniana* 17, 323–333.
- Rinaldi, C.A., 1982. The Upper Cretaceous in the James Ross Island group. In: *Craddock (Ed.), Antarctic Geoscience*. University of Wisconsin Press, Madison.
- Rinaldi, C.A., Massabie, A., Morelli, J., Rosenman, H.L., Del Valle, R.A., 1978. Geología de la isla Vicecomodoro Marambio. Instituto Antártico Argentino. *Contribución* 217, 1–44.

- Robles Hurtado, G.M., Concheyro, A., 1995. Sedimentología y bio-cronoestratigrafía (nanofósiles calcáreos) del nunatak Sanctuary cliffs (Cretácico superior), Isla cerro Nevado, Antártida. In: VI Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Trelew), Actas, pp. 231–237.
- Roth, P.H., 1983. Jurassic and Lower Cretaceous calcareous nannofossils in the Western North Atlantic (Site 534): biostratigraphy, preservation, and some observations on biogeography and pelagoceanography. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 76, 587–621.
- Roth, P.H., Thierstein, H., 1972. Calcareous nannoplankton: leg 14 of the Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 14, 421–485.
- Salgado, L., Gasparini, Z., 2006. Reappraisal of an ankylosaurian dinosaur from the Upper Cretaceous of James Ross Island (Antarctica). *Geodiversitas* 28, 119–135.
- Scasso, R.A., Olivero, E.B., Buatois, L.A., 1991. Lithofacies, biofacies, and ichnoassemblages evolution of a shallow submarine volcanoclastic fan-shelf depositional system (Upper Cretaceous, James Ross Island, Antarctica). *Journal of South American Earth Sciences* 4, 239–260.
- Smellie, J.L., 2006. The relative importance of supraglacial versus subglacial melt-water escape in basaltic subglacial tuya eruptions: an important unresolved conundrum. *Earth Science Reviews* 74, 241–268.
- Švábenická, I., Vodrážka, R., Nývlt, D., 2012. Calcareous nannofossils from the Upper Cretaceous of northern James Ross Island, Antarctica: a pilot study. *Geological Quarterly* 56 (4), 765–772.
- Watkins, D.K., 1992. Upper Cretaceous nannofossils from LEG 120, Kerguelen plateau, southern ocean. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 120, 343–370.
- Watkins, D.K., Wise, S.W., Pospichal, J.J., Crux, J., 1996. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Mokuilevsky, A., Whatley, R. (Eds.), *Microfossils and Oceanic Environments*. University of Wales (Aberystwyth Press), pp. 355–381.
- Whitham, A.G., Ineson, J.R., Pirrie, D., 2006. Marine volcanoclastics of the Hidden Lake Formation (Coniacian) of James Ross Island, Antarctica: an enigmatic element in the history of a back-arc basin. In: Francis, J.E., Pirrie, D., Crame, J.A. (Eds.), *Cretaceous-Tertiary High-Latitude Palaeoenvironments, James Ross Basin, Antarctica*, Special Publication, vol. 258. Geological Society, London, pp. 21–47.
- Wise, S.W., 1977. Chalk formation: early diagenesis. In: Anderson, N.R., Malahoff, A. (Eds.), *The Fate of Fossil Fuel CO₂ in the Oceans*. Plenum Press, New York, pp. 717–739.
- Wise, S.W., 1988. Mesozoic-Cenozoic history of calcareous nannofossils in the region of the southern ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 67, 157–179.
- Wise, S.W., Wind, F.H., 1977. Mesozoic and cenozoic calcareous nannofossils recovered by DSDP leg 36 drilling on the falkland plateau, Southwest Atlantic sector of the southern ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 36, 269–491.
- Young, J.R., Bown, P.R., Lees J.A., (eds) *Nannotax3 website*. International nannoplankton association. URL: <http://ina.tmsoc.org/Nannotax3>.

3.3. New latitude-based nannofossil zonations for the Campanian-Maastrichtian of the South Atlantic Ocean and their paleoceanographic implications

Autores

Rodrigo do Monte Guerra^a, Andrea Concheyro^{b,c}, Sherwood W. Wise Jr^d, Sev Kender^{e,f}, Gerson Fauth^a

^aItt Fossil, Instituto Tecnológico de Micropaleontologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Av. UNISINOS, 950, B. Cristo Rei/CEP: 93.022-000, São Leopoldo, RS, Brazil. E-mail: ranguerra@unisinobr, geronf@unisinobr

^bInstituto Antártico Argentino (IAA), Buenos Aires, Argentina.

^cIDEAN-CONICET, Departamento de Ciências Geológicas, Universidad de Buenos Aires, Pabellón II, Ciudad Universitaria, 1428 - Buenos Aires, Argentina. E-mail: andrea@gl.fcen.uba.ar

^dDepartment of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences, Florida State University, Tallahassee, FL 32306-4100, USA. E-mail: swise@fsu.edu

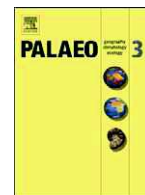
^e Department of Geography, Centre for Environmental Geochemistry, University of Nottingham, University Park, Nottingham, NG7 2RD, UK. E-mail: sev.kender@nottingham.ac.uk

^fBritish Geological Survey, Keyworth, Nottingham, NG12 5GG, UK.

Situação

Artigo publicado no periódico *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (Qualis CAPES A2).

OBS: De acordo com as normas do Programa de Pós-Graduação em Geologia, a seguir é inserida cópia do PDF do artigo publicado no periódico. As tabelas submetidas como *supplementary data* (S1 a S9) correspondem aos anexos 1-9, respectivamente.



New latitude-based nannofossil zonation for the Campanian–Maastrichtian of the South Atlantic Ocean and their paleoceanographic implications



Rodrigo do Monte Guerra^{a,*}, Andrea Concheyro^{b,c}, Sherwood W. Wise Jr.^d, Sev Kender^{e,f}, Gerson Fauth^a

^a *Itt Fossil, Instituto Tecnológico de Micropaleontologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Av. UNISINOS, 950, B. Cristo Rei/CEP: 93.022-000, São Leopoldo, RS, Brazil*

^b *Instituto Antártico Argentino (IAA), Buenos Aires, Argentina*

^c *IDEAN-CONICET, Departamento de Ciências Geológicas, Universidad de Buenos Aires, Pabellón II, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina*

^d *Department of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences, Florida State University, Tallahassee, FL 32306-4100, USA*

^e *Department of Geography, Centre for Environmental Geochemistry, University of Nottingham, University Park, Nottingham NG7 2RD, UK*

^f *British Geological Survey, Keyworth, Nottingham NG12 5GG, UK*

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 October 2015

Received in revised form 4 April 2016

Accepted 5 April 2016

Available online 13 April 2016

Keywords:

Calcareous nannofossils

Atlantic Ocean

Late Cretaceous

Biostratigraphy

Paleoceanography

ABSTRACT

The global evolution of calcareous nannofossils during the Campanian–Maastrichtian interval is not fully understood, and nannofossil zonation for the central and South Atlantic Ocean are yet to be constructed. Here, we test the applicability of previous calcareous nannofossil zonation developed for other ocean basins, for biostratigraphy in the South Atlantic Ocean, and refine Campanian–Maastrichtian biostratigraphy in the region. We document calcareous nannofossil distributions at Deep Sea Drilling Project (DSDP) and Ocean Drilling Program (ODP) sites from the high, mid and low latitudes in the South Atlantic Ocean (DSDP Sites 354, 356, 511, 525A, and 530A, and ODP Sites 690C; 700B; 661A, and 1258A). Combining nannofossil occurrences with magnetostratigraphic schemes previously constructed for some of the sites, we propose three new zonation tied to the global magnetostratigraphic chrons, with distinct bio-horizons selected at different latitudinal regions. In this study we present detailed definitions of new South Atlantic Ocean Low-latitude (SAL), South Atlantic Mid-latitude (SAM) and South Atlantic High-latitude (SAH) zonation. We identified significant diachronism of some species between latitudes throughout the Campanian and Maastrichtian. These species diachronism, mainly between zonal markers from low and mid latitudes during the late Maastrichtian, was probably related to migration patterns due to fundamental paleoceanographic changes.

© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

The Late Cretaceous period records significant paleoceanographic and paleobiological changes related to surface-water temperatures and global climate (Jenkyns et al., 1994; Huber et al., 1995; Clarke and Jenkyns, 1999; Huber et al., 2002; Lees, 2002; Linnert et al., 2014). After the mid-Cretaceous (Albian–Turonian) hot greenhouse climate (e.g., Forster et al., 2007), bottom-water and sea-surface temperatures gradually declined throughout the latest Cretaceous (Coniacian–Campanian) before exhibiting several cooling and warming episodes in the Maastrichtian. The end of the Cretaceous culminated in a significant warming in the latest Maastrichtian (Li and Keller, 1998; Thibault et al., 2010; Friedrich et al., 2012; Thibault and Husson, 2016). These climate changes resulted in nannofossil migrations and provincialism,

which still needs to be fully documented (Thierstein, 1981; Thibault et al., 2010), and some of the highest diversities of calcareous nannofossils species from the Mesozoic to Recent (Bown et al., 1991).

The provinciality and diachronism of calcareous nannofossils pose a challenge for biostratigraphers, leading to unreliable stratigraphic interpretation and correlation. For instance, it has been noted by several authors that the global zonation of Burnett et al. (1998), encompassing three provinces termed Boreal, Tethyan/Intermediate and Austral, cannot be fully applied in several regions due to the absence and diachronism of some marker species (e.g., NW Australian margin, Howe et al., 2003; Campbell et al., 2004; NW Pacific, Lees and Bown, 2005; Equatorial Atlantic, Thibault and Gardin, 2006; Danish Basin, Sheldon, 2008). The Southern Ocean zonation of Watkins et al. (1996) also contains species that are different from those of the Austral scheme of Burnett et al. (1998). Moreover, both the Watkins et al. (1996) and the Burnett et al. (1998) zonation have yet to be tied to the standard magnetostratigraphic time scale so that the correlation of the bio-horizons among ocean basins should be achieved. In an isolated attempt to assess this issue, Thibault et al. (2010) documented the global

* Corresponding author.

E-mail addresses: rnguerra@unisinis.br (R. do Monte Guerra), andrea@gl.fcen.uba.ar (A. Concheyro), swise@fsu.edu (S.W. Wise), sev.kender@nottingham.ac.uk (S. Kender), gersonf@unisinis.br (G. Fauth).

diachronous first occurrence of *Micula murus* in the late Maastrichtian (moving from low to mid latitudes, see the Discussion section), and concluded that further work is needed to construct two distinct biozonations for the low- and mid-latitudes.

Biostratigraphic studies on Campanian and Maastrichtian calcareous nannofossils from the South Atlantic Ocean are limited to Deep Sea Drilling Project (DSDP) and Ocean Drilling Program (ODP) sites, mainly during the 1980s and 90s (Wise and Wind, 1977; Perch-Nielsen, 1977; Wise, 1983; Wind and Wise, 1983; Manivit, 1984; Manivit and Feinberg, 1984; Stradner and Steinmetz, 1984; Manivit, 1989; Pospichal and Wise, 1990; Crux, 1991; Erbacher et al., 2004). In addition to these studies, there are others on the Brazilian Continental Margin (Troelsen and Quadros, 1971; Freitas, 1984; Antunes, 1987; Gomide, 1989; Oliveira and Costa, 1997; Oliveira, 1997; Antunes, 1998; Guerra et al., 2010, 2012) and on the Antarctic Peninsula (Concheyro et al., 1991; Concheyro et al., 1994; Concheyro, 2004; Švábenická et al., 2012; Guerra et al., 2015). However, there is yet no assessment on the applicability of the previous zonations for the South Atlantic Ocean, as well as the degree of provincialism of marker species.

We revise Campanian and Maastrichtian calcareous nannofossil occurrences, taxonomy and biostratigraphy at selected DSDP and ODP sites in the South Atlantic Ocean (354; 356; 511; 525A; 530A; 661A; 690C; 700B and 1258A). Occurrences of marker species are tied to the paleomagnetic records where possible and we propose new separate zonations for the low-, mid- and high-latitudes and discuss their paleoceanographic significance.

2. Materials and methods

2.1. Site information

Our revised biostratigraphy is based on a quantitative analysis of nine DSDP and ODP sites from different locations of the South Atlantic Ocean (Fig. 1). Important information about each site (locality; water depth; stratigraphic range; main lithologies and number of samples studied) can be seen in Table 1.

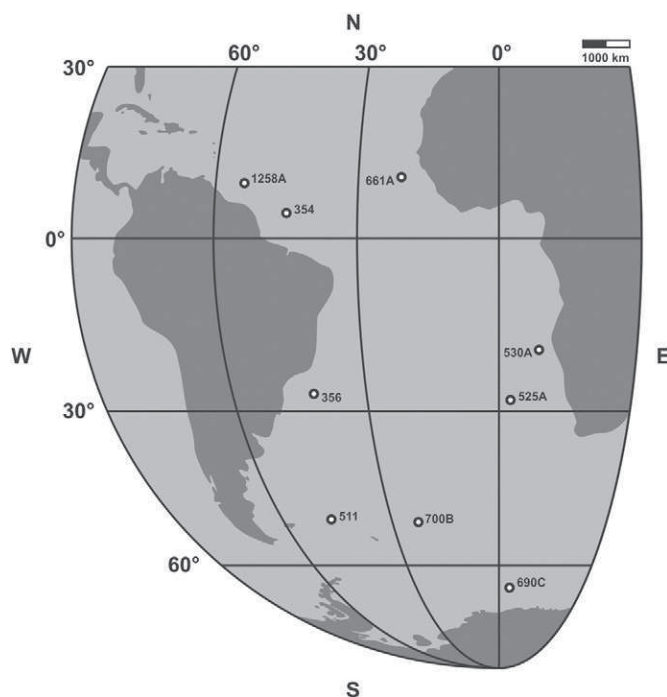


Fig. 1. Location map of sites selected for this study.

2.2. Sampling, preparation and analysis

One sample was taken per section of drillcore, corresponding to a sampling resolution of ~1.5 m. Samples were prepared following the standard smear-slide technique described in Bown and Young (1998).

A quantitative study was performed using a Zeiss Axio Imager A2 microscope at 1000× magnification. At least 300 specimens were counted per sample, followed by the scanning of three more longitudinal traverses (~300 fields of view) for rare taxa missing in the initial counts, indicated in our range charts by “X”. Sometimes, important markers were identified after the counting, denoting species present but do not represent only one specimen.

Preservation of calcareous nannofossils was evaluated under light microscope using qualitative criteria to assess the degree of etching and/or overgrowth, where “good” indicates specimens with little or no etching and/or overgrowth; “moderate” suggest that specimens exhibit moderate etching and/or overgrowth, but still easily recognizable; and “poor” shows specimens with extreme etching and/or overgrowth (Roth and Thierstein, 1972; Roth, 1983).

Although the original taxonomic and biostratigraphical results are available on DSDP and ODP websites, we re-examined 520 samples in order to apply up-to-date taxonomic and biostratigraphic concepts, since most studies were conducted several decades ago. The range charts for each site selected for this study are available as supplementary data Tables S1 to S9, where it is possible to visualize the nannofossil occurrences, preservation and abundances, as well as the biostratigraphic interpretations.

2.3. Taxonomy

The taxonomic identification is based on Perch-Nielsen (1985); Burnett et al. (1998), original descriptions and Nannotax3 (Young et al., n.d. - website that provides important information regarding calcareous nannofossil taxonomy, URL: <http://ina.tmsoc.org/Nannotax3>). We recognized 195 species, also in poorly preserved samples, which are all listed in Appendix 1 (available as Supplementary data) with the ones relevant for biostratigraphic interpretations illustrated in Fig. 2. Some Cretaceous species older than Campanian–Maastrichtian were recognized during the taxonomic analysis, being considered as reworked (e.g., *Braarudosphaera africana*, *Flabellites oblongus*, *Eprolithus eptapetalus*, *Lithastrinus septenarius*, *Nannoconus* sp. and *Assipetra* sp. on Site 530A; *Assipetra* sp. and *Rhagodiscus asper* on Site 356; and *Eprolithus floralis* on Site 661A).

2.4. Biostratigraphic zonations

In order to construct biozonations applicable to the South Atlantic Ocean, we analyzed the position of the first and last occurrences (FO and LO, respectively) of the species within the studied sites. Clear compositional differences were observed at the high-latitude DSDP/ODP Sites 511, 690B, and 700B, when compared to the other locations, confirming the well-known provincialism of the Southern Ocean (Watkins et al., 1996). Mid-latitude Sites 356, 525A and 530A contain similar flora to low-latitude Sites 354, 661A, and 1258A, although it became apparent after analysis of the sequence of bio-horizons and chronostratigraphic comparison that there were significant differences in the timing of the bio-horizons between these regions. We, therefore, propose two further provinces for the low and mid latitudes, based on the sequence of bio-horizons recorded between sites.

We defined bio-horizons for our zonations based on the following criteria: (a) that they occur in the majority of the sites within a given province; (b) that the order of the bio-horizons is consistent among provinces; (c) that each bio-horizon can be correlated to a magnetostratigraphic chronozone; and (d) that the bio-horizons occur in the same chronozone (where this information is available) or so

Table 1

Relevant information about each site studied herein (locality; water depth; stratigraphic range; main lithologies and number of samples studied).

Site	Year	Coordinates	Locality	Water depth (m)	Stratigraphic range	Main lithologies	Number of samples	Magnetostratigraphy	Figure
354	1974	05°53.95'S 44°11.78'W	Ceará Rise	4052	Early?/Late Maastrichtian	Marly nannofossil chalk, and calcareous chalk	9	No data	5
356	1974	28°17.22'S 45°05.28'W	Sao Paulo Plateau	3175	Middle/Late Campanian to Late Maastrichtian	Foraminiferal-nannofossil chalk, nannofossil chalk, and marly calcareous chalk	39	No data	8
511	1980	51°00.28'S 46°58.30'W	Falkland Plateau	2589	Early to Late Campanian	Calcareous ooze, zeolitic calcareous foraminiferal ooze, zeolitic claystone, and claystone	81	No data	11
525A	1980	29°04.24'S 02°59.12'E	Walvis Ridge	2467	Late Campanian to Late Maastrichtian	Nannofossil chalk, foraminiferal-nannofossil chalk, limestone, and conglomerate	74	Manivit and Feinberg (1984)	9
530A	1980	19°11.26'S 09°23.15'E	Southwest Angola Basin	4629	Early Campanian to Late Maastrichtian	Mudstone, limestone, sandstone, claystone, and siltstone	115	Keating and Herrero-Bervera (1985)	10
661A	1986	09°26.81'S 19°23.116'E	Kane Gap	4005.8	Late Campanian to Late Maastrichtian	Zeolite, clayey nannofossil ooze, nannofossil clay, and zeolitic clay	32	No data	6
690C	1987	65°9.621'S 01°12.285'E	Falkland Plateau	2914	Late Campanian to Late Maastrichtian	Foraminifer-bearing muddy nannofossil chalk, muddy nannofossil chalk, calcareous claystone, clayed chalk, and muddy chalk	41	Hamilton (1990)	12
700B	1987	51°31.977'S 30°16.688'W	Georgia Basin	3601	Early/Late Campanian? to Late Maastrichtian	Micritic limestone, clay-bearing micritic limestone, and limestone	67	Hailwood and Clement (1991)	13
1258A	2003	09°26.00'N 54°43.00'W	Demerara Rise	3192.2	Late Campanian to Late Maastrichtian	Clayey nannofossil chalk, nannofossil chalk, foraminiferal-nannofossil chalk, clayey calcareous chalk, and limestone	77	Erbacher et al. (2004)	7

close to each other between provinces that the events are not significantly diachronous.

Our zones were numbered from the top of the Mesozoic downward. This is to allow additional numbered zones to be added afterwards for older, as-yet unnumbered stratigraphic intervals.

3. Results of biostratigraphic zonations

The biostratigraphical ranges presented here, when compared to magnetostratigraphic data published in the original site reports, demonstrate that some of the bio-horizons of Watkins et al. (1996) and Burnett et al. (1998) should be used carefully for South Atlantic Ocean biostratigraphy (see Sections 4.2.1 and 4.2.2, Figs. 3 and 4). Taking into account the high degree of diachronism observed in this wide area, we suggest three new latitudinal zonations (low-, mid- and high-latitudes) tied to the standard magnetostratigraphic timescale (Fig. 3).

The need for proposing new biozonations for the Campanian–Maastrichtian interval of the South Atlantic Ocean comes from our finding that many of the zonal markers were in a different order compared with the zonations of Burnett et al. (1998), and Watkins et al. (1996), or were significantly diachronous between provinces. Furthermore, it is not possible to correlate our calcareous nannofossil bio-horizons to those zonations, as they are not tied to the paleomagnetic time scale. Therefore, it would be misleading to use previously defined zonal names from other regions. Although our low- and mid-latitude zonations utilize many of the same species as the Burnett et al. (1998) zonation, there are a number of species that are specific to each province, the bio-horizons are mostly diachronous, and sometimes occur in a different order. The zonations of Watkins et al. (1996) and Burnett et al. (1998), discussed during the description of the zones, are shown in Fig. 4.

Some information about each site including the stratigraphic ranges of selected species (black color for markers used herein and gray color for markers applied in other zonations), geomagnetic polarity chron records, core recovery, position of the studied samples and previous nannofossil studies, can be seen as Online Supplementary data (Figs. S1 to S9).

3.1. South Atlantic Ocean Low-latitude region (SAL)

The proposed zones for the South Atlantic Ocean Low-latitude region are based on three sites: 354, 661A, and 1258A (Figs. S1–S3). The prefix “SAL” stands for “South Atlantic Low-latitude region”. Most of the markers used to define this zonation are the same as described by Burnett et al. (1998). However, we cannot correlate their zonation with ours since most of our bio-horizons have a high-degree of diachroneity and their zonation lacks accurate magnetostratigraphic control.

3.1.1. SAL1 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of unreworkeed, non-survivor Cretaceous taxa and base defined by the FO of *Micula prinsii*.

Age: Late Maastrichtian (top/middle part of Chron C29r to top of Chron C30r).

Remarks: The FO of *M. prinsii* has been placed inside Chron C29r by some authors (Manivit and Feinberg, 1984; Thibault and Gardin, 2006, 2007; Gardin et al., 2012; Thibault et al., 2012). We place this bio-horizon at the top of Chron C30r in Hole 1258A. Following a similar pattern as described by Thibault et al. (2010) for *M. murus*, this species seems to migrate from the Equatorial Atlantic to the South Atlantic Ocean (see Section 4.2.2).

Stratigraphic distribution: From 103.33 to 109.80 mbsf at Hole 661A (Fig. S2), and from 255.63 to 267.85 mbsf at Hole 1258A (Fig. S3).

3.1.2. SAL2 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *M. prinsii* and base defined by the FO of *Ceratolithoides kamptneri*.

Age: Late Maastrichtian (top of Chron C30r to middle part/base of Chron C31n).

Remarks: At Hole 1258A *C. kamptneri* occurs below the magnetostratigraphic chronozone (Chron C30n) described by several authors (Thibault and Gardin, 2007; Thibault et al., 2012), following the same pattern of *M. prinsii* in this site having an earlier occurrence in comparison to mid-latitude sites.

Stratigraphic distribution: From 109.80 to 111.35 mbsf at Hole 661A (Fig. S2), and from 267.85 to 289.10 mbsf at Hole 1258A (Fig. S3).

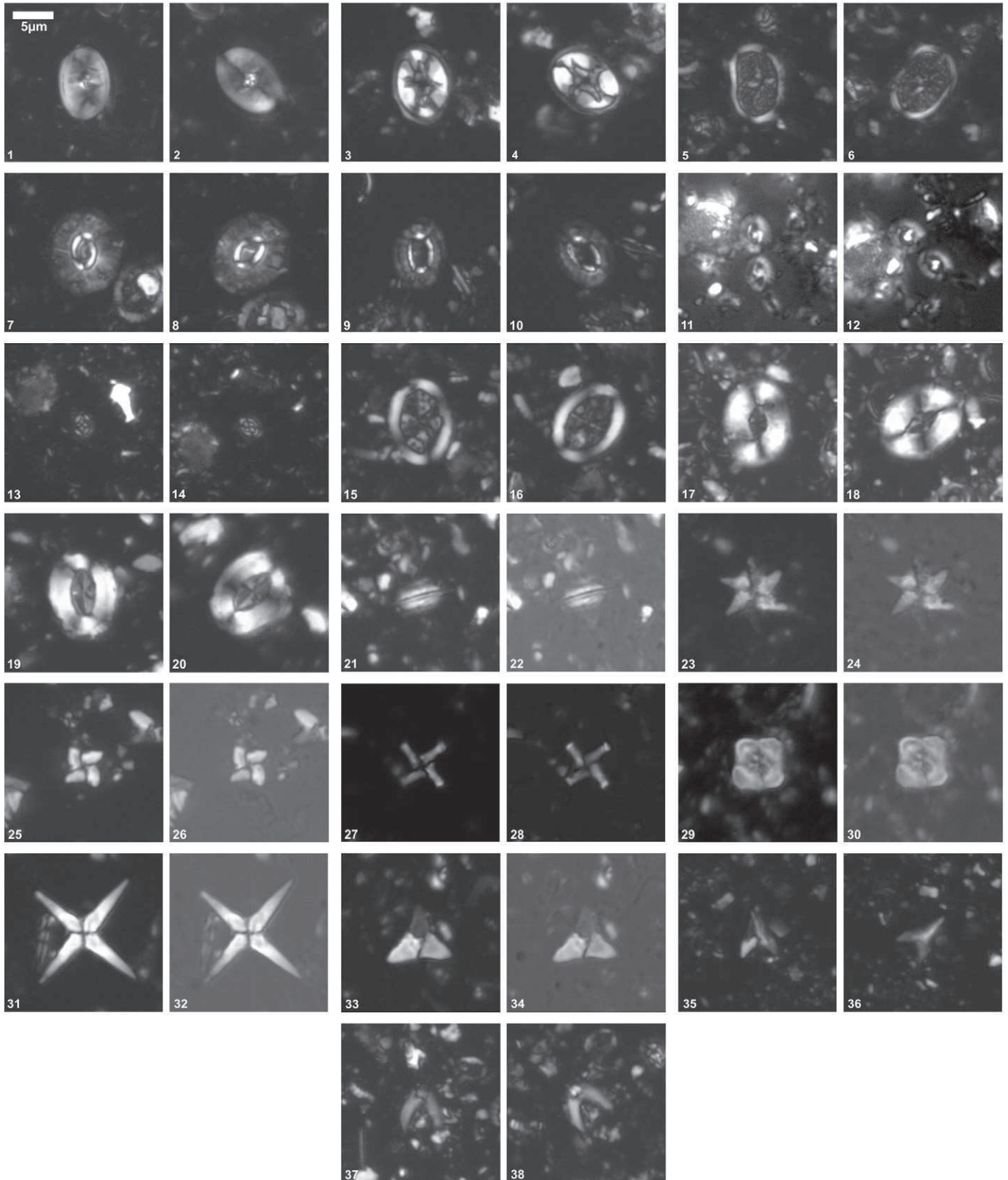


Fig. 2. 1/2, *Reinhardtites levis* (Hole 690C/21-1); 3/4, *Eiffellithus eximius* (Hole 530A/78-7); 5/6, *Nephrolithus corystus* (Hole 690C/20-2); 7/8, *Biscutum coronum* (Hole 690C/21-2); 9/10, *Biscutum magnum* (Site 511/24-7); 11/12, *Gephyrobiscutum diabolium* (Site 511/31-1); 13/14, (Site 511/33-6); 15/16, *Arkhangelskiella cymbiformis* (Hole 690C/19-3); 17/18, *Broinsonia parca constricta* (Hole 690C/19-4); 19/20, *Broinsonia parca parca* (Hole 530A/77-2); 21/22, *Lithraphidites quadratus* (Hole 1258A/31-4); 23/24, *Lithastrinus grillii* (Hole 530A/79-5); 25/26, *Micula murus* (Hole 530A/51-4); 27/28, *Micula prinsii* (Hole 661A/13-1); 29/30, *Quadrum svabenickae* (Site 356/34-2); 31/32, *Uniplanarius sissinghii* (Hole 661A/18-2); 33/34, *Uniplanarius trifidus* (Hole 661A/17-1); 35/36, *Ceratolithoides aculeus* (Hole 1258A/35-2); 37/38, *Ceratolithoides kamptneri* (Hole 1258A/31-4).

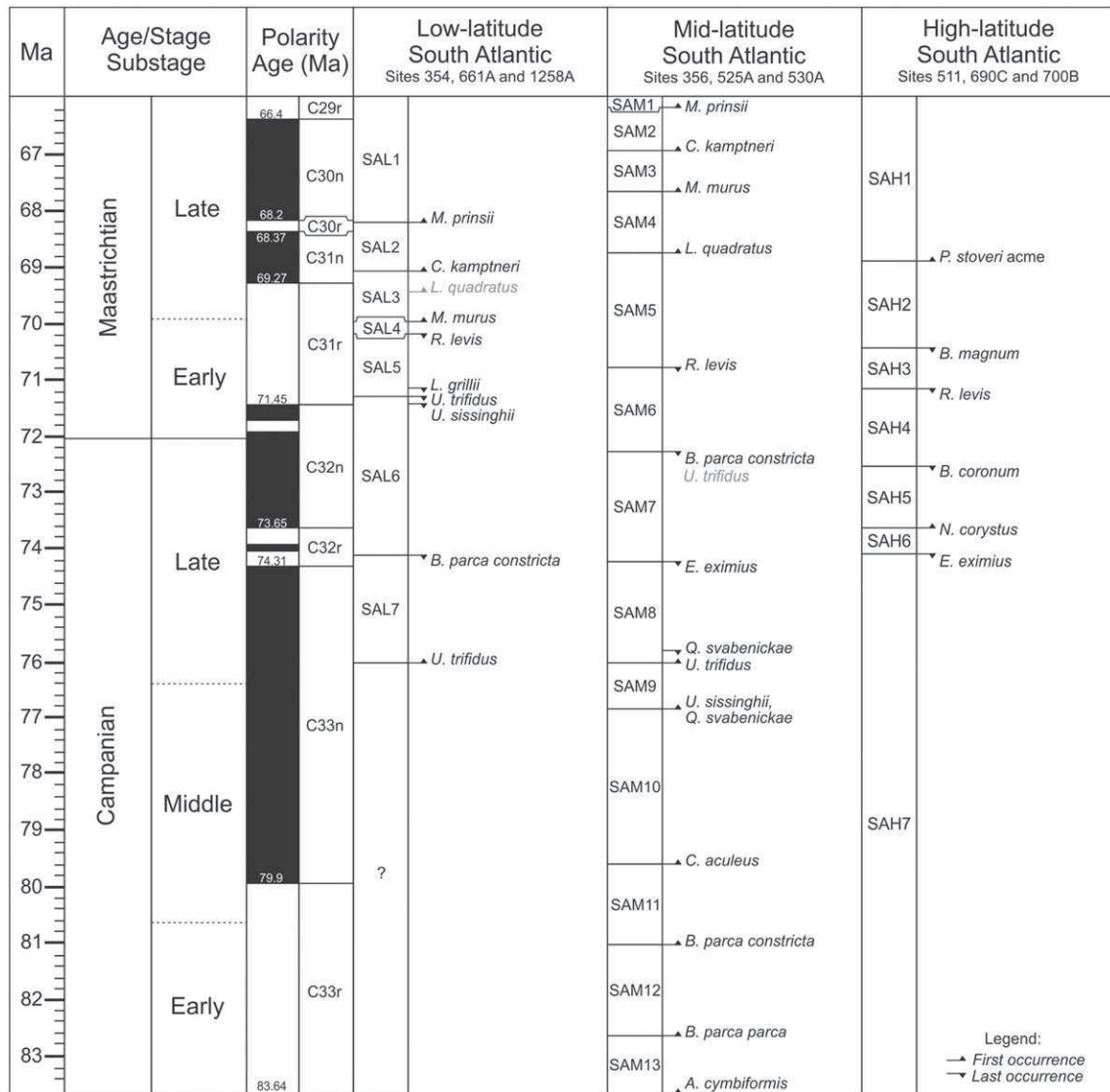


Fig. 3. Summary of the new Campanian–Maastrichtian calcareous nannofossil biozonation for the South Atlantic Ocean, shown compared with the paleomagnetic time scale of Gradstein et al. (2012).

3.1.3. SAL3 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *C. kamptneri* and base defined by the FO of *M. murus*.

Age: Late Maastrichtian (middle part/base of Chron C31n to middle part/top of Chron C31r).

Remarks: The FO of *Lithraphidites quadratus* was identified within this zone at Hole 1258A, nevertheless this biological event was not included in our zonation because of the reversed order between this occurrence and the FO of *M. murus* (compared with the global distribution of these two species). The same reverse order of bio-horizons was described by Self-Trail (2001) in the western Atlantic region, Lees and Bown (2005) in the northwest Pacific Ocean, and Thibault and Gardin (2006) for the same hole studied herein (1258A). We did not recover *L. quadratus* at Hole 661A, despite the Manivit (1984) comment about the rare presence of poorly preserved fragments of this species. The FO of *M. murus* (base of this zone) usually lies within Chron C30n (Manivit and Feinberg, 1984; Thibault and Gardin, 2007; Gardin et al., 2012; Thibault et al., 2012). Nevertheless, we identified this bio-horizon in the middle part/top of Chron C31r at Hole 1258A.

Stratigraphic distribution: From 111.35 to 116.35 mbsf at Hole 661A (Fig. S2), and from 289.10 to 303.82 mbsf at Hole 1258A (Fig. S3).

3.1.4. SAL4 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *M. murus* and base defined by the LO of *Reinhardtites levis*.

Age: Early/Late Maastrichtian (top to middle part of Chron C31r).

Remarks: It appears as though the LO of *R. levis* within the middle of Chron C31r at Hole 1258A correlates well with the position of this bio-horizon in other locations (Gardin et al., 2012; Pérez-Rodríguez et al., 2012). The remarkable lower position of the LO of *M. murus* at Hole 1258A prevents the recognition of a consistent FO of *L. quadratus* in the low latitude South Atlantic Ocean.

Stratigraphic distribution: From 116.35 to 128.84 mbsf at Hole 661A (Fig. S2), and from 303.82 to 306.80 mbsf at Hole 1258A (Fig. S3).

3.1.5. SAL5 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of *R. levis* and base defined by the LO of *Uniplanarius trifidus*.

Age: Early Maastrichtian (middle to base of Chron C31r).

Remarks: The LO of *U. trifidus* occurs close to the boundary between Chrons C31r and C32n at Hole 1258A, in the same pattern as reported from other localities around the world (e.g., Manivit and Feinberg, 1984; Gardin et al., 2012). The LO of *Lithastrinus grillii* occurs within

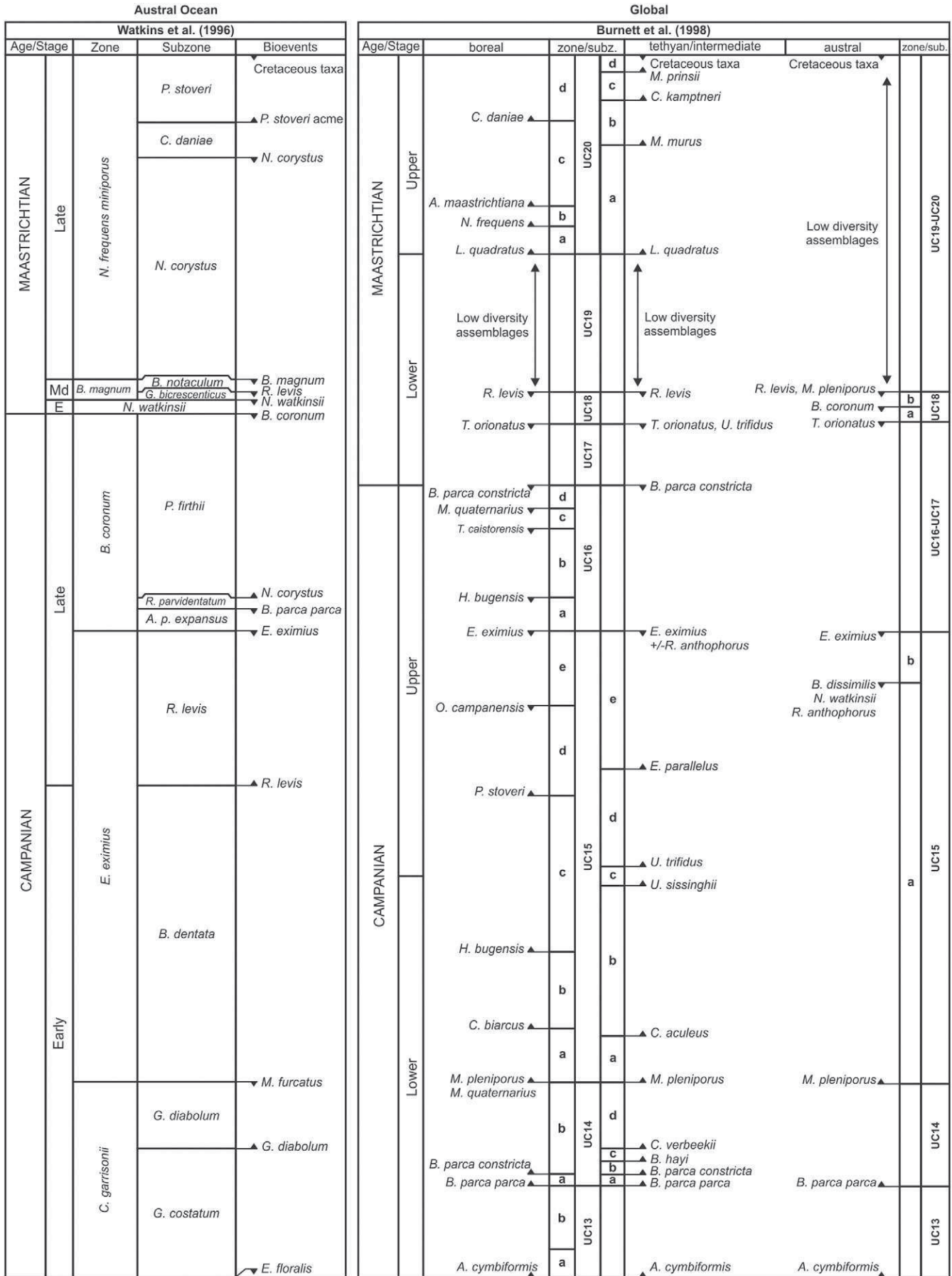


Fig. 4. Campanian and Maastrichtian zonations of Watkins et al. (1996) and Burnett et al. (1998).

this zone in both holes (1258A and 661A) close to the LO of *U. trifidus* at the base of Chron C31r.

Stratigraphic distribution: From 128.84 to 131.84 mbsf at Hole 661A (Fig. S2), and from 306.80 to 327.34 mbsf at Hole 1258A (Fig. S3).

3.1.6. SAL6 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of *U. trifidus* and base defined by the LO of *Broinsonia parca constricta*.

Age: Early Maastrichtian to late Campanian (base of Chron C31r to the middle part of Chron C32n).

Remarks: According to Burnett et al. (1998) the LO of *B. parca constricta* defines the Campanian/Maastrichtian boundary. Some authors suggest that this bio-horizon was younger, during the early–middle part of the late Maastrichtian, within Chron C31r (Gardin et al., 2012; Pérez-Rodríguez et al., 2012; Thibault et al., 2012). We identified the LO of *B. parca constricta* at Hole 1258A as older than these previous studies, in the middle of Chron C32r, which is probably due to migration patterns (see Section 4.2). The LO of *Uniplanarius sissinghii* occurs within this zone in both holes (1258A and 661A), close to the LO of *U. trifidus* and at the limit between chrons C31r and C32n.

Stratigraphic distribution: From 131.84 to 155.85 mbsf at Hole 661A (Fig. S2), and from 327.34 to 364.64 mbsf at Hole 1258A (Fig. S3).

3.1.7. SAL7 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of *B. parca constricta* and base defined by the FO of *U. trifidus*.

Age: Late Campanian (middle part of Chron C32r to upper-middle part of Chron C33n).

Remarks: The FO of *U. trifidus* occurs within Chron C33n at Hole 1258A. Although the FO of this species is not detected at Hole 661A, it co-occurs with *B. parca constricta* in the lowest sample at 155.85 mbsf. The LO of *B. parca constricta* is present at both Holes 1258A and 661A, within Chron C32r at Hole 1258A. Unlike Burnett et al. (1998), we did not find the LOs of *Eiffellithus eximius* and *Reinhardtites anthophorus* and the FO of *Eiffellithus parallelus* in this zone. At Hole 1258A these three species occur in the wrong position in comparison to Burnett et al. (1998), and not all of them occur at Hole 661A (apart for one sample containing *R. anthophorus*). Unfortunately, there are no samples representative of the early to mid-Campanian for low latitudes, therefore this interval was marked by a questionable point on our summary of the biostratigraphic zonation (Fig. 3).

Stratigraphic distribution: From 364.64 to 382.20 mbsf at Hole 1258A (Fig. S3).

3.2. South Atlantic Ocean Mid-latitude region (SAM)

Our proposed zones for the mid-latitude South Atlantic Ocean region are suggested based on three sites: 356, 525A, and 530A (Figs. S4–S6). The prefix “SAM” stands for “South Atlantic Mid-latitude region”. As for the SAL zonation, most of the markers used are the same as described in Burnett et al. (1998). However, most of the events appear to have a high-degree of diachroneity between ocean basins and latitudinal zones, therefore, as mentioned previously, we do not use their zonal names.

3.2.1. SAM1 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of unreworkeed, non-survivor Cretaceous taxa and base defined by the FO of *M. prinsii*.

Age: Late Maastrichtian (top to base of Chron C29r).

Remarks: In the mid-latitude South Atlantic Ocean, the FO of *M. prinsii* is within Chron C29r, which appears to correlate well with results from other ocean basins (south-eastern Atlantic Ocean, Manivit and Feinberg, 1984 and Thibault and Gardin, 2007; equatorial Atlantic Ocean, Thibault and Gardin, 2006; Umbria-Marche Basin, Italy, Gardin et al., 2012; and eastern Indian Ocean, Thibault et al., 2012). However

this datum is diachronous between the mid- and low-latitude South Atlantic Ocean.

Stratigraphic distribution: From 410.70 to 418.77 mbsf at Site 356 (Fig. S4), from 452.30 to 457.63 mbsf at Hole 525A (Fig. S5), and from 592.80 to 594.25 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.2.2. SAM2 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *M. prinsii* and base defined by the FO of *C. kamptneri*.

Age: Late Maastrichtian (base of Chron C29r to top/middle part of Chron C30n).

Remarks: The FO of *C. kamptneri* was identified within the middle part/top of Chron C30n at Hole 525A. The magnetostratigraphic record for Hole 530A (Keating and Herrero-Bervera, 1985) unfortunately is not sufficiently well-resolved to subdivide chrons C30n and C31n. Herein, the FO of *C. kamptneri* is placed within the top part of the undifferentiated Chron C30n–C31n. Taking into account the magnetostratigraphic compilation (Gradstein et al., 2012) that shows a wider Chron C30n and a smaller C31n, we suggest this bio-horizon occurred close to the middle part/top of Chron C30n.

Stratigraphic distribution: From 418.77 to 424.77 mbsf at Site 356 (Fig. S4), from 457.63 to 462.32 mbsf at Hole 525A (Fig. S5), and from 594.25 to 600.75 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.2.3. SAM3 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *C. kamptneri* and base defined by the FO of *M. murus*.

Age: Late Maastrichtian (top/middle part to middle part/base of Chron C30n).

Remarks: The FO of *M. murus* was identified in the middle-base of Chron C30n at Hole 525A. At Hole 530A, this species first occurs in the middle part/top of the undifferentiated Chron C30n–C31n. Using the same criteria described in the previous zone (see SAM2) we suggest that this bio-horizon occurs also in the middle part/base of Chron C30n.

Stratigraphic distribution: From 424.77 to 445.16 mbsf at Site 356 (Fig. S4), from 462.32 to 468.71 mbsf at Hole 525A (Fig. S5), and from 600.75 to 605.22 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.2.4. SAM4 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *M. murus* and base defined by the FO of *L. quadratus*.

Age: Late Maastrichtian (middle part/base of Chron C30n to middle part of Chron C31n).

Remarks: The FO of *L. quadratus* is within the middle part of Chron C31n at Hole 5250A, a pattern that matches some studies from other ocean basins (Umbria-Marche Basin, Italy, Gardin et al., 2012; northern Spain, Pérez-Rodríguez et al., 2012).

Stratigraphic distribution: From 445.16 to 457.31 mbsf at Site 356 (Fig. S4), and from 468.71 to 480.80 mbsf at Hole 525A (Fig. S5).

3.2.5. SAM5 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *L. quadratus* and base defined by the LO of *R. levis*.

Age: Late to early Maastrichtian (middle part of Chron C31n to middle part/base of Chron C31r).

Remarks: The LO of *R. levis* was only recovered at Hole 525A, within the middle part/base of Chron C31r. At Sites 356 and 530A it seems that this bio-horizon was lost due to coring gaps (see Figs. S4 and S6).

Stratigraphic distribution: From 480.80 to 509.30 mbsf at Hole 525A (Fig. S5).

3.2.6. SAM6 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of *R. levis* and base defined by the LO of *B. parca constricta*.

Age: Early Maastrichtian (middle part/base of Chron C31r to top/middle part of Chron C32n).

Remarks: Unfortunately we could not identify a consistent LO of *U. trifidus* for the mid latitudes in the South Atlantic Ocean. At all sites analyzed here, this bio-horizon occurs together with the LO of *B. parca constricta*. At Site 356 the LO of *U. trifidus* occurs at the same level as LOs of *B. parca constricta*, *E. eximius*, *R. levis*, and *U. sissinghii*, just below a large coring gap of ~20 m. At Hole 525A the LO of *U. trifidus* occurs in the same sample of the LO of *B. parca constricta* in a continuous section. At Hole 530A the LO of *U. trifidus* occurs together with the LOs of *B. parca constricta*, *R. levis*, and *U. sissinghii* also below a recovery gap of ~7 m. This pattern indicates the occurrence of a possible unconformity at mid latitudes during the early Maastrichtian. The LO of *B. parca constricta* at Holes 525A and 530A lies within the middle part/top of Chron C32n.

Stratigraphic distribution: From 509.30 to 522.89 mbsf at Hole 525A (Fig. S5).

3.2.7. SAM7 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of *B. parca constricta* and base defined by the LO of *E. eximius*.

Age: Late Campanian (top/middle part of Chron C32n to base of Chron C32r).

Remarks: The LOs of *E. eximius* and *R. anthophorus* occur together within the base of Chron C32r at Hole 530A. Unfortunately, this bio-horizon was not recovered at Hole 525A and cannot be distinguished at Site 356 due to a large coring gap of ~20 m.

Stratigraphic distribution: From 522.89 to the base of the studied section at Hole 525A (Fig. S5) 638.56 to 676.77 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.2.8. SAM8 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of *E. eximius* base defined by the FO of *U. trifidus*.

Age: Late Campanian (base of Chron C32r to top/middle part of Chron C33n).

Remarks: The LO of *Quadrum svabenickae* lies within this zone close to the FO of *U. trifidus*, and could be identified at both sites (356 and 530A). The FO of *U. trifidus* is the only bio-horizon that seems to correlate well with the SAL (low-latitude) zonation described above. We did not find *E. parallelus* at Hole 530A, but at sites 356 and 525A the FO of this species is younger than described in Burnett et al. (1998).

Stratigraphic distribution: From 485.27 to 492.74 mbsf at Site 356 (Fig. S4), and from 676.77 to 708.25 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.2.9. SAM9 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *U. trifidus* and base defined by the FO of *U. sissinghii*.

Age: Late to middle Campanian (top to middle part of Chron C33n).

Remarks: The FOs of *U. sissinghii* and *Q. svabenickae* were identified at the same level at Hole 530A, suggesting that both can mark the base of this zone. Site 356 seems to show the same pattern, since we recovered both species together in the last sample analyzed (521.27 mbsf). According to the original Site 356 report by Perch-Nielsen (1977), there is a sedimentary gap below this sample, followed by Santonian strata.

Stratigraphic distribution: From 492.74 to 521.27 mbsf at Site 356 (Fig. S4), and from 708.25 to 725.75 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.2.10. SAM10 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *U. sissinghii* base defined by the FO *Ceratolithoides aculeus*.

Age: Middle Campanian (middle part to base of Chron C33n).

Remarks: The FO of *C. aculeus*, within the base of Chron C33n, was identified only at Hole 530A (single mid-latitude hole studied herein with early-mid Campanian recovery), and seems to correlate well with the position of this bio-horizon in Burnett et al. (1998).

Stratigraphic distribution: From 725.75 to 781.25 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.2.11. SAM11 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *C. aculeus* and base defined by the FO of *B. parca constricta*.

Age: Early to middle Campanian (base of Chron C33n to top/middle part of Chron C33r).

Remarks: We could not identify *Misceomarginatus pleniporus* or *Ceratolithoides verbeekii* at either site, which are species used as early Campanian markers in the zonation of Burnett et al. (1998). *Bukryaster hayi* was recovered only at Hole 530A and its FO is younger than described in Burnett et al. (1998).

Stratigraphic distribution: From 781.25 to 844.25 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.2.12. SAM12 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *B. parca constricta* and base defined by the FO of *Broinsonia parca parca*.

Age: Early Campanian (within Chron C33r).

Remarks: The FO of *B. parca parca* occurs in the middle part/base of Chron C33r at Hole 530A. The same bio-horizons, used here to define Zone SAM12, were also used by Burnett et al. (1998) to define the early Campanian.

Stratigraphic distribution: From 844.25 to 866.75 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.2.13. SAM13 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of *B. parca parca* base defined by the FO of *Arkhangelskiella cymbiformis*.

Age: Early Campanian (middle part/base to base of Chron C33r).

Remarks: The FO of *A. cymbiformis* lies within the base of Chron C33r. This bio-horizon defines the limit of the Campanian/Santonian boundary in Burnett et al. (1998).

Stratigraphic distribution: From 866.75 to 879.25 mbsf at Hole 530A (Fig. S6).

3.3. South Atlantic Ocean High-latitude region (SAH)

The biozonation for the South Atlantic Ocean at the high-latitude region is based on three sites: 511, 690C, and 700B (Figs. S7–S9). The prefix “SAH” stands for “South Atlantic High-latitude region”. Some markers are the same as described in the Southern Ocean zonation of Watkins et al. (1996). We use different zonal names because many of the markers were not recovered, showed diachronous range, or bio-horizons occur in a different order compared to Watkins et al. (1996) and Burnett et al. (1998).

3.3.1. SAH1 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of unreworked, non-survivor Cretaceous taxa and base defined by the FO of the *Prediscosphaera stoveri* acme.

Age: Late Maastrichtian (top of Chron C29r to middle part of Chron C31n).

Remarks: The acme of *P. stoveri* in Chron C31n occurs at Holes 690C and 700B, and corresponds to an interval where the abundance of this marker species increases suddenly (see Supplementary data Tables S7 and S8).

Stratigraphic distribution: From 247.60 to 264.07 mbsf at Hole 690C (Fig. S8), and from 331.40 to 332.94 mbsf at Hole 700B (Fig. S9).

3.3.2. SAH2 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO of the *P. stoveri* acme and base defined by the LO of *Biscutum magnum*.

Age: Late to early Maastrichtian (middle part of Chron C31n to middle part of Chron C31r).

Remarks: Within this zone Watkins et al. (1996) described the *Nephrolithus corystus* Subzone, based on the LO of *N. corystus*. We identified a diachronous LO for this species between Holes 690C (base of

Chron C31n) and 700B (with its range continuing to the end of the section within Chron C30n). The LO of *B. magnum* seems to be consistent at both sites in the middle part of Chron C31r.

Stratigraphic distribution: From 264.07 to 277.80 mbsf at Hole 690C (Fig. S8), and from 332.94 to 347.23 mbsf at Hole 700B (Fig. S9).

3.3.3. SAH3 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of *B. magnum* and base defined by the LO of *R. levis*.

Age: Early Maastrichtian (middle part to base of Chron C31r).

Remarks: The LO of *R. levis* lies at the base of Chron C31r at Holes 690C and 700B.

Stratigraphic distribution: From 277.80 to 281.82 mbsf at Hole 690C (Fig. S8), and from 347.23 to 355.20 mbsf at Hole 700B (Fig. S9).

3.3.4. SAH4 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of *R. levis* and base defined by the LO of *Biscutum coronum*.

Age: Early Maastrichtian to late Campanian (base of Chron C31r to top/middle part of Chron C32n).

Remarks: Watkins et al. (1996) identified the *Neocrepidolithus watkinsii* subzone within this zone, based on the LO of *N. watkinsii*. In our study, the LO of this species at Holes 690C and 700B is diachronous and inconsistent. The LO of *B. coronum* lies within the middle part/top of Chron C32n at Holes 690C and 700B.

Stratigraphic distribution: From 281.82 to 293.05 mbsf at Hole 690C (Fig. S8), and from 355.20 to 367.75 mbsf at Hole 700B (Fig. S9).

3.3.5. SAH5 nannofossil zone

Definition: Top defined by the LO of *B. coronum* and base defined by the FO *N. corystus*.

Age: Late Campanian (top/middle part of Chron C32n to chrons C32n/C32r).

Remarks: The FO of *N. corystus* occurs in different chrons at Holes 690C and 700B (base of Chron C32r in the former and middle part/top of Chron C32n in the latter). However, the age of this event is probably the same, as is the order of the other bio-horizons at Site 511. This pattern allowed us to place the FO of this species between chrons C32r and C32n.

Stratigraphic distribution: From 195.99 to 209.10 mbsf at Site 511 (Fig. S7), from 293.05 to 307.15 mbsf at Hole 690C (Fig. S8), and from 367.75 to 369.24 mbsf at Hole 700B (Fig. S9).

3.3.6. SAH6 nannofossil zone

Definition: Top defined by the FO *N. corystus* and base defined by the LO of *E. eximius*.

Age: Late Campanian (chrons C32n/C32r to top/middle part of Chron C32r).

Remarks: The LO of *E. eximius* was delineated at Sites 511 and 700B, the latter of which shows that this bio-horizon lies in the middle part/top of Chron C32r. Watkins et al. (1996) described the *Aspidolithus parvus expansus* subzone within this zone, based on the LO of *A. parvus* (= *B. parca*) and related forms. In our study, the occurrences of these species at high-latitude sites are scarce and diachronous.

Stratigraphic distribution: From 209.10 to 230.21 mbsf at Site 511 (Fig. S7), and from 369.24 to 416.70 mbsf at Hole 700B (Fig. S9).

3.3.7. SAH7 nannofossil zone

Definition: Interval below the LO *E. eximius*.

Age: Early to late Campanian (middle part of Chron C32r to base of Chron C33n).

Remarks: Site 511 recovered a well-constrained Early to Late Campanian section, just below the LO of *E. eximius*. Unfortunately, there is no magnetostratigraphic record for this site, and we have no other section over this time period so we cannot locate these bio-horizons in our high-latitude zonation. Two main bio-horizons identified at Site 511,

the FOs of *Gephyrobiscutum diabolium* and *R. levis*, were tied to the early to late Campanian by Watkins et al. (1996). Taking into account the position of the LO of *E. eximius*, our new zonation would probably indicate the same ages as the one of Watkins et al. (1996) for these two bio-horizons.

Stratigraphic distribution: From 230.21 to 349.20 mbsf at Site 511 (Fig. S7), and from 416.70 to 445.26 mbsf at Hole 700B (Fig. S9).

4. Discussion

In the magnetostratigraphic interpretation for Hole 1258A, Erbacher et al. (2004) were not confident with the magnetostratigraphic signal of the lower part of our section and suggested that age assignments would probably change with new biostratigraphic data. We suggest that Core 41 and the middle part/base of Core 40 belong to Chron C33n, and not to Chron C34n as suggested in the original study. This is mainly due to the fact that there are no species indicative of a Santonian age for this interval. The magnetostratigraphic reversal between the middle/top part of Core 40 to the base of Core 38 is assigned to Chron C32r, and from the middle/top part of Core 38 to the base of Core 35 to Chron C32n. In this way the short Chron C33r?, interpreted by Erbacher et al. (2004), is suggested here to be part of the Chron C32n, improving correlation to Gradstein et al. (2012), who shows Chron C33n as a long-lasting interval.

A similar situation is seen in Hole 700B where Hailwood and Clement (1991) interpretations are inconsistent with the biostratigraphic data described herein. Those authors attributed the last two cores of our section (49 and 50) to Chron C34n, Santonian in age, while nannofossil distribution observed herein suggests these two cores should be assigned to Chron C33n. The interval between Cores 46 to 40, identified as Chron C33n to Chron C32n by Hailwood and Clement (1991), are herein suggested to span only Chron C32n. In this case the reversal defined as Chron C32r by those authors is just the short reversal within Chron C32n. This interpretation matches better with the standard magnetostratigraphy of Gradstein et al. (2012).

4.1. Comparisons with previous biozonation schemes

One of the primary findings of this study is that many of the zonal markers for the Campanian and Maastrichtian identified by Watkins et al. (1996) at high latitudes and Burnett et al. (1998) in the Indian Ocean are not consistently applicable to the South Atlantic Ocean. We do not think that water depth or proximity to land (which commonly limits the occurrence of species due to changes in salinity and nutrients (Ziveri et al., 2004; Winter et al., 1994)) significantly affected species ranges, as all our sites are located in deep water today (Table 1) and were probably not located at shelf depths during the Late Cretaceous.

Specifically for low and mid latitudes, we could not identify the species *C. verbeekii* and *M. pleniporus*, both early Campanian markers of Burnett et al. (1998). The species *B. hayi* and *E. parallelus*, early and late Campanian markers occur at our low- and mid-latitude sites (Holes 661A and 530A), although their occurrences are scarce and diachronous (see Figs. S2 and S6A–C) when compared to the zonation of Burnett et al. (1998). At low latitudes, we could not utilize the biostratigraphic markers *L. quadratus* and *E. eximius*. *L. quadratus* first occurs at Site 354 where the recovery of nannofossils was poor, giving us no information about the order of the bio-horizons. *L. quadratus* was also recovered at Hole 1258A, where we identified this species in a reversed stratigraphic order with *M. murus*. The LO of *E. eximius* was identified only at Hole 1258A and appears to be in a different position in relation to Burnett et al. (1998). In addition to the absence of some markers, the correlation of our bio-horizons with magnetostratigraphic data shows high diachronism between low and mid latitudes, particularly for late Maastrichtian species, as recently demonstrated for *M. murus* by Thibault et al. (2010).

For high latitudes, Burnett et al. (1998) high-latitude zonation is not applicable for the South Atlantic Ocean, where only four of their eleven bio-horizons occur (FO of Cenozoic taxa and LOs of *R. levis*, *B. coronum*, and *E. eximius*). On the other hand, Watkins et al. (1996) provided a Southern Ocean zonation based on some of the sites studied herein in addition to sites drilled in the Indian Ocean. Based on our analyses, some bio-horizons described by Watkins et al. (1996) seem to be diachronous (see Figs. S8 and S9) or do not occur in the South Atlantic Ocean (LOs of *N. corystus*, *N. watkinsii*, and *B. parca*), thus we did not use those markers in our new zonation.

Site 511 recovered levels below the LO of *E. eximius* (from 230.21 to 350.70 mbsf). In these samples, it was possible to identify two of Watkins et al. (1996) bio-horizons probably dated as mid-early Campanian (the FOs of *R. levis* and *G. diabolium*). Taking into account our methodology to describe the new zones, based on more than one site or tied to magnetostratigraphy, we do not define zones with these two bio-horizons although further work may prove them suitable.

4.2. Late Cretaceous climate change and nannofossil migrations

The vertical and horizontal distribution of living coccolithophores in the oceans is controlled by several factors, including salinity, temperature, nutrients and productivity, which vary with latitude (temperature and light intensity) and ocean currents (Ziveri et al., 2004; Winter et al., 1994). Dominant coccolithophores in the modern Atlantic Ocean show strong regional distributions that appear to be largely controlled by temperature and availability of nutrients (Ziveri et al., 2004). Many of the species show different distributions between the North and South Atlantic Oceans, although others show similarities. Understanding the preferences of modern species, however, has become more difficult with the recent identification of subspecies within many previously accepted broad morphological groups (Ziveri et al., 2004). For extinct nannofossils there are even more uncertainties in assigning ecological preferences of taxa and a careful taxonomic work, coupled with paleobiogeographic studies, is needed. Several studies of Upper Cretaceous sections interpret the occurrences of certain taxa as controlled by latitude and, consequently, related to climate (Wind, 1979; Thierstein, 1981; Roth and Krumbach, 1986; Wise, 1988; Watkins, 1989; Shafik, 1990; Erba, 1992; Lees, 2002; Erba, 2004; Lees et al., 2005; Mutterlose et al., 2005; Watkins and Self-Trail, 2005; Hardas et al., 2012; Thibault and Gardin, 2006; Thibault et al., 2010; Linnert et al., 2014; Linnert and Mutterlose, 2015; Thibault and Husson, 2016). Recent works have made particular progress, and some species preferences for distinct paleoecological conditions have been demonstrated as useful for constraining climatic and oceanographic changes (Lees, 2002; Thibault et al., 2010; Linnert et al., 2014).

4.2.1. Campanian

Our findings show that high-latitude (Southern Ocean and Antarctic) zonal markers are quite different from those of the mid and low latitudes in the South Atlantic Ocean, confirming the different floral provinces suggested by many authors. There is just one bio-horizon synchronous across these latitudes, the LO of *E. eximius* in the late Campanian (Fig. 3). This indicates that a strong latitudinal gradient, probably related to temperature, occurred during the Campanian. Global deep-ocean foraminiferal $\delta^{18}\text{O}$ records (Friedrich et al., 2012), controlled by changes in temperature and salinity, indicates that a continuous global cooling trend during the Coniacian and Santonian persisted throughout the early and mid Campanian. Sea-surface temperatures at the high-latitude Site 511 (Huber et al., 1995, 2002) diverged from temperatures at low-latitude locations such as the Gulf of Mexico (Linnert et al., 2014) during this time interval, confirming the increased latitudinal gradient. At about 77 Ma, deep waters appear to have started warming (Friedrich et al., 2012), which could account for the similarity of the bio-horizon *E. eximius* at this time (Fig. 3). Comparison of mid- to low-latitude differences during the early-mid Campanian is not possible

due to the poor recovery of low-latitude assemblages in our study. However, the FO of *U. trifidus* indicates that there may have been some similarity between both latitudes in the late Campanian supporting the idea that this warming, and the possible diminution of the latitudinal gradients, may have contributed to the observed pattern in nannofossil distributions. Interestingly, *B. parca constricta* disappears much earlier at low latitudes during the late Campanian (~74 Ma as opposed to ~72 Ma in the mid-latitude region). Although there is no latitudinal control defined for this species yet (Lees, 2002), we suggest that *B. parca constricta* may have had a mid-latitude preference and that the late Campanian warming at ~74 Ma (Friedrich et al., 2012) enables this species to migrate from low to mid latitudes. The latest Campanian saw a return to cooling conditions that persisted into the early Maastrichtian (Friedrich et al., 2012).

4.2.2. Maastrichtian

It appears that the LO of *R. levis* (early Maastrichtian) is a unique bio-horizon, similar in both the high and mid/low latitudes during the Maastrichtian. This bio-horizon, however, is not synchronous suggesting that a strong latitudinal ecological gradient was in place. An enhanced latitudinal temperature gradient through much of the Maastrichtian has been suggested by Linnert et al. (2014), based on temperature records from high-latitude Site 511 and the Gulf of Mexico. Thibault et al. (2010) pointed out that the planktonic foraminifera *Abathomphalus mayaroensis* has a diachronous FO from the mid latitude (Chron C31r) to the equator (top of Chron C31n; Huber and Watkins, 1992), and the nannofossil *Nephrolithus frequens* migrated from the Southern Ocean to equatorial regions within Chron C31n (Pospichal and Wise, 1990; Nifuku et al., 2008). These migrations of cool-water species can be seen as evidence of equatorial cooling during the early and early late Maastrichtian (Linnert et al., 2014), although changes in ocean circulation and evolutionary adaptations may also have had an impact (Barrera and Savin, 1999; Friedrich et al., 2009).

A striking finding of our study is that, during the late Maastrichtian (chrons C30n and C29r) most of the bio-horizons, which are evolutionary origination events, appear earlier in low latitudes and these species migrate later to the mid latitudes (Fig. 3). Thibault et al. (2010) described the latitudinal migration pattern of *M. murus* during the Maastrichtian, which supports our findings. According to those authors, this species was characteristic of warm surface waters and remained confined to the Tropical Realm during the early/late Maastrichtian before spreading out to temperate latitudes in the late Maastrichtian. Thibault et al. (2010) regarded this as suggestive of a major change in surface-water circulation, as cooler condition led to a modern style of thermohaline circulation, forced from high rather than low latitudes. Although this pattern would have impacted province boundaries and produced greater high- to low-latitude heat transport, the sequential migration of bio-horizons (FO of *M. murus*, *C. kamptneri*, *M. prinsii*) is difficult to explain, and perhaps argues against changes in ocean circulation as the predominant cause, since it would have more likely affected all species simultaneously. Although Thibault et al. (2010) argue that warmer conditions did not start until the latest Maastrichtian (Chron C29r), Friedrich et al.'s (2012) global composite record indicates that global warming may have started as early as 67 Ma (top C30n). Thus, we consider it possible that a continuous global warming trend sequentially allowed the invasion of warm-water low-latitude species at mid latitudes starting with *M. murus* (~67.5 Ma), then *C. kamptneri* (~67 Ma), and finally *M. prinsii* (~66 Ma) during the latest Maastrichtian (Fig. 5).

5. Conclusions

In this study we present new calcareous nannofossil data from nine ODP/DSDP Sites from the South Atlantic Ocean, and construct three new latitudinal-based zonations, since some bio-horizons previously considered global are found as unsuitable for biostratigraphic purposes at all

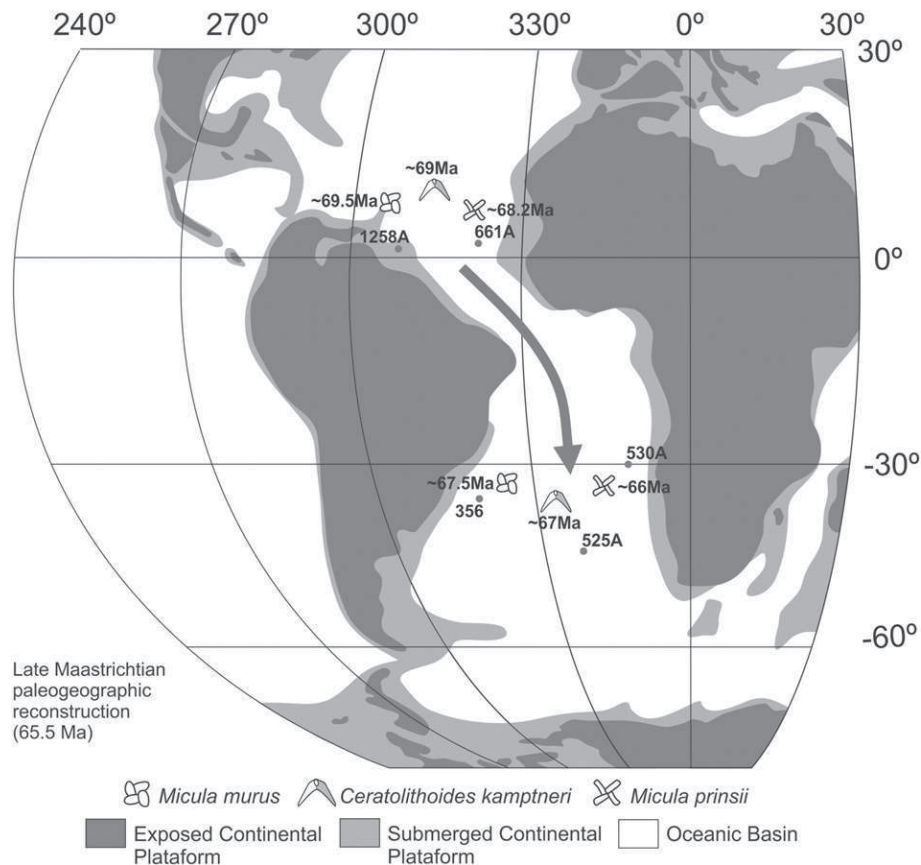


Fig. 5. Late Maastrichtian paleogeographic reconstruction (after www.ods.de; Scotese, 2014) indicating the migration pattern of the marker species *Micula murus*, *Ceratolithoides kamptneri* and *Micula prinsii* from low to mid latitudes.

Sites. This is sometimes due to the complete absence of the marker species (e.g., *C. verbeekii* and *M. pleniporus*) and sometimes due to diachronism of bio-horizons between Sites at the same latitudinal band (e.g., *B. hayi* and *E. parallelus*). The same can be concluded for high-latitude bio-horizons, where some of the bio-horizons proposed previously were not applied because of the diachroneity (e.g., LOs of *N. corystus*, *N. watkinsii*, and *B. parca*). An important refinement was made tying the nannofossil bio-horizons to the standard magnetostratigraphic timescale (Gradstein et al., 2012).

With the use of both magnetostratigraphy and biostratigraphy, we suggest that late Campanian and late Maastrichtian species diachronism is related to migration from low to mid latitudes. The LO of *B. parca constricta* in the late Campanian occurs in Chron C32r at low latitudes later than at Chron C32n at mid latitudes, which we suggest may be related to global warming at ~74 Ma and a retraction of its range to higher latitudes. The FOs of the warm surface-water species *M. prinsii*, *C. kamptneri* and *M. murus* (Tantawy, 2003; Sheldon et al., 2010) in the late Maastrichtian occur earlier at low latitudes and these species migrate to mid latitudes sequentially during the latter part of the late Maastrichtian. This pattern may be related to ocean circulation changes and global warming that expanded the paleobiogeographic range of these species.

The proposed zones suggested herein provide a step-change in our understanding of Late Cretaceous calcareous nannofossil evolution in the South Atlantic Ocean. Due to poor recovery at some of the older sites, we envisage that future drilling in the South Atlantic will be able to build upon our findings and further constrain these zonations and paleoceanographic interpretations.

Supplementary data to this article can be found online at <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.04.010>.

Acknowledgments

The authors thank the staff of itt Fossil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Karlos G. D. Kochhann is thanked for early reviews and suggestions, and Christian Linnert and an anonymous reviewer are thanked for the critical revision of this manuscript. This study constitutes part of the Ph.D. thesis of Rodrigo M. Guerra at Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo – Brazil, partially supported by Padre Milton Valente scholarship. Rodrigo M. Guerra thanks Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CAPES – Proc. BEX 10863/14-1) for supporting an internship at Florida State University (FSU). This paper is contribution number R-178 of Instituto de Estudios Andinos “Don Pablo Groeber” (IDEAN-CONICET). This work was partially supported by grant ANPCYT, PICTO-DNA 2010-00112.

References

- Antunes, R.L., 1987. Bioestratigrafia dos nanofósseis calcários Meso e Neocretáceo da porção emersa da Bacia do Espírito Santos. Bol. Geociênc. Petrobras 1 (1), 2–11.
- Antunes, R.L., 1998. Nanofósseis calcários e sua bioestratigrafia no Cretáceo da Margem Continental Brasileira - Bacias do Ceará e Potiguar (Ph.D. thesis) Universidade Federal do Rio de Janeiro (193 pp.).
- Barrera, E., Savin, S.M., 1999. Evolution of late Campanian–Maastrichtian marine climates and oceans. In: Barrera, E., Johnson, C.C. (Eds.), Evolution of the Cretaceous Ocean System. Geological Society of America, Special Paper Vol. 332, pp. 245–282.
- Bown, P.R., Young, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R. (Ed.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy British Micropalaeontological Society Series. Chapman and Hall/Kluwer Academic Publishers, London, pp. 16–28.
- Bown, P.R., Burnett, J.A., Gallagher, L.T., 1991. Critical events in the evolutionary history of calcareous nannoplankton. Hist. Biol. 5, 279–290.
- Burnett, J.A., Gallagher, L.T., Hampton, M.J., 1998. Upper Cretaceous. In: Bown, P.R. (Ed.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropalaeontological Society Series, London, pp. 132–199.

- Campbell, R.J., Howe, R.W., Rexilius, J.P., 2004. Middle Campanian–lowermost Maastrichtian nanofossil and foraminiferal biostratigraphy of the northwestern Australian margin. *Cretac. Res.* 25, 827–864.
- Clarke, L.J., Jenkyns, H.C., 1999. New oxygen isotope evidence for long-term Cretaceous climatic change in the Southern Hemisphere. *Geology* 27 (8), 699–702.
- Concheyro, A., 2004. Mesozoic calcareous nanofossils from Larsen Basin, Southern Antarctic Peninsula. Geosur International Symposium, Buenos Aires. Extended Abstracts, pp. 255–257.
- Concheyro, A., Olivera, A., Santillana, S., Marensi, S., Rinaldi, C., 1991. Nanofósiles calcáreos del Cretácico Superior de Isla Marambio, Antártida. Congreso Geológico Chileno. Resúmenes Expandidos, pp. 825–828.
- Concheyro, A., Robles Hurtado, G.M., Olivero, E.B., 1994. Micropaleontología del Nunatak Sanctuary Cliffs, Isla Snow Hill y de Cabo Hamilton, Isla James Ross, Antártida. Terceras Jornadas de Comunicaciones sobre investigaciones Antárticas, Buenos Aires. Resúmenes, pp. 17–23.
- Crux, J.A., 1991. Calcareous nanofossils recovered by Leg 114 in the Subantarctic South Atlantic Ocean. In: Ciesielski, P.F., Kristoffersen, Y., et al. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results Vol. 114, pp. 155–177.
- Erba, E., 1992. Middle Cretaceous calcareous nanofossils from the western Pacific (LEG 129): evidence for paleoequatorial crossings. In: Larson, R.L., Lancelot, Y., et al. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results Vol. 129, pp. 189–201.
- Erba, E., 2004. Calcareous nanofossils and Mesozoic oceanic anoxic events. *Mar. Micropaleontol.* 52, 85–106.
- Erbacher, J., Mosher, D.C., Malone, M.J., Berti, D., Bice, K.L., Bostock, H., Brumsack, H.-J., Danelian, T., Forster, A., Glatz, C., Heidersdorf, F., Henderiks, J., Janecek, T.R., Junium, C., Le Calonnec, L., MacLeod, K., Meyers, P.A., Mutterlose, H.J., Nishi, H., Norris, R.D., Ogg, J.G., O'Regan, A.M., Rea, B., Sexton, P., Sturt, H., Suganuma, Y., Thurov, J.W., Wilson, P.A., Wise, S.W., 2004. Site 1258. In: Erbacher, J., Mosher, D.C., Malone, M.J., et al. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program. Initial Reports vol. 207 (117 pp.).
- Forster, A., Schouten, S., Baas, M., Damsté, J.S.S., 2007. Mid-Cretaceous (Albian-Santonian) sea surface temperature record of the tropical Atlantic Ocean. *Geology* 35, 919–922.
- Freitas, L.C.S., 1984. Nanofósiles calcários e sua distribuição (Aptiano-Mioceno) na Bacia Sergipe-Alagoas (Master dissertation) Universidade Federal do Rio de Janeiro (247 pp.).
- Friedrich, O., Herrle, J.O., Wilson, P.A., Cooper, M.J., Erbacher, J., Hemleben, C., 2009. The early Maastrichtian carbon cycle perturbation and cooling event: implications from the South Atlantic Ocean. *Paleoceanography* 24, PA2211. <http://dx.doi.org/10.1029/2008PA001654>.
- Friedrich, O., Norris, R.D., Erbacher, J., 2012. Evolution of middle to Late Cretaceous oceans – a 55 my. record of Earth's temperature and carbon cycle. *Geology* 40, 107–110.
- Gardin, S., Galbrun, B., Thibault, N., Coccioni, R., Premoli-Silva, I., 2012. Bio-magnetostratigraphy for the upper Campanian–Maastrichtian from the Gubbio area, Italy: new results from the Contessa Highway and Bottaccione sections. *Newsl. Stratigr.* 45 (1), 75–103.
- Gomide, J., 1989. Bacia de Pelotas: Biocronoestratigrafia baseada em nanofósiles calcários. Congresso brasileiro de Paleontologia Vol. 11. SBP, Anais, Curitiba, pp. 338–351.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D., Ogg, G.M., 2012. The Geologic Time Scale 2012. Elsevier, Amsterdam (2 vols.).
- Guerra, R.M., Tokutake, L.R., Fauth, G., 2010. Upper Campanian calcareous nanofossils from a core of well 2-RSS-1, Pelotas Basin, Brazil. *Rev. Bras. Paleontol.* 13 (3), 181–188.
- Guerra, R.M., Concheyro, A., Lees, J., Fauth, G., Carvalho, M.A., Ramos, R.R.C., 2015. Calcareous nanofossils from the Santa Marta Formation (Upper Cretaceous), northern James Ross Island, Antarctic Peninsula. *Cretac. Res.* 56, 550–562.
- Guerra, R.M., Tokutake, L.R., Fauth, G., 2012. Cretaceous calcareous nanofossils from Pelotas Basin, Brazil: biostratigraphic and paleoecological inferences. *J. S. Am. Earth Sci.* 36, 55–71.
- Hailwood, E.A., Clement, B.M., 1991. Magnetostratigraphy of Sites 699 and 700, East Georgia Basin. In: Ciesielski, P.F., Kristoffersen, Y., et al. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results Vol. 114, pp. 337–358.
- Hamilton, N., 1990. Mesozoic magnetostratigraphy of Maud Rise, Antarctica. In: Barker, P.F., Kennett, J.P., et al. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results Vol. 113, pp. 255–260.
- Hardas, P., Mutterlose, J., Friedrich, O., Erbacher, J., 2012. The Middle Cenomanian Event in the equatorial Atlantic: the calcareous nanofossil and benthic foraminiferal response. *Mar. Micropaleontol.* 96–97, 66–74.
- Howe, R.W., Campbell, R.J., Rexilius, J.P., 2003. Integrated uppermost Campanian–Maastrichtian calcareous nanofossil and foraminiferal biostratigraphic zonation of the northwestern margin of Australia. *J. Micropaleontol.* 22, 29–62.
- Huber, B.T., Watkins, D.K., 1992. Biogeography of Campanian–Maastrichtian calcareous plankton in the region of the Southern Ocean: paleogeographic and paleoclimatic implications. *Am. Geophys. Union, Antarctic Research Series* 56, 31–60.
- Huber, B.T., Hodell, D.A., Hamilton, C.P., 1995. Middle–Late Cretaceous climate of the southern high latitudes: stable isotopic evidence for minimal equator-to-pole thermal gradients. *Bull. Geol. Soc. Am.* 107, 1164–1191.
- Huber, B.T., Norris, R.D., MacLeod, K.G., 2002. Deep-sea paleotemperature record of extreme warmth during the Cretaceous. *Geology* 30 (2), 123–126.
- Jenkyns, H.C., Gale, A.S., Corfield, R.M., 1994. Carbon- and oxygen-isotope stratigraphy of the English Chalk and Italian Scaglia and its palaeoclimatic significance. *Geol. Mag.* 131, 1–34.
- Keating, B.H., Herrero-Bervera, E., 1985. Magnetostratigraphy of Cretaceous and Early Cenozoic sediments of Deep Sea Drilling Project Site 530, Angola Basin. In: Hay, W.W., Sibuet, J.C., et al. (Eds.), Initial Reports of the DSDP Vol. 75, pp. 1211–1218.
- Lees, J.A., 2002. Calcareous nanofossil biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean. *Cretac. Res.* 23, 537–634.
- Lees, J.A., Bown, P.R., 2005. Upper Cretaceous calcareous nanofossil biostratigraphy, ODP Leg 198 (Shatsky Rise, Northwest Pacific Ocean). In: Bralower, T.J., Premoli-Silva, I., Malone, M.J. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results Vol. 198, pp. 1–60.
- Lees, J.A., Bown, P.R., Mattioli, E., 2005. Problem with proxies? Cautionary tales of calcareous nanofossil paleoenvironmental indicators. *Micropaleontology* 51 (4), 333–343.
- Li, L., Keller, G., 1998. Abrupt deep-sea warming at the end of the Cretaceous. *Geology* 26, 995–998.
- Linnert, C., Mutterlose, J., 2015. Boreal early Turonian calcareous nanofossils from near-shore settings – implications for Paleocology. *PALAIOS* 30, 728–742.
- Linnert, C., Robinson, S.A., Lees, J.A., Bown, P.R., Pérez-Rodríguez, I., Petrizzo, M.R., Falzoni, F., Littler, K., Arz, J.A., Russell, E.E., 2014. Evidence for global cooling in the Late Cretaceous. *Nat. Commun.* 5 (4194), 1–7.
- Manivit, H., 1984. Paleogene and Upper Cretaceous calcareous nanofossils from Deep Sea Drilling Project Leg 74. In: Moore, T.C., Rabinowitz, P.D., et al. (Eds.), Initial Reports of the DSDP Vol. 74, pp. 475–499.
- Manivit, H., 1989. Calcareous nanofossil biostratigraphy of Leg 108 sediments. In: Ruddiman, W., Sarnthein, M., et al. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results Vol. 108, pp. 35–69.
- Manivit, H., Feinberg, H., 1984. Correlation of magnetostratigraphy and nanofossil biostratigraphy in Upper Cretaceous and Lower Paleocene sediments of the Walvis Ridge area. In: Moore, T.C., Rabinowitz, P.D., et al. (Eds.), Initial Reports of the DSDP Vol. 74, pp. 469–474.
- Mutterlose, J., Bornemann, A., Herrle, J.O., 2005. Mesozoic calcareous nanofossils – state of the art. *Paläontol. Z.* 79, 113–133.
- Nifuku, K., Kodama, K., Shigeta, Y., Naruse, H., 2008. Faunal turnover at the end of the Cretaceous in the North Pacific region: implications from combined magnetostratigraphy and biostratigraphy of the Maastrichtian Senpohshi Formation in the eastern Hokkaido Island, northern Japan. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 271, 84–95.
- Oliveira, L.C.V., 1997. Arcabouço estratigráfico Albo-Maastrichtiano da Bacia de Campos: um estudo com base em nanofósiles calcários e suas correlações com marcos elétricos e a estratigrafia química (Master dissertation) Universidade Federal do Rio Grande do Sul (180 pp.).
- Oliveira, L.C.V., Costa, S.O., 1997. Proposal of new biostratigraphic units based on calcareous nanofossils for the Maastrichtian of the Santos Basin (Brazil). *An. Acad. Bras. Cienc.* 69 (1), 37–58.
- Perch-Nielsen, K., 1977. Albian to Pleistocene calcareous nanofossils from the Western South Atlantic, DSDP Leg 39. In: Supko, P.R., Perch-Nielsen, K., et al. (Eds.), Initial Reports of the DSDP Vol. 39, pp. 699–823.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic calcareous nanofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy* Vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 329–426.
- Pérez-Rodríguez, I., Lees, J.A., Larrasoáña, J.C., Arz, J.A., Arenillas, I., 2012. Planktonic foraminiferal and calcareous nanofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy of the uppermost Campanian and Maastrichtian at Zumaia, northern Spain. *Cretac. Res.* 37, 100–126.
- Pospichal, J.J., Wise, S.W., 1990. Maastrichtian calcareous nanofossil biostratigraphy of Maud Rise, ODP Leg 113 Sites 689 and 690, Weddell Sea. In: Barker, P.F., Kennett, J.P., et al. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results Vol. 113, pp. 465–487.
- Roth, P.H., 1983. Jurassic and Lower Cretaceous calcareous nanofossils in the Western North Atlantic (Site 534): biostratigraphy, preservation, and some observations on biogeography and paleoceanography. In: Sheridan, R.E., Gradstein, F.M., et al. (Eds.), Initial Reports of the DSDP Vol. 76, pp. 587–621.
- Roth, P.H., Krumbach, K.R., 1986. Middle Cretaceous calcareous nanofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian Oceans: implications for paleoceanography. *Mar. Micropaleontol.* 10, 235–266.
- Roth, P.H., Thierstein, H., 1972. Calcareous nannoplankton: Leg 14 of the Deep Sea Drilling Project. In: Hayes, D.E., Pimm, A.C., et al. (Eds.), Initial Reports of the DSDP Vol. 14, pp. 421–485.
- Scotese, C.R., 2014. Atlas of Late Cretaceous Maps. PALEOMAP Atlas for ArcGIS, Volume 2, the Cretaceous, Maps 16–22, Mollweide Projection. PALEOMAP Project, Evanston, IL.
- Self-Trail, J.M., 2001. Biostratigraphic subdivision and correlation of upper Maastrichtian sediments from the Atlantic Coastal Plain and Blake Nose, western Atlantic. In: Kroon, D., Norris, R.D., Klaus, A. (Eds.), *Western North Atlantic Paleogene and Cretaceous Palaeoceanography*. Geological Society, London, Special Publications Vol. 183, pp. 93–110.
- Shafik, S., 1990. Late Cretaceous nanofossil biostratigraphy and biogeography of the Australian western margin. *Bur. Mineral. Resour. Geol. Geophys. Rep.* 295, 1–164.
- Sheldon, E., 2008. Upper Campanian–Maastrichtian calcareous nanofossil biostratigraphy of the Stevns-1 borehole, Denmark. *J. Nannoplankton Res.* 30 (1), 39–49.
- Sheldon, E., Ineson, J., Bown, P.R., 2010. Late Maastrichtian warming in the Boreal Realm: Calcareous nanofossil evidence from Denmark. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 295, 55–75.
- Stradner, H., Steinmetz, J., 1984. Cretaceous calcareous nanofossils from the Angola Basin, Deep Sea Drilling Project Site 530. In: Hay, W.W., Sibuet, J.-C., et al. (Eds.), Initial Reports of the DSDP Vol. 75, pp. 565–649.
- Švábenická, L., Vodrážka, R., Nývlt, D., 2012. Calcareous nanofossils from the Upper Cretaceous of northern James Ross Island, Antarctica: a pilot study. *Geol. Q.* 56 (4), 765–772.
- Tantawy, A.A.A.M., 2003. Calcareous nanofossil biostratigraphy and paleoecology of the Cretaceous–Tertiary transition in the central eastern desert of Egypt. *Mar. Micropaleontol.* 47, 323–356.

- Thibault, N., Gardin, S., 2006. Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoecology in the Equatorial Atlantic (Demerara Rise, ODP Leg 207 Hole 1258A). *Rev. Micropaleontol.* 49, 199–214.
- Thibault, N., Gardin, S., 2007. The Late Maastrichtian nannofossil record of climate change in the South Atlantic DSDP Hole 525 A. *Mar. Micropaleontol.* 65, 163–184.
- Thibault, N., Husson, D., 2016. Climatic fluctuations and sea surface water circulation patterns at the end of the Cretaceous era: calcareous nannofossil evidence. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 441 (1), 152–164.
- Thibault, N., Gardin, S., Galbrun, B., 2010. Latitudinal migration of calcareous nannofossil *Micula murus* in the Maastrichtian: implications for global climate change. *Geology* 38 (3), 203–206.
- Thibault, N., Husson, D., Harlou, R., Gardin, S., Galbrun, B., Huret, E., Minoletti, F., 2012. Astronomical calibration of upper Campanian–Maastrichtian carbon isotope events and calcareous plankton biostratigraphy in the Indian Ocean (ODP Hole 762C): implication for the age of the Campanian–Maastrichtian boundary. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 337–338, 52–71.
- Thierstein, H.R., 1981. Late Cretaceous nannoplankton and the change at the Cretaceous–Tertiary boundary. *SEPM Spec. Publ.* 32, 355–394.
- Troelsen, J.C., Quadros, L.P., 1971. Distribuição bioestratigráfica dos nanofósseis em sedimentos marinhos (Aptiano-Mioceno) do Brasil. *An. Acad. Bras. Geociênc.* 43 (suplemento), 577–609.
- Watkins, D.K., 1989. Nannoplankton productivity fluctuations and rhythmically bedded pelagic carbonates of the Greenhorn Limestone (Upper Cretaceous). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 74, 75–86.
- Watkins, D.K., Self-Trail, J.M., 2005. Calcareous nannofossil evidence for the existence of the Gulf Stream during the Maastrichtian. *Paleoceanography* 20, PA3006. <http://dx.doi.org/10.1029/2004PA001121>.
- Watkins, D.K., Wise, S.W., Pospichal, J.J., Crux, J., 1996. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Mogueilevsky, A., Whatley, R. (Eds.), *Microfossils and Oceanic Environments*. University of Wales, Aberystwyth Press, pp. 355–381.
- Wind, F.H., 1979. Maastrichtian–Campanian nannofloral provinces of the southern Atlantic and Indian oceans. In: Talwani, M., Hay, W., Ryan, W.B.F. (Eds.), *Deep Sea Drilling Results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment*, pp. 123–137.
- Wind, F.H., Wise, S.W., 1983. Correlation of Upper Campanian–Lower Maastrichtian calcareous nannofossil assemblages in drill and piston cores from the Falkland Plateau, Southwest Atlantic Ocean. In: Ludwig, W.J., Krashennikov, V.A., et al. (Eds.), *Initial Reports of the DSDP Vol. 71*, pp. 551–563.
- Winter, A., Jordan, R., Roth, P.H., 1994. Biogeography of living coccolithophores in ocean waters. In: Winter, A., Siesser, W.G. (Eds.), *Coccolithophores*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 161–177.
- Wise, S.W., 1983. Mesozoic and Cenozoic calcareous nannofossils recovered by Deep Sea Drilling Project Leg 71 in the Falkland Plateau Region, Southwest Atlantic Ocean. In: Ludwig, W.J., Krashennikov, V.A., et al. (Eds.), *Initial Reports of the DSDP Vol. 71*, pp. 481–550.
- Wise, S.W., 1988. Mesozoic–Cenozoic history of calcareous nannofossils in the region of the Southern Ocean. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 67, 157–179.
- Wise, S.W., Wind, F.H., 1977. Mesozoic and Cenozoic calcareous nannofossils recovered by DSDP Leg 36 Drilling on the Falkland Plateau, Southwest Atlantic Sector of the Southern Ocean. In: Barker, P.F., Dalziel, I.W.D., et al. (Eds.), *Initial Reports of the DSDP Vol. 36*, pp. 269–491.
- Young, J.R., Bown, P.R., Lees, J.A., (Eds.) Nannotax3 Website. International Nannoplankton Association. (URL: <http://ina.tmsoc.org/Nannotax3>).
- Ziveri, P., Baumann, K.-H., Bökel, B., Bollmann, J., Young, J.R., 2004. Biogeography of selected Holocene coccoliths in the Atlantic Ocean. In: H.R., Thierstein, Young, J.R. (Eds.), *Coccolithophores: From Molecular Process to Global Impact*. Springer Verlag, Berlin, Germany, pp. 403–428.

3.4. Late Campanian-Maastrichtian *Kamptnerius magnificus* acme in the South Atlantic section of the Southern Ocean, ODP Holes 690C and 700B

Autores

Rodrigo M. Guerra¹, Andrea Concheyro², Sherwood W. Wise Jr³, and Gerson Fauth¹

¹ Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (itt Fossil), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brazil. Email: *rmguerra@unisinobr*; *gersonf@unisinobr*

² Laboratorio de Bioestratigrafía de Alta Resolución, IDEAN-CONICET, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Email: *andrea@gl.fcen.uba.ar*

³ Department of Geological Sciences, Florida State University, USA. Email: *swise@fsu.edu*

Periódico

Artigo aceito pelo periódico *Micropaleontology* (Qualis CAPES B1).

OBS: O texto está formatado de acordo com as normas do periódico.

Late Campanian-Maastrichtian *Kamptnerius magnificus* acme in the South Atlantic section of the Southern Ocean, ODP Holes 690C and 700B

Rodrigo M. Guerra¹, Andrea Concheyro², Sherwood W. Wise Jr³, and Gerson Fauth¹

¹ Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (itt Fossil), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brazil. Email: rmguerra@unisinis.br; gersonf@unisinis.br

² Laboratorio de Bioestratigrafía de Alta Resolución, IDEAN-CONICET, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Email: andrea@gl.fcen.uba.ar

³ Department of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences, Florida State University, USA. Email: swise@fsu.edu

ABSTRACT

Coccolithophores are organisms with distribution largely controlled by temperature and availability of nutrients. For extinct calcareous nannofossils there are some uncertainties in assigning ecological preferences of taxa, however sometimes species occurrences exhibits striking high abundances showing clear preferences for certain environment, the so-called acme events. During quantitative analyses on samples from the South Atlantic section of the Southern Ocean (Holes 690C and 700B) a notable *Kamptnerius magnificus* acme was documented. This is the first time that such bioevent is described for the South Atlantic Ocean. Preliminary analysis indicates that this event probably is related to the cooling in sea-surface temperatures during the Late Campanian-Maastrichtian.

Keywords: Calcareous nannofossils; Southern Ocean; Campanian-Maastrichtian; Paleoecology; Paleoceanography.

INTRODUCTION

Calcareous nannofossil intervals characterized by sudden increases in the occurrences of *Kamptnerius magnificus* were observed in two ODP holes (690C and 700B) in the South Atlantic section of the Southern Ocean. In their original reports on these austral high-latitudes, Pospichal and Wise (1990) for Hole 690C, and Crux (1991) for Hole 700B, showed abundant occurrences of *Kamptnerius magnificus*, but did not point out the striking increase in abundance and the possibility to be considered as an acme zone. However, there is another report of a similar acme pattern described by Thibault et al (2015) in a Upper Campanian-Maastrichtian section of Denmark.

The purpose of this study is to consider and describe for the first time this acme of *Kamptnerius magnificus* in the austral high-latitudes and to suggest its importance for biostratigraphy and paleoceanography.

MATERIAL AND METHODS

Holes 690C and 700B were drilled by Ocean Drilling Program (ODP) in 1987 in the South Atlantic section of the Southern Ocean (Figure 1). Twenty-five samples were taken from the Upper Campanian-Maastrichtian section at Hole 690C composed of foraminifer-bearing muddy nannofossil chalk, muddy nannofossil chalk, calcareous claystone, clayed chalk, and muddy chalk. At Hole 700B 18 samples were taken from micritic limestone, clay-bearing micritic limestone, and limestone.

One sample was taken per section, corresponding to a sampling resolution of ~1.5 meters. The total of 43 samples were prepared following the standard smear-slide technique described in Bown and Young (1998).

A quantitative study was performed using a Zeiss Axio Imager A2 microscope at 1000x magnification. At least 300 specimens were counted per sample, followed by the scanning of three more longitudinal traverses (~300 fields of view) for rare taxa missing

in the initial counts, indicated in our range charts by “X”. Sometimes, important markers were identified after the counting, denoting species present but do not represent only one specimen.

Figure 1: Location map of sites selected for this study.

RESULTS

The biostratigraphic analysis at Holes 690C and 700B showed a significant increase in *Kamptnerius magnificus* abundances starting between the Late Campanian and Early Maastrichtian stages. Most of the specimens identified are large to very large in size and have a small flange (Plate 1, Figures A-B, F-J). Also some specimens are broken (Plate 1, Figures H-I), and just a few specimens with medium to large flanges were identified (Plate 1, Figures C-E).

At Hole 690C the acme interval of this species is located between Samples 18-5 and 17-3 (277.80 to 265.54 mbsf), corresponding to ~12.26 m, while at Hole 700B this interval occurs between Samples 40-5 and 37-2 (361.21 to 332.94 mbsf) measuring ~28.27 m.

The range-charts with the species distribution along both sections are presented in Figures 2 and 3. Some species were grouped into higher taxonomic levels, such as *Ahmuellerella* spp., *Arkhangelskiella* spp., *Biscutum* spp., *Cervisiella* spp., *Chiastozygus* spp., *Cribrosphaerella* spp., *Cylindralithus* spp., *Eiffellithus* spp., *Gartnerago* spp., *Helicolithus* spp., *Lapideacassis* spp., *Micula* spp., *Prediscosphaera* spp., *Retecapsa* spp., *Staurolithites* spp., *Watznaueria* spp., *Zeugrhabdotus* spp. The biostratigraphic framework for the two holes has been taken from Guerra et al. (2016).

Plate 1: A-B) Hole 690C Sample 18-4 (276.62 mbsf); C-D) Hole 690C Sample 18-1 (272.18 mbsf); E) Hole 690C Sample 17-3 (265.54 mbsf); F-G) Hole 700B Sample 40-1 (355.20 mbsf); H-I) Hole 700B Sample 40-2 (340.70 mbsf); J) Hole 700B Sample 40-4 (332.94 mbsf).

Figure 2: Range-chart showing calcareous nannofossil distribution and biostratigraphical interpretation for Hole 690C.

Figure 3: Range-chart showing calcareous nannofossil distribution and biostratigraphical interpretation for Hole 700B.

In Figures 4 and 5 the percentages of the most abundant species were plotted against chronostratigraphy, age, lithology and oxygen isotope values (when available). At Hole 690C *K. magnificus* shows a percentage ranging from 6-30% before/after the acme interval and increases to 33-52% during the acme interval (Figure 4), whereas at Hole 700B the percentage before/after the acme ranges between 12-21% and during the acme a striking 31-92% (Figure 5).

Figure 4: Abundance of selected species at Hole 690C are reported against chronostratigraphy, age, lithology and oxygen isotope values.

Figure 5: Abundance of selected species at Hole 700B are reported against chronostratigraphy, age and lithology.

DISCUSSION

A significant increase in abundance of some species has been used as biostratigraphic and paleoceanographic markers. According to Lees (2002), since the first occurrences and last occurrences of the stratigraphically useful, widely-correlatable Upper Cretaceous nanofossil taxa are now fairly well constrained, the next generation of improvements is likely to depend more on identifying widely-correlatable abundances of certain taxa.

Despite its wide global distribution, the occurrences of *Kamptnerius magnificus* have been associated to cool water temperatures (Thierstein 1976, 1981; Gardin and Monechi 1998; Gardin 2002; Lees 2002; Thibault and Gardin 2006, 2007; Thibault et al. 2010; Sheldon et al. 2010; Linnert et al. 2011; Thibault et al. 2015; Thibault and Husson, 2016), mainly because of its preference for high-latitudes.

Thibault et al. (2015) was the first study to report a *Kamptnerius magnificus* acme interval similar to the one described herein. The authors analyzed an Upper Campanian-Maastrichtian section from Denmark and reported two possible acmes of *K. magnificus*, interpreted as cooling of sea-surface temperatures (SST). At Hole 690C the beginning of the increase in *K. magnificus* coincides with the same level where the $\delta^{18}\text{O}$ suddenly increases (close to sample 18-5, see Figure 4), a pattern that probably indicates cooling of the SST. As well as Thibault et al. (2015) some previous studies used sudden small increases in *K. magnificus* abundances (and other high-latitude taxa) to characterize intervals of cooling (Thibault and Gardin, 2006; 2007; Sheldon et al., 2010).

The biostratigraphic value of this acme was not proven in the South Atlantic section of the Southern Ocean, because this bioevent seems to be somewhat diachronous between the two holes analyzed in this study. At Hole 690C the increase in abundances of *K. magnificus* starts in the middle part of Chron C31r (Early

Maastrichtian), while at Hole 700B this phenomenon starts in the middle part/top of Chron C32n (Late Campanian/Early Maastrichtian) (see Figures 4 and 5).

CONCLUSION

This study documents for the first time the presence of an *Kamptnerius magnificus* acme in the South Atlantic section of the Southern Ocean. The increase in abundance of this specie is attributed to cooling in sea-surface temperature during the Late Campanian-Maastrichtian in the high-latitudes. This description is the first step in the record of this sort of bioevent. We intend to make new C¹³ and O¹⁸ isotope analyses for each site, as well as different trace-elements analyses to better understand the main factors that lead to these notable acme events.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thanks the staff of Itt Fossil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). David K. Watkins is thanked for the critical revision of this manuscript. This study constitutes part of the Ph.D. thesis of the first author at Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo - Brazil, partially supported by Padre Milton Valente scholarship. Rodrigo M. Guerra thanks Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CAPES - Proc. BEX 10863/14-1) by the supporting to a internship at Florida State University (FSU). This paper is the contribution number R-180 of Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber" (IDEAN-CONICET). This work was partially supported by grant ANPCYT, PICTO-DNA 2010-00112.

REFERENCES

- BOWN, P.R., and YOUNG, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Series. Chapman and Hall/Kluwer Academic Publishers, London, pp. 16-28.
- CRUX, J.A., 1991. Calcareous nannofossils recovered by Leg 114 in the Subantarctic South Atlantic Ocean. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 114: 155-177.
- GARDIN, S., 2002. Late Maastrichtian to early Danian calcareous nannofossils at Elles (Northwest Tunisia): A tale of one million years across the K/T boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 178(3-4): 211-231.
- GARDIN, S., and MONECHI, S., 1998. Paleoecological change in middle to low-latitude calcareous nannoplankton at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 169(5): 709-723.
- GUERRA, R.M., CONCHEYRO, A., WISE JR, S.W., KENDER, S., and FAUTH, G., 2016. New latitude-based nannofossil zonations for the Campanian-Maastrichtian of the South Atlantic Ocean and its paleoceanographic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 452: 55-67.
- LEES, J.A., 2002. Calcareous nannofossil biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean. *Cretaceous Research*, 23: 537-634.
- LINNERT, C., MUTTERLOSE, J., and HERRLE, J.O., 2011. Late Cretaceous (Cenomanian-Maastrichtian) calcareous nannofossils from Goban Spur (DSDP Sites 549, 551): Implications for the palaeoceanography of the proto North Atlantic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299: 507-528.

- POSPICHAL, J.J., and WISE, S.W., 1990. Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy of Maud Rise, ODP Leg 113 Sites 689 and 690, Weddell Sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 113: 465-487.
- SHELDON, E., INESON, J., and BOWN, P.R., 2010. Late Maastrichtian warming in the Boreal Realm: Calcareous nannofossil evidence from Denmark. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 295: 55-75.
- THIBAUT, N., and GARDIN, S., 2006. Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoecology in the Equatorial Atlantic (Demerara Rise, ODP Leg 207 Hole 1258A). *Revue de Micropaleontology*, 49: 199-214.
- THIBAUT, N., and GARDIN, S., 2007. The Late Maastrichtian nannofossil record of climate change in the South Atlantic DSDP Hole 525A. *Marine Micropaleontology*, 65: 163-184.
- THIBAUT, N., and HUSSON, D., 2016. Climatic fluctuations and sea surface water circulation patterns at the end of the Cretaceous era: calcareous nannofossil evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 411(1): 152-164.
- THIBAUT, N., GARDIN, S., and GALBRUN, B., 2010. Latitudinal migration of calcareous nannofossil *Micula murus* in the Maastrichtian: Implications for global climate change. *Geology*, 38(3): 203-206.
- THIBAUT, N., ANDERSKOUV, K., BJERAGER, M., BOLDREEL, L.O., JELBY, M.D., STEMMERICK, L., and SURLYK, F. 2015. Upper Campanian-Maastrichtian chronostratigraphy of the Skaelskor-1 core, Denmark: correlation at the basin and global scale and implications for changes in sea-surface temperatures. *Lethaia*, 48(4): 549-560.
- THIERSTEIN, H.R., 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology* 1: 325-362.

THIERSTEIN, H.R., 1981. Late Cretaceous Nannoplankton and the change at the Cretaceous-Tertiary boundary. *SEPM Special Publication* 32: 355-394.

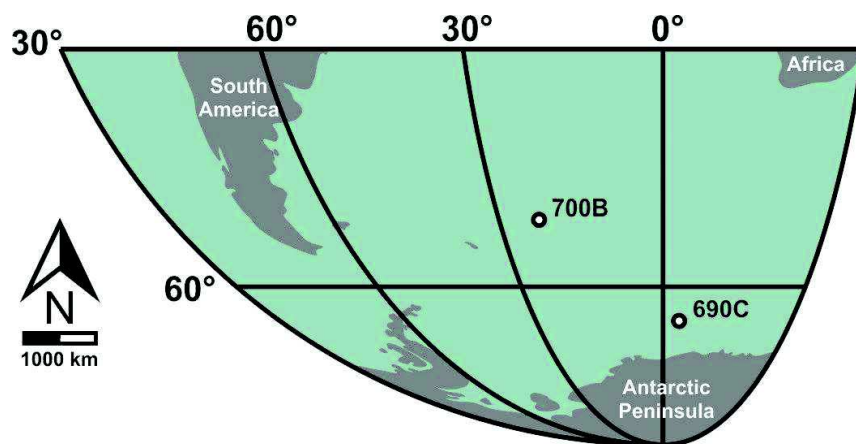


Figure 1 - Location map of sites selected for this study.

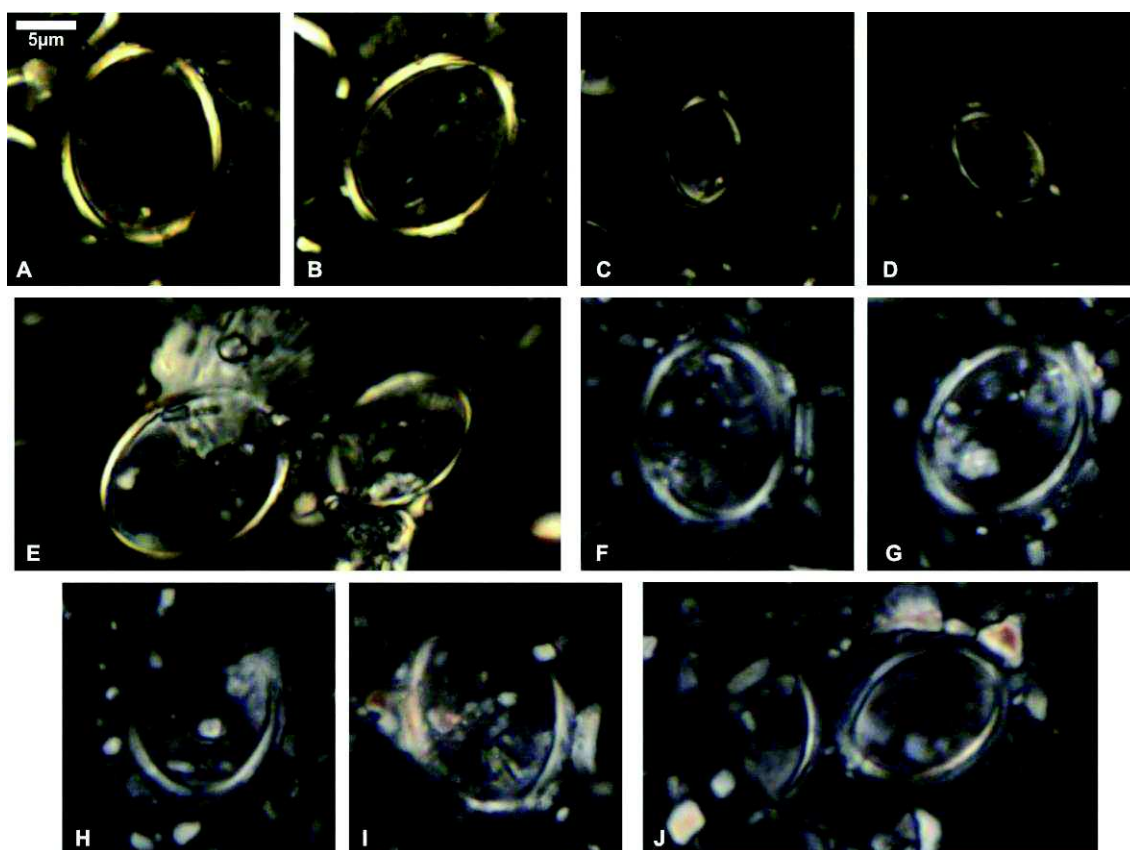


Plate 1: A-B) Hole 690C Sample 18-4 (276.62 mbsf); C-D) Hole 690C Sample 18-1 (272.18 mbsf); E) Hole 690C Sample 17-3 (265.54 mbsf); F-G) Hole 700B Sample 40-1 (355.20 mbsf); H-I) Hole 700B Sample 40-2 (340.70 mbsf); J) Hole 700B Sample 40-4 (332.94 mbsf).

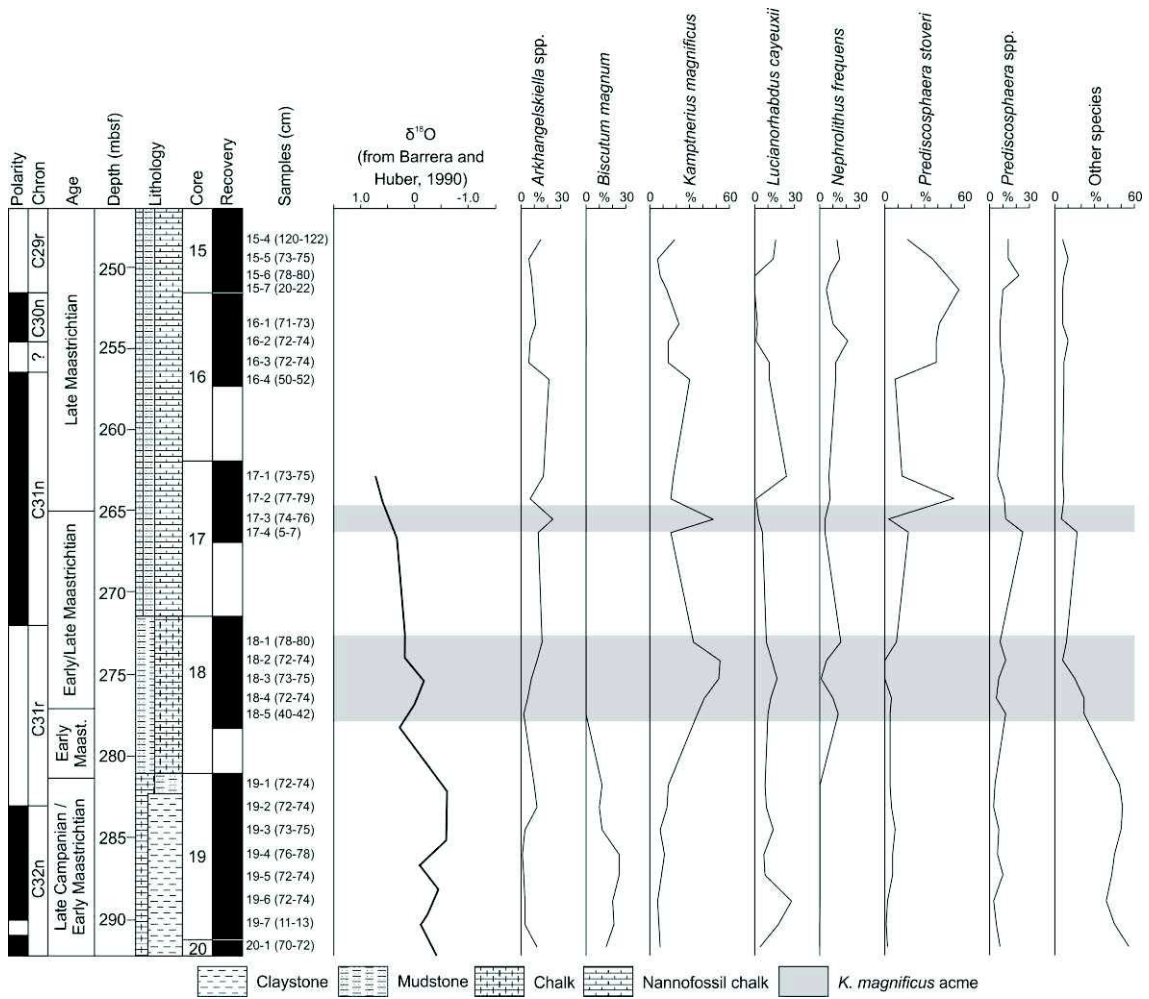


Figure 4: Abundance of selected species at Hole 690C are reported against chronostratigraphy, age, lithology and oxygen isotope values.

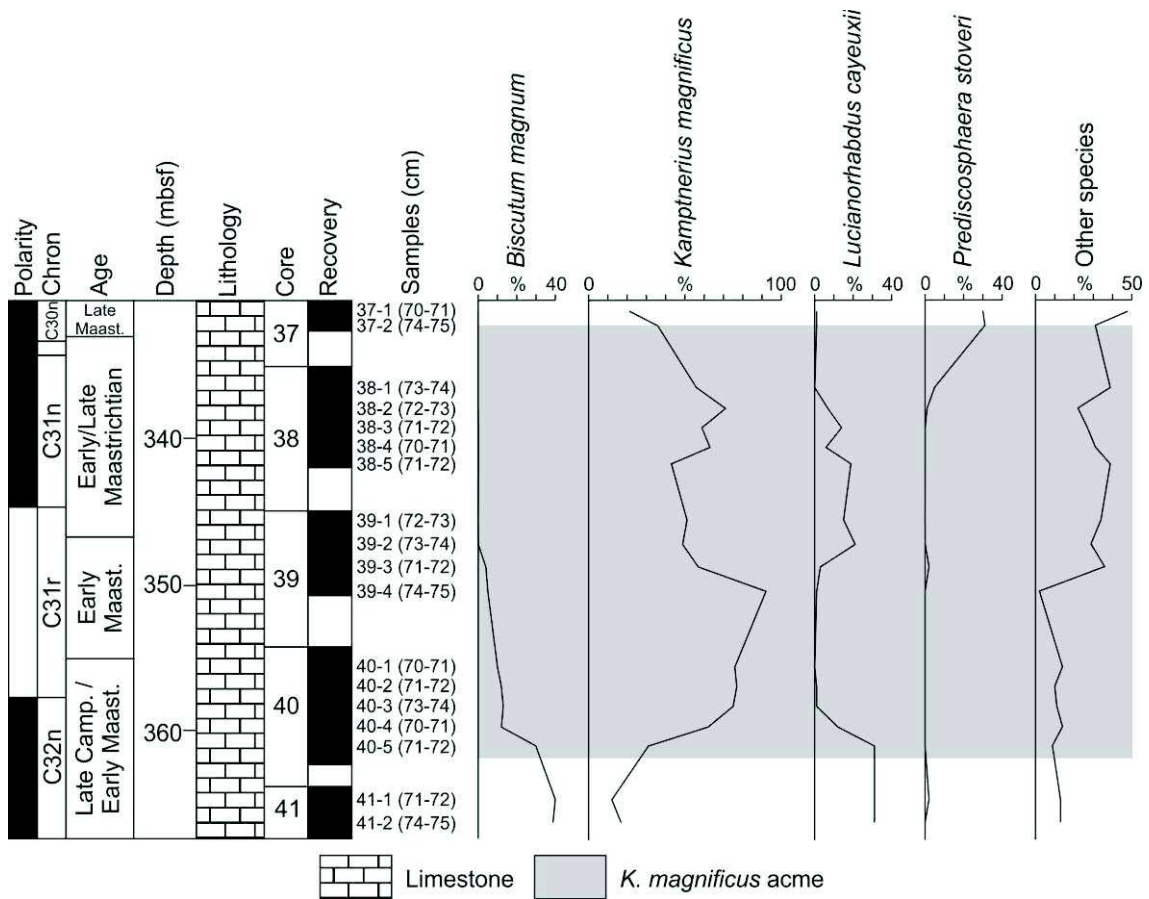


Figure 5: Abundance of selected species at Hole 700B are reported against chronostratigraphy, age and lithology.

4. PALEOBIOGEOGRAFIA DE NANOFÓSSEIS CALCÁRIOS DO ATLÂNTICO SUL DURANTE O CAMPANIANO E MAASTRICHTIANO.

4.1. Introdução

A distribuição dos nanofósseis calcários (vertical e horizontal) nos oceanos é controlada por diversos fatores, como latitude, correntes oceânicas, massas de água, nutrientes, salinidade, temperatura e disponibilidade de luz (Winter *et al.*, 1994). Os estudos referentes ao Cretáceo se baseiam muito nos parâmetros atuais e de floras do Quaternário. Apesar de não haver consenso sobre a divisão das zonas biogeográficas, é clara a afinidade de determinados táxons por paleolatitudes particulares (Lees, 2002).

As informações sobre a paleobiogeografia de nanofósseis calcários do Cretáceo são muito escassas e parecem ter mais progresso no Cretáceo Inferior do que na parte Superior (por exemplo, Roth, 1981; 1983; 1989; Roth & Bowdler, 1981; Roth & Krumbach, 1986; Mutterlose, 1992; Mutterlose & Kessels, 2000; Street & Bown, 2000). Grande parte dos estudos referentes ao Cretáceo Superior está restrita ao extremo sul do Oceano Atlântico e ao Oceano Índico (Wind, 1979; Huber & Watkins, 1992; Watkins *et al.*, 1996; Lees, 2002).

O primeiro estudo a relatar a preferência de certos táxons por determinadas paleolatitudes foi conduzido por Worsley & Martini (1970), que mostraram a distribuição latitudinalmente restrita das espécies *Nephrolithus frequens* e *Micula murus* no Cretáceo Superior. Nos estudos de Thierstein (1976; 1981), apesar de terem cunho basicamente bioestratigráfico, foram inseridos diversos comentários e pequenas listas de táxons com preferências latitudinais. Posteriormente Perch-Nielsen (1979) atualizou as observações feitas por Thierstein (1976) e percebeu que a identificação de táxons restritos a uma província paleobiogeográfica ou outra, parece ser imatura e deve ser tratada com muito cuidado. Lees (2002) observou que a maioria dos táxons indicados por Thierstein (1976) como endêmicos, possui uma distribuição biogeográfica mais ampla do que a indicada pelo autor.

A região conhecida como Oceano Austral foi bastante estudada em termos de paleobiogeografia e bioestratigrafia do Campaniano e Maastrichtiano (Wind, 1979; Huber & Watkins, 1992; Watkins *et al.*, 1996). Esses autores buscaram criar um zoneamento bioestratigráfico para uma área que não possui nenhum dos marcadores

bioestratigráficos conhecidos para as outras regiões, além de produzirem listas de espécies que são restritas a altas latitudes.

Shafik (1990) e Lees (2002) desenvolveram importantes estudos paleobiogeográficos para o Cretáceo Superior do Oceano Índico. O primeiro se baseou na abundância de táxons geograficamente restritos para determinar as zonas paleobiogeográficas austral, extratropical, tropical e possivelmente uma quarta chamada de periaustral. Já Lees (2002) realizou um amplo estudo onde foram individualizadas quatro zonas paleobiogeográficas (subantártica, austral, temperada e tropical) de acordo com a variação na ocorrência de determinados táxons e a natureza endêmica de outros.

Recentemente alguns estudos paleobiogeográficos inferiram mudanças paleoceanográficas para o Maastrichtiano superior baseados na distribuição global da espécie *Micula murus* (Thibault *et al.*, 2010; Thibault & Husson, 2016).

Tendo em vista que estudos paleobiogeográficos são importantes para a obtenção de informações paleoceanográficas, este estudo objetiva preencher uma lacuna no conhecimento dos nanofósseis calcários apresentando a evolução das preferências paleobiogeográficas dos nanofósseis no Campaniano e Maastrichtiano do Atlântico Sul.

4.2. Materiais e Métodos

Os dados gerais referentes as amostras selecionadas para este estudo, além das metodologias aplicadas, podem ser conferidas no Capítulo 2 da tese. Tabelas mostrando as contagens e os resultados bioestratigráficos das seções estudadas estão disponíveis como anexos 1-13. Detalhes sobre as definições das zonas bioestratigráficas provêm de Guerra *et al.* (2016) [Capítulo 3.3 da tese].

4.2.1. Definição dos intervalos de tempo

Para a análise paleobiogeográfica, a seção Campaniano-Maastrichtiano foi dividida em quatro intervalos de tempo baseados em bioeventos síncronos ou compatíveis nas diferentes zonas latitudinais (Figura 2). A forma como os quatro intervalos de tempo foram definidos é descrita a seguir.

Age/Stage Substage		Polarity Age (Ma)	Low-latitude South Atlantic Sites 354, 661A and 1258A	Mid-latitude South Atlantic Sites 356, 525A and 530A	High-latitude South Atlantic Sites 511, 690C and 700B	Intervalos de tempo
Maastrichtian	Late	66.4	C29r	SAM1 → <i>M. prinsii</i>		Intervalo 4
			C30n	SAM2 → <i>C. kampfneri</i>	SAH1	
		68.2	C30r	SAM3 → <i>M. murus</i>		
		68.37	C31n	SAM4 → <i>L. quadratus</i>		
	69.27	C31n	SAL2 → <i>M. prinsii</i>		SAH1 → <i>P. stoveri acme</i>	
Campanian	Early		C31r	SAM5	SAH2	Intervalo 3
			C31r	SAL3 → <i>C. kampfneri</i>		
			C31r	SAL4 → <i>L. quadratus</i>		
	71.45		SAL5 → <i>M. murus</i>	SAH3 → <i>B. magnum</i>		
			SAL5 → <i>R. levis</i>	SAH4 → <i>R. levis</i>		
Campanian	Late		C32n	SAM6 → <i>L. grillii</i>	SAH5 → <i>B. coronum</i>	Intervalo 2
			C32n	SAM6 → <i>U. trifidus</i>	SAH6 → <i>N. corystus</i>	
		C32r	SAM6 → <i>U. sissinghii</i>	SAH6 → <i>E. eximius</i>		
	73.65		SAL6 → <i>B. parca constricta</i>	SAM7 → <i>B. parca constricta</i>		
			SAL6 → <i>U. trifidus</i>	SAM7 → <i>U. trifidus</i>		
	74.31		SAL7	SAM8 → <i>E. eximius</i>		
		C33n	SAM9 → <i>Q. svabenickae</i>	SAM9 → <i>Q. svabenickae</i>		
		C33n	SAM10 → <i>U. sissinghii</i>	SAM10 → <i>U. sissinghii</i>		
Middle				SAM11 → <i>C. aculeus</i>	SAH7	Intervalo 1
				SAM12 → <i>B. parca constricta</i>		
				SAM13 → <i>B. parca parca</i>		
Early			C33r	SAM13 → <i>A. cymbiformis</i>		
		79.9				
		83.64				

Figura 2 - Esquema bioestratigráfico para o Atlântico Sul (proveniente de Guerra *et al.* (2016) [capítulo 3.3 da tese]) mostrando a divisão dos quatro intervalos de tempo durante os resultados paleobiogeográficos.

Intervalo 1 (Campaniano inferior / médio) - em baixas latitudes não há recuperação de amostras para este intervalo de tempo; para médias latitudes compreende o intervalo entre o início do Campaniano (base) e a primeira ocorrência de *Ceratolithoides aculeus* (topo); em altas latitudes a falta de seções recuperando o Campaniano inferior / médio não possibilitou a diferenciação destas idades, por isso o Intervalo 1 engloba todas as amostras que ocorrem abaixo da última ocorrência de *Eiffellithus eximius*, mesmo sabendo que possivelmente grande parte desse material compreenda informações sobre o intervalo 2.

Intervalo 2 (Campaniano médio / superior) - em baixas latitudes corresponde às amostras que ocorrem abaixo da última ocorrência de *Broinsonia parca constricta*; em latitudes médias foi definido como intervalo entre a primeira ocorrência de

Ceratolithoides aculeus (base) e a última ocorrência de *Eiffellithus eximius* (topo); já em altas latitudes, assim como no Intervalo 1, corresponde as amostras abaixo da última ocorrência de *Eiffellithus eximius*.

Intervalo 3 (Campaniano superior / Maastrichtiano inferior) - em baixas latitudes corresponde ao intervalo entre a última ocorrência de *Broinsonia parca constricta* (base) até a primeira ocorrência de *Ceratolithoides kamptneri* (topo); em latitudes médias é definido como intervalo entre a última ocorrência de *Eiffellithus eximius* (base) e a primeira ocorrência de *Lithraphidites quadratus* (topo); enquanto em altas latitudes, corresponde ao intervalo entre a última ocorrência de *Eiffellithus eximius* (base) e o início do acme de *Prediscosphaera stoveri* (topo).

Intervalo 4 (Maastrichtiano superior) - em baixas latitudes compreende o intervalo entre a primeira ocorrência de *Ceratolithoides kamptneri* (base) e o final da amostragem (topo); em médias latitudes é caracterizado pelo intervalo entre as primeiras ocorrências de *Lithraphidites quadratus* (base) e as primeiras ocorrências de espécies do Cenozóico (topo); for fim, em altas latitudes foi individualizado como o intervalo entre o início do acme de *Prediscosphaera stoveri* (base) e o final da amostragem (topo).

4.2.2. Análise estatística

Para cada intervalo de tempo (1-4) a contagem total dos táxons em cada localidade foi somada, formando quatro distintos bancos de dados (um para cada intervalo). Posteriormente, espécies com abundância total inferior a 1% foram excluídas do banco de dados. Análises de agrupamentos foram realizadas com o software PAST – *Paleontological Statistics* (Hammer *et al.*, 2000), em modo R. Utilizou-se o algoritmo de similaridade Bray-Curtis (Hammer & Harper, 2006), por meio de grupos pareados.

4.3. Resultados

A seguir serão discutidas as informações provenientes dos quatro dendogramas gerados pela análise de agrupamentos. Cada dendograma representa um dos intervalos de tempo descritos anteriormente. Os anexos 14-17 mostram tabelas com a quantidade de exemplares de cada espécie para cada intervalo de tempo. Para uma melhor

visualização dos resultados, sugere-se que a leitura desta seção seja acompanhada destas tabelas.

4.3.1. Intervalo 1 - Campaniano inferior - médio (Anexo 13)

Neste intervalo de tempo foram individualizados oito grupos de espécies, do Grupo A ao Grupo H (Figura 3). Lembrando que este intervalo não possui amostragem para baixa latitude.

O Grupo A é composto por *Micula staurophora* e *Watznaueria barnesiae*, espécies que dominam em ambas as zonas latitudinais. Apesar de possuírem grande quantidade de exemplares em altas latitudes, ocorrem com mais frequência em latitudes médias, indicando que provavelmente ambas as espécies tinham preferência por águas mais quentes.

Grupo B é representado por espécies com clara preferência por altas latitudes, tanto *Biscutum coronum* quanto *Lucianorhabdus cayeuxii* são espécies que ocorrem em grande quantidade em altas latitudes durante o Cretáceo Superior (Thierstein, 1976; 1981, Shafik, 1990, Sheldon *et al.*, 2010). Já *Reinhardtites levis*, apesar de ser uma espécie considerada cosmopolita, demonstra preferência (ocorrência em maior número) por latitudes altas, no presente estudo.

Grupos C e E individualizam espécies que ocorreram em maior quantidade em latitudes médias. A diferença na quantidade de exemplares entre médias e altas latitudes não chega a indicar preferência por uma ou outra zona latitudinal. Ambos os grupos foram divididos em dois subgrupos (C1/C2 e E1/E2), sendo que os subgrupos C1 e E2 mostram espécies onde a diferença na quantidade de exemplares entre médias e altas latitudes é maior, enquanto C2 e E1 mostram espécies onde essa diferença em quantidade diminui.

Os Grupos D e F possuem o mesmo padrão dos Grupos C e E, porém a quantidade de exemplares é maior em altas latitudes.

O Grupo G é composto por espécies com evidente preferência por médias latitudes (*Ceratolithoides aculeus*, *Ceratolithoides indiensis*, *Cylindralithus serratus*, *Microrhabdulus decoratus*, *Quadrum svabenickae* e *Uniplanarius gothicus*). Destes cinco gêneros, três possuem ocorrência restrita a médias latitudes (*Ceratolithoides*, *Quadrum* e *Uniplanarius*), indicando que possivelmente estes gêneros não toleram as águas mais frias de altas latitudes.

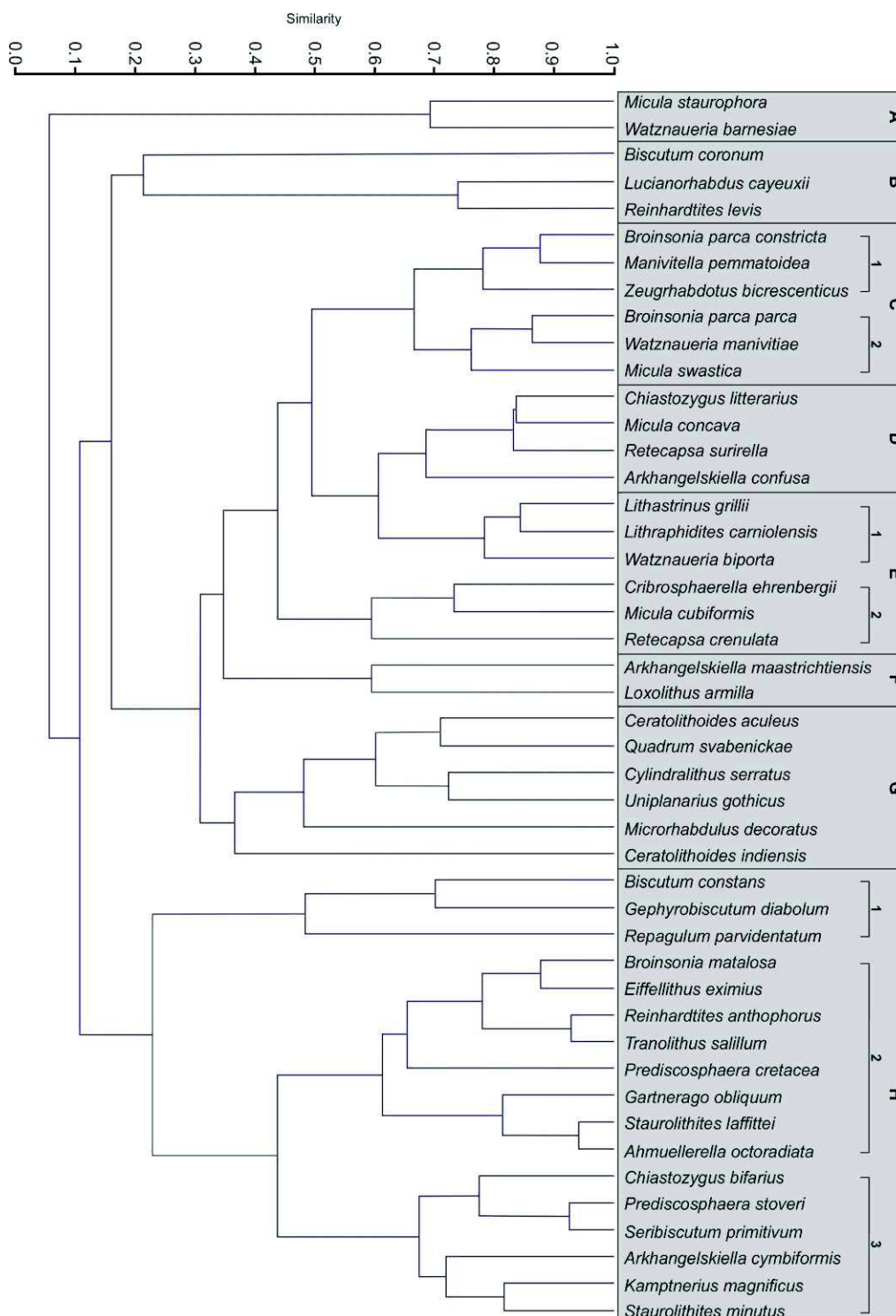


Figura 3 - Dendrograma resultante da análise estatística do Intervalo 1.

Por fim, o Grupo H é composto por espécies com clara preferência por altas latitudes. Este grupo foi dividido em três subgrupos (H1-H3) que diferem em relação à quantidade de exemplares entre altas e médias latitudes, sendo esta diferença decrescente do subgrupo H1 a H3. As espécies que caracterizam este grupo são

Ahmuellerella octoradiata, *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Biscutum constans*, *Broinsonia matalosa*, *Chiastozygus bifarius*, *Eiffellithus eximius*, *Gartnerago obliquum*, *Gephyrobiscutum diabolium*, *Kamptnerius magnificus*, *Prediscosphaera cretacea*, *Prediscosphaera stoveri*, *Reinhardtites anthophorus*, *Repagulum parvidentatum*, *Seribiscutum primitivum*, *Staurolithites laffittei*, *Staurolithites minutus* e *Tranolithus salillum*.

4.3.2. Intervalo 2 - Campaniano médio - superior (Anexo 14)

Neste intervalo de tempo foram individualizados onze grupos de espécies, do Grupo A até o Grupo K (Figura 4).

O Grupo A é composto pela espécie *Uniplanarius trifidus* (raios longos), que foi encontrada em grande quantidade em baixas latitudes, indicando provável preferência por regiões equatoriais.

Assim como no Intervalo 1, o Grupo B é caracterizado pelas espécies *Lucianorhabdus cayeuxii* e *Reinhardtites levis*, ambas indicando preferência por regiões de altas latitudes.

No Grupo C, as espécies ocorrem em quantidade relativamente maior em latitudes médias. É composto tanto por espécies que só ocorrem entre latitudes médias a baixas (*Perchnielsenella stradneri*, *Quadrum gartneri* e *Uniplanarius sissinghii*) quanto por espécies com escassas ocorrências em altas latitudes (*Broinsonia parca constricta*, *Broinsonia parca parca*, *Cylindralithus biarcus*, *Manivitella pemmatoidea* e *Micula cubiformis*).

Tanto o Grupo D quanto o Grupo F possuem espécies com padrões semelhantes nas diferentes zonas latitudinais, porém com quantidade de exemplares relativamente maior em altas latitudes. O Grupo D é composto por *Chiastozygus litterarius*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Micula concava*, *Placozygus fibuliformis* e *Zeugrhabdotus sigmoides*, enquanto o Grupo F é definido com base nas ocorrências de *Lithastrinus grillii*.

O Grupo E corresponde a espécies que ocorrem em quantidade semelhante em todas as zonas latitudinais, apesar de ocorrerem em quantidade relativamente maior em latitudes médias (*Loxolithus armilla* e *Watznaueria biporta*).

No Grupo G, composto por *Cribrosphaerella ehrenbergii*, *Microrhabdulus decoratus* e *Zeugrhabdotus bicrescenticus*, a quantidade de exemplares em baixas e

médias latitudes é visivelmente maior do que em altas latitudes. Embora para *C. ehrenbergii* os valores são semelhantes em todas as zonas latitudinais.

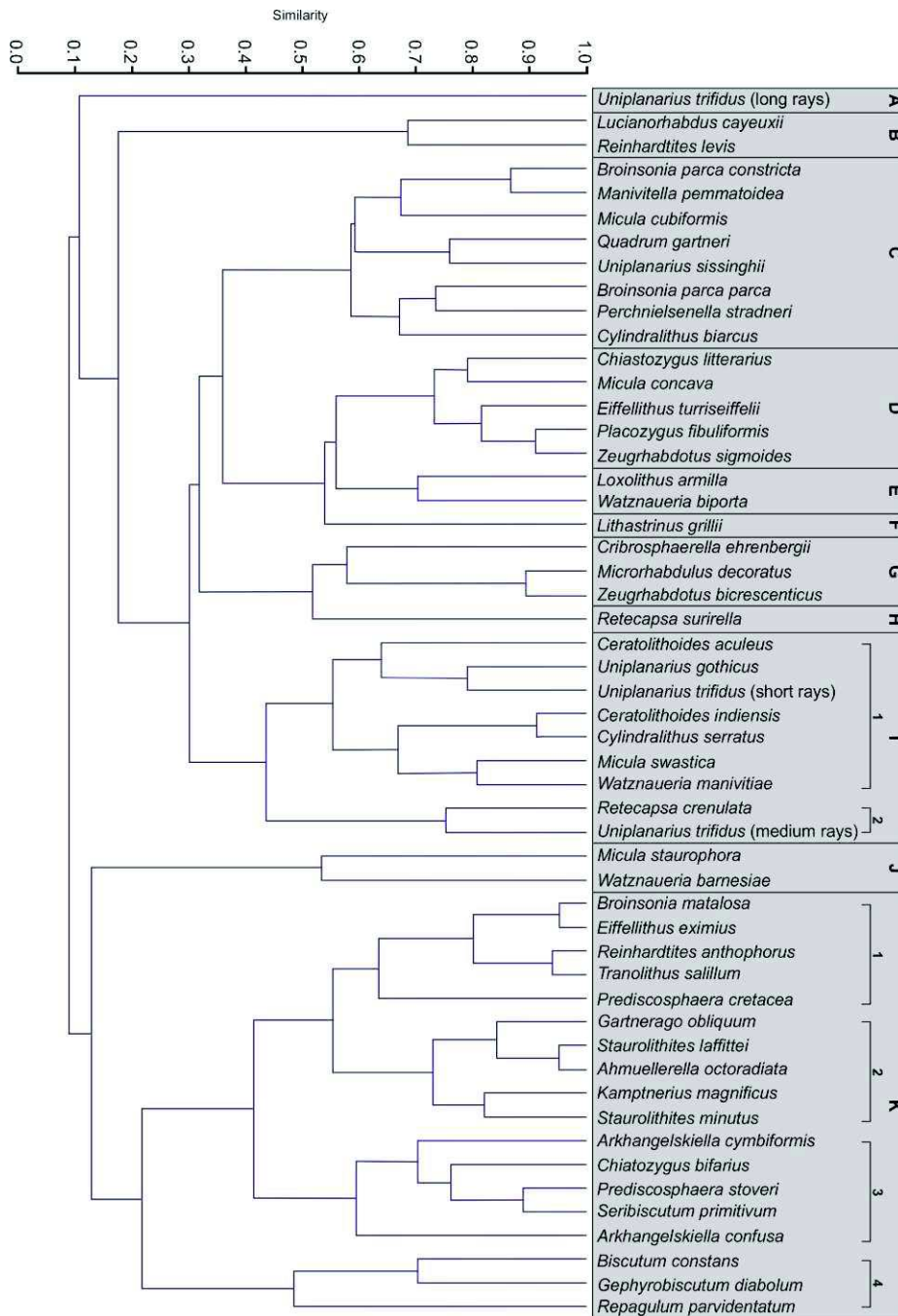


Figura 4 - Dendrograma resultante da análise estatística do Intervalo 2.

A espécie *Retecapsa surirella* caracteriza o Grupo H, que mostra um padrão de leve preferência por baixas latitudes, com quantidade semelhante de exemplares em altas latitudes e valores um pouco inferiores em médias latitudes.

O Grupo I é composto por espécies com clara preferência por médias latitudes. Este grupo foi dividido em dois subgrupos (I1 e I2) que diferem em relação à quantidade de exemplares entre médias e altas-baixas latitudes, sendo esta diferença decrescente do subgrupo I1 a I2. É composto principalmente pelos gêneros *Ceratolithoides* e *Uniplanarius* (restritos a médias e baixas latitudes) e as espécies *Cylindralithus serratus*, *Micula swastica*, *Retecapsa crenulata* e *Watznaueria manivittiae*, que possuem escassas ocorrências em altas latitudes.

Grupo J é caracterizado por *Micula staurophora* e *Watznaueria barnesiae*, espécies que dominam a assembleia principalmente em latitudes baixas e médias.

Espécies com clara preferência por altas latitudes são agrupadas no Grupo K, que foi dividido em quatro subgrupos (K1-K4). Estes subgrupos diferem em relação à quantidade de exemplares entre altas e médias-baixas latitudes, sendo esta diferença decrescente do subgrupo K1 a K3, enquanto o subgrupo K4 possui espécies com grande quantidade de exemplares em altas latitudes. As espécies características deste grupo são *Ahmullerella octoradiata*, *Arkhangelskiella confusa*, *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Biscutum constans*, *Broinsonia matalosa*, *Chiastozygus bifarius*, *Eiffellithus eximius*, *Gartnerago obliquum*, *Gephyrobiscutum diabolium*, *Kamptnerius magnificus*, *Prediscosphaera cretacea*, *Prediscosphaera stoveri*, *Reinhardtites anthophorus*, *Repagulum parvidentatum*, *Seribiscutum primitivum*, *Staurolithites laffittei*, *Staurolithites minutus* e *Tranolithus salillum*.

4.3.3. Intervalo 3 - Campaniano superior - Maastrichtiano inferior (Anexo 15)

Neste intervalo de tempo foram individualizados onze grupos de espécies, do Grupo A ao Grupo K (Figura 5).

O Grupo A é composto pela espécie *Zeugrhabdotus trivectis*, que foi encontrada somente em latitudes médias a baixas, com quantidade maior de exemplares em baixas latitudes.

O Grupo B é caracterizado pelas espécies *Kamptnerius magnificus* e *Lucianorhabdus cayeuxii*, identificadas em grande quantidade em altas latitudes.

As espécies que compõem o Grupo C (*Micula staurophora*, *Prediscosphaera cretacea* e *Watznaueria barnesiae*) correspondem a táxons que dominam a assembleia principalmente em latitudes baixas e médias.

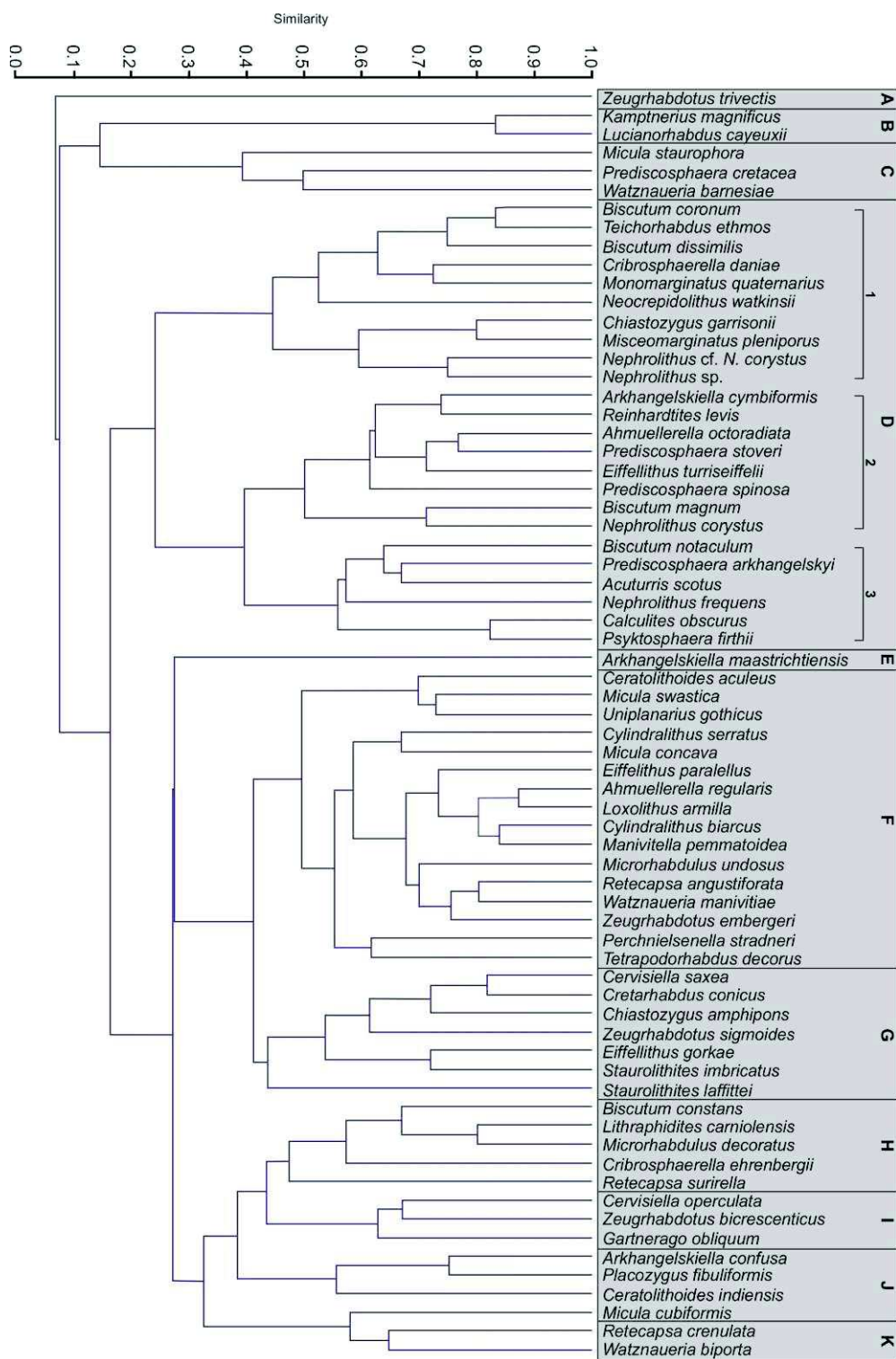


Figura 5 - Dendograma resultante da análise estatística do Intervalo 3.

Os Grupos D e E são compostos por espécies com clara preferência por altas latitudes. O Grupo D foi dividido em três subgrupos (D1-D3), que diferem em relação à quantidade de exemplares entre altas e médias-baixas latitudes. O subgrupo D1 é composto por espécies que ocorreram (em quantidade média) somente em altas latitudes

durante este intervalo (*Biscutum coronum*, *Biscutum dissimilis*, *Chiastozygus garrisonii*, *Teichorhabdus ethmos*, *Neocrepidolithus watkinsii*, *Misceomarginatus pleniporus*, *Nephrolithus* cf. *N. corystus* e *Nephrolithus* sp.) além de *Cribrosphaerella daniae* e *Monomarginatus quaternarius* que possuem escassas ocorrências em médias latitudes. O subgrupo D2 é caracterizado por espécies que apesar de ocorrerem em médias latitudes e por vezes em baixas latitudes, possuem quantidade superior de exemplares em altas latitudes (*Ahmullerella octoradiata*, *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Biscutum magnum*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Nephrolithus corystus*, *Prediscosphaera spinosa*, *Prediscosphaera stoveri* e *Reinhardtites levis*). Já o subgrupo D3 possui padrão semelhante a D1, porém a quantidade de exemplares em altas latitudes é maior. Dentre as espécies que só ocorreram em altas latitudes no subgrupo D3 estão *Acuturris scotus* e *Psyktosphaera firthii*, enquanto *Biscutum notaculum*, *Calculites obscurus*, *Nephrolithus frequens* e *Prediscosphaera arkhangelskyi* possuem escassas ocorrências em médias e baixas latitudes. O Grupo E é composto por *Arkhangelskiella maastrichtiensis* e possui padrão semelhante ao subgrupo D2, com ocorrências em todas as zonas latitudinais embora sua ocorrência seja maior em altas latitudes.

O Grupo F é associado a espécies com definida preferência por médias e baixas latitudes. Dentre elas, há espécies que neste intervalo só ocorreram entre latitudes médias a baixas (*Ahmullerella regularis*, *Ceratolithoides aculeus*, *Manivitella pemmatoidea*, *Microrhabdulus undosus*, *Perchnielsenella stradneri*, *Retecapsa angustiforata*, *Tetrapodorhabdus decorus* e *Uniplanarius gothicus*) e outras com ocorrência escassa em altas latitudes (*Cylindralithus biarcus*, *Cylindralithus serratus*, *Eiffellithus parallelus*, *Loxolithus armilla*, *Micula concava*, *Micula swastica*, *Watznaueria manivitiae* e *Zeugrhabdotus embergeri*).

No Grupo G as espécies ocorrem em quantidade semelhante em todas as zonas latitudinais sem demonstrar preferências claras, embora *Zeugrhabdotus sigmoides* e *Staurolithithes imbricatus* ocorram em maiores quantidades em altas latitudes.

O Grupo H é constituído por espécies que ocorram em maiores quantidades em médias e baixas latitudes. *Lithraphidites carniolensis* e *Microrhabdulus decoratus* mostram clara preferência por latitudes médias a baixas durante este intervalo, já *Biscutum constans*, *Cribrosphaerella ehrenbergii* e *Retecapsa surirella*, apesar da grande quantidade em latitudes médias a baixas, também ocorrem com valores expressivos em altas latitudes.

O Grupo I possui um padrão onde as espécies parecem preferir latitudes opostas, ocorrendo em quantidade grande e semelhante em latitudes altas e baixas e em pequena quantidade em latitudes médias. É representado por *Cervisiella operculata*, *Gartnerago obliquum* e *Zeugrhabdotus bicrescenticus*.

O Grupo J é composto pelas espécies *Arkhangelskiella confusa*, *Ceratolithoides indiensis*, *Micula cubiformis* e *Placozygus fibuliformis* com maior quantidade de exemplares em médias latitudes, embora também ocorram em quantidades semelhantes em latitudes altas (*A. cymbiformis* e *P. fibuliformis*) e baixas (*M. cubiformis*).

As baixas latitudes são caracterizadas pelo Grupo K, que agrupa as espécies com marcada preferência por essa zona latitudinal (*Retecapsa crenulata* e *Watznaueria biporta*).

4.3.4. Intervalo 4 - Maastrichtiano superior (Anexo 16)

Neste intervalo de tempo foram individualizados seis grupos de espécies, do Grupo A até o Grupo F (Figura 6).

O Grupo A corresponde às espécies *Micula staurophora*, *Prediscosphaera cretacea* e *Watznaueria barnesiae*, que dominam as assembleias principalmente em latitudes médias e baixas.

O Grupo B é caracterizado por espécies com marcada preferência por médias latitudes. Dentre elas estão espécies que só ocorreram em latitudes médias a baixas (*Ceratolithoides indiensis*, *Litharaphidites carniolensis*, *Lithraphidites quadratus* e *Micula murus*) e outras com escassas ocorrências em altas latitudes (*Cribrosphaerella ehrenbergii*, *Microrhabdulus decoratus*, *Micula cubiformis*, *Micula swastica* e *Placozygus fibuliformis*).

Assim como no grupo anterior, o Grupo C é caracterizado pela preferência por médias latitudes, porém a espécie *Arkhangelskiella maastrichtiensis* mostra uma quantidade grande de exemplares em todas as zonas latitudinais.

O Grupo D é definido pelo agrupamento de espécies com preferência por médias e baixas latitudes. É composto tanto por espécies que limitam sua ocorrência apenas a essas duas zonas latitudinais (*Cribrocorona gallica*, *Cylindralithus serratus*, *Manivitella pemmatoidea*, *Microrhabdulus undosus*, *Micula concava*, *Perchnielsenella stradneri*, *Retecapsa angustiforata*, *Retecapsa ficula*, *Watznaueria biporta* e *Watznaueria manivitiae*), como por espécies com escassa ocorrência em altas latitudes

(*Eiffellithus gorkae*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Loxolithus armilla* e *Prediscosphaera spinosa*).

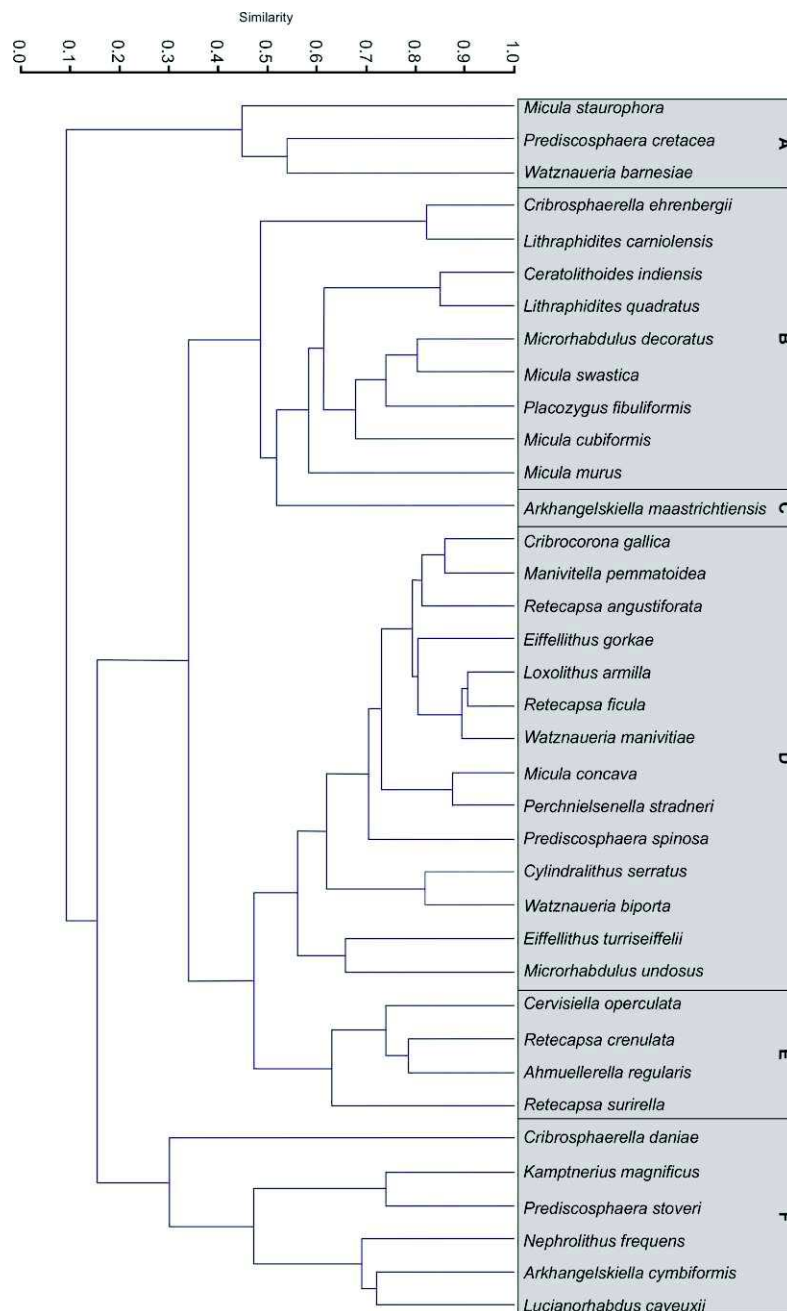


Figura 6 - Dendograma resultante da análise estatística do Intervalo 4.

No Grupo E são agrupadas espécies com clara preferência por baixas latitudes (*Ahmuellerella regularis*, *Cervisiella operculata*, *Retecapsa crenulata* e *Retecapsa surirella*).

As espécies presentes no Grupo F (*Arkhangelskiella cymbiformis*, *Cribrospheraella daniae*, *Kamptnerius magnificus*, *Lucianorhabdus cayeuxii*,

Nephrolithus frequens e *Prediscosphaera stoveri*) indicam clara preferência por altas latitudes.

4.4. Discussão

A análise estatística veio a comprovar alguns resultados que já eram especulados durante a leitura das lâminas. Os agrupamentos mostrados nos dendogramas (Figuras 3-6) indicam preferências de espécies por determinadas zonas latitudinais, relacionadas à limitação de algumas espécies, principalmente, a determinadas temperaturas ou diferentes disponibilidades de nutrientes. A Tabela 1 mostra algumas das espécies citadas a seguir e as suas preferências paleoecológicas de acordo com a literatura.

Alguns padrões bastante relatados na literatura foram confirmados para o Atlântico Sul, como a preferência das espécies *Ahmuellerella octoradiata*, *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Kamptnerius magnificus*, *Lucianorhabdus cayeuxii* e *Nephrolithus frequens* por altas latitudes (Worsley & Martini, 1970; Thierstein, 1976; 1981; Gardin, 2002; Lees, 2002; Tantawy, 2003; Watkins & Self-Trail, 2005; Thibault & Gardin, 2006; 2007; Linnert & Mutterlose, 2009b; Sheldon *et al.*, 2010; Linnert *et al.*, 2011; Thibault & Husson, 2016; Thibault *et al.*, 2015). Ainda, confirmou-se a preferência das espécies *Micula murus* e *Micula prinsii* por baixas a médias latitudes (Worsley & Martini, 1970; Tantawy, 2003; Watkins & Self-Trail, 2005; Thibault & Gardin, 2006; Linnert & Mutterlose, 2009; Sheldon *et al.*, 2010; Thibault *et al.*, 2010; Thibault & Husson, 2016).

Watznaueria barnesiae e *Micula staurophora*, apesar de possuírem quantidades significativas de exemplares em altas latitudes, mostram clara preferência por latitudes médias a baixas, indicando que provavelmente ambas as espécies não toleravam temperaturas muito frias. Este padrão, mostrando queda na abundância dessas espécies no Cretáceo Superior em altas latitudes já foi descrito em outros estudos (Bukry, 1973b; Thierstein, 1981; Huber & Watkins, 1992; Watkins *et al.*, 1996; Lees, 2002). As preferências ecológicas dessas espécies ainda não são bem conhecidas, diversos estudos relacionam sua dominância em assembleias a questões preservacionais, preferência por águas quentes, por águas frias, ambientes de baixa produtividade/fertilidade ou stress ambiental (Tabela 1).

Espécies/Grupos	Preservação	Águas Quentes	Águas Frias	Alta Produt./Fertil.	Baixa Produt./Fertil.	Estresse Ambiental
<i>Ahmullerella octoradiata</i>			3, 5, 14, 21, 23, 26, 27, 28, 31, 32, 34			
<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>			5, 23, 26, 32			
<i>Biscutum constans</i>			23	6, 8, 9, 11, 14, 17, 20, 28, 33, 34, 36		
<i>Biscutum coronum</i>			10			
<i>Biscutum</i> spp. (principalmente <i>B. constans</i>)				17, 34		
<i>Ceratolithoides aculeus</i>		10				
<i>Ceratolithoides</i> spp.		26				
<i>Cervisiella saxea</i>				17		
<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>				15		
<i>Discorhabdus ignotus</i>				11, 14, 22, 24, 31		
<i>Eiffellithus</i> spp. (principalmente <i>E. turriseiffelii</i>)					14, 17, 25, 28, 31	
<i>Eiffellithus turriseiffelii</i>			23	8	19	
<i>Gartnerago segmentatum</i>			5, 14, 21, 27, 28, 31, 34, 36			
<i>Kamptnerius magnificus</i>			3, 5, 14, 21, 23, 27, 28, 31, 32, 34, 35, 36			
<i>Lithraphidites camiolensis</i>				25	19	
<i>Lithraphidites</i> spp.					14, 17, 31	
<i>Lucianorhabdus cayeuxii</i>			3, 5, 32			
<i>Microrhabdulus</i> spp.					25	
<i>Micula murus</i>		1, 23, 26, 27, 28, 32, 36				
<i>Micula prinsii</i>		23, 32				
<i>Micula staurophora</i>	2, 3, 4, 5, 17	32	7, 26		13, 25	13, 25, 27
<i>Nephrolithus frequens</i>			1, 3, 5, 14, 21, 23, 26, 28, 32, 34, 36			
<i>Prediscosphaera cretacea</i>					19	
<i>Prediscosphaera</i> spp. (- <i>P. stoveri</i> , principalmente <i>P. cretacea</i> e <i>P. spinosa</i>)				15	9, 14, 17, 28, 33	
<i>Prediscosphaera stoveri</i>		32?	23, 27?, 28?	25		
<i>Staurolithites</i> spp.					17	
<i>Tranolithus orionatus</i>			24	29, 34		
<i>Watznaueria barnesiae</i>	6, 8	7, 14, 18, 23, 26, 32, 35			6, 8, 12, 16, 22, 24, 28, 31, 34	
<i>Zeugrhabdotus diplogrammus</i>		22				
<i>Zeugrhabdotus erectus</i>				6, 8, 9, 11, 14, 17, 22, 24, 28, 34		
<i>Zeugrhabdotus sigmoides</i>			23, 30			
<i>Zeugrhabdotus</i> spp.				17		

Tabela 1 - Espécies com preferências paleoecológicas reconhecidas ou inferidas em estudos do Cretáceo. 1) Worsley & Martini (1970); 2) Hill (1975); 3) Thierstein (1976); 4) Thierstein (1980); 5) Thierstein (1981); 6) Roth & Bowdler (1981); 7) Doeven (1983); 8) Roth & Krumbach (1986); 9) Watkins (1989); 10) Shafik (1990); 11) Erba (1992); 12) Erba *et al.* (1992); 13) Eshet *et al.* (1992); 14) Gardin (2002); 15) Erba *et al.*

(1995); 16) Willians & Bralower (1995); 17) Eshet & Almogi-Labin (1996); 18) Watkins *et al.* (1996); 19) Gardin & Monechi (1998); 20) Street & Bown (2000); 21) Lees (2002); 22) Herrle *et al.* (2003); 23) Tantawy (2003); 24) Bornemann *et al.* (2005); 25) Friedrich *et al.* (2005); 26) Watkins & Self Trail (2005); 27) Thibault & Gardin (2006); 28) Thibault & Gardin (2007); 29) Linnert & Mutterlose (2008); 30) Ali (2009); 31) Linnert & Mutterlose (2009b); 32) Sheldon *et al.* (2010); 33) Thibault & Gardin (2010); 34) Linnert *et al.* (2011); 35) Thibault *et al.* (2015); 36) Thibault & Husson (2016).

Neste estudo existem diversas espécies que possuem um padrão de ocorrência limitado ou preferencial por determinada zona latitudinal. O anexo 18 mostra uma lista com todas as espécies identificadas (incluindo as que foram excluídas da análise estatística pela ocorrência inferior a 1%) e em quais zonas latitudinais elas ocorreram. A seguir serão discutidas cada uma das zonas latitudinais e suas espécies mais importantes.

Em altas latitudes, foram identificadas diversas espécies com marcado endemismo durante o Campaniano e Maastrichtiano (Tabela 2): *Acuturris scotus*, *Biscutum dissimilis*, *Boletovelum candens*, *Broinsonia enormis*, *Broinsonia* (pequena), *Calculites ovalis*, *Calculites* sp. (vista lateral), *Centosphaera barbata*, *Chiastozygus garrisonii*, *Chiastozygus stylesii*, *Crucibiscutum* sp., *Eiffellithus keio*, *Gephyrobiscutum diabolium*, *Lapideacassis cornuta*, *Lapideacassis tricornus*, *Lapideacassis* sp., *Lucianorhabdus arcuatus*, *Lucianorhabdus maleformis*, *Misceomarginatus pleniporus*, *Neocrepidolithus watkinsii*, *Nephrolithus* cf. *N. corystus*, *Nephrolithus* sp., *Octocyclus magnus*, *Octolithus multiplus*, *Orastrum asarotum*, *Percivalia dunkleyjonesii*, *Pharus similacrum*, *Prediscosphaera* cf. *P. grandis*, *Psyktosphaera firthii*, *Repagulum parvidentatum*, *Rucinolithus* sp., *Seribiscutum primitivum*, *Staurolithites elongatus* e *Staurolithites* sp1. Outras espécies, apesar de possuírem ocorrência mais abrangente, mostram marcada preferência por latitudes altas: *Ahmuellerella octoradiata*, *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Biscutum coronum*, *Biscutum magnum*, *Biscutum notaculum*, *Broinsonia matalosa*, *Calculites obscurus*, *Cribrosphaerella daniae*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Monomarginatus quaternarius*, *Nephrolithus corystus*, *Nephrolithus frequens*, *Prediscosphaera arkhangelskyi*, *Prediscosphaera stoveri*, *Reinhardtites anthophorus*, *Reinhardtites levis*, *Staurolithites minimus*, *Teichorhabdus ethmos*, *Tranolithus salillum* e *Zeugrhabdotus sigmoides*.

Um dos padrões evidentes é de que as altas latitudes possuem um acentuado endemismo de espécies enquanto que essas restrições na ocorrência de determinados táxons parece não ocorrer (ou não ser tão marcado) em latitudes médias e baixas, com poucas exceções descritas posteriormente. O que pôde ser constatado é um padrão claro que divide espécies endêmicas de altas latitudes das espécies com preferência por latitudes médias a baixas (Tabela 2), sendo essas últimas: *Assipetra* sp., *Braarudosphaera turbinea*, *Bukryaster hayi*, *Ceratolithoides aculeus*, *Ceratolithoides ampektor*, *Ceratolithoides arcuatus*, *Ceratolithoides indiensis*, *Ceratolithoides kamptneri*, *Ceratolithoides longissimus*, *Ceratolithoides pricei*, *Ceratolithoides quasiarcuatus*, *Ceratolithoides self-trailiae*, *Ceratolithoides sesquipedalis*, *Chiastozygus trabalis*, *Corollithion completum*, *Corollithion madagaskarensis*, *Cribracorona gallica*, *Cyclagelosphaera jianjii*, *Haqius circumradiatus*, *Hexalithus gardetiae*, *Lithastrinus quadricuspis*, *Lithraphidites praequadratus*, *Lithraphidites quadratus*, *Markalius apertus*, *Microrhabdulus undosus*, *Micula adumbrata*, *Micula murus*, *Micula praemurus*, *Micula prinsii*, *Nannoconus* (vista apical), *Perchnielsenella stradneri*, *Petrarhabdus vietus*, *Prediscosphaera majungae*, *Pseudomicula quadrata*, *Quadrum svabenickae*, *Quadrum gartneri*, *Retecapsa angustiforata*, *Rhagodiscus indistinctus*, *Tranolithus gabalus*, *Tranolithus minimus*, *Tranolithus* sp., *Uniplanarius gothicus*, *Uniplanarius sissinghii*, *Uniplanarius trifidus* (raio longo), *Uniplanarius trifidus* (raio médio), *Uniplanarius trifidus* (raio curto), *Zeugrhabdotus* sp1. e *Zeugrhabdotus* sp2.

Das espécies citadas no parágrafo anterior, *Assipetra* sp., *Ceratolithoides longissimus*, *Ceratolithoides sesquipedalis*, *Cyclagelosphaera jianjii*, *Haqius circumradiatus*, *Markalius apertus*, *Nannoconus* (vista apical), *Petrarhabdus vietus*, *Tranolithus* sp., *Zeugrhabdotus* sp1. e *Zeugrhabdotus* sp2., são restritas a médias latitudes. Enquanto somente *Lithastrinus quadricuspis* possui ocorrência restrita a baixas latitudes. A espécie *Uniplanarius trifidus* (raio longo), apesar de possuir escassas ocorrências em médias latitudes, foi identificada em maiores quantidades em baixas latitudes mostrando possível preferência por esta zona latitudinal.

Algumas espécies, apesar de ocorrerem em todas as zonas latitudinais discutidas neste estudo, mostram clara preferência por latitudes médias a baixas. São elas: *Ahmullerella regularis*, *Cribrospherella ehrenbergii*, *Cylindralithus biarcus*, *Cylindralithus serratus*, *Eiffellithus parallelus*, *Manivitella pemmatoidea*,

Microrhabdulus decoratus, *Retecapsa crenulata*, *Retecapsa surirella*, *Tetrapodorhabdus decorus*, *Zeugrhabdotus embergeri* e *Zeugrhabdotus trivectis*.

Também há espécies sem um padrão de distribuição latitudinal bem definido, que dependendo do intervalo de tempo indicam preferência por diferentes faixas latitudinais, como por exemplo, *Arkhangelskiella confusa*, *Arkhangelskiella maastrichtiensis*, *Biscutum constans*, *Lithastrinus grillii*, *Loxolithus armilla*, *Micula concava*, *Placozygus fibuliformis*, *Prediscosphaera cretacea* e *Zeugrhabdotus bicrescenticus*. Tendo em vista que a variação latitudinal não foi o padrão principal que afetou a distribuição dessas espécies, a resposta das mesmas à disponibilidade de nutrientes pode ser o fator que limita sua distribuição.

Espécies endêmicas de altas latitudes	Espécies endêmicas de médias-baixas latitudes
<p><i>Acuturris scotus</i>, <i>Biscutum dissimilis</i>, <i>Boletovelum candens</i>, <i>Broinsonia enormis</i>, <i>Broinsonia</i> (pequena), <i>Calculites ovalis</i>, <i>Calculites</i> sp. (vista lateral), <i>Centosphaera barbata</i>, <i>Chiastozygus garrisonii</i>, <i>Chiastozygus stylesii</i>, <i>Crucibiscutum</i> sp., <i>Eiffellithus keio</i>, <i>Gephyrobiscutum diabolum</i>, <i>Lapideacassis cornuta</i>, <i>Lapideacassis tricornus</i>, <i>Lapideacassis</i> sp., <i>Lucianorhabdus arcuatus</i>, <i>Lucianorhabdus maleformis</i>, <i>Misceomarginatus pleniporus</i>, <i>Neocrepidolithus watkinsii</i>, <i>Nephrolithus</i> cf. <i>N. corystus</i>, <i>Nephrolithus</i> sp., <i>Octocyclus magnus</i>, <i>Octolithus multiplus</i>, <i>Orastrum asarotum</i>, <i>Percivalia dunkleyjonesii</i>, <i>Pharus similacrum</i>, <i>Prediscosphaera</i> cf. <i>P. grandis</i>, <i>Psyktosphaera firthii</i>, <i>Repagulum parvidentatum</i>, <i>Rucinolithus</i> sp., <i>Seribiscutum primitivum</i>, <i>Staurolithites elongatus</i> e <i>Staurolithites</i> sp1</p>	<p><i>Assipetra</i> sp., <i>Braarudosphaera turbinea</i>, <i>Bukryaster hayi</i>, <i>Ceratolithoides aculeus</i>, <i>Ceratolithoides ampektor</i>, <i>Ceratolithoides arcuatus</i>, <i>Ceratolithoides indiensis</i>, <i>Ceratolithoides kamptneri</i>, <i>Ceratolithoides longissimus</i>, <i>Ceratolithoides pricei</i>, <i>Ceratolithoides quasiarcuatus</i>, <i>Ceratolithoides self-trailiae</i>, <i>Ceratolithoides sesquipedalis</i>, <i>Chiastozygus trabalis</i>, <i>Corollithion completum</i>, <i>Corollithion madagaskarensis</i>, <i>Cribracorona gallica</i>, <i>Cyclagelosphaera jianjii</i>, <i>Haqius circumradiatus</i>, <i>Hexalithus gardetiae</i>, <i>Lithastrinus quadricuspis</i>, <i>Lithraphidites praequadratus</i>, <i>Lithraphidites quadratus</i>, <i>Markalius apertus</i>, <i>Microrhabdulus undosus</i>, <i>Micula adumbrata</i>, <i>Micula murus</i>, <i>Micula praemurus</i>, <i>Micula prinsii</i>, <i>Nannoconus</i> (vista apical), <i>Perchnielsenella stradneri</i>, <i>Petrarhabdus vietus</i>, <i>Prediscosphaera majungae</i>, <i>Pseudomicula quadrata</i>, <i>Quadrum svabenickae</i>, <i>Quadrum gartneri</i>, <i>Retecapsa angustiforata</i>, <i>Rhagodiscus indistinctus</i>, <i>Tranolithus gabalus</i>, <i>Tranolithus minimus</i>, <i>Tranolithus</i> sp., <i>Uniplanarius gothicus</i>, <i>Uniplanarius sissinghii</i>, <i>Uniplanarius trifidus</i> (raio longo), <i>Uniplanarius trifidus</i> (raio médio), <i>Uniplanarius trifidus</i> (raio curto), <i>Zeugrhabdotus</i> sp1 e <i>Zeugrhabdotus</i> sp2</p>

Tabela 2 - Lista com as espécies endêmicas de altas latitudes e médias-baixas latitudes.

4.5. Conclusão

O principal resultado deste capítulo é a definição da preferência paleobiogeográfica de diversas espécies do Cretáceo Superior no Atlântico Sul.

Durante o Campaniano e Maastrichtiano, há uma clara divisão paleobiogeográfica entre espécies que ocorrem somente em latitudes altas e outras que se limitam a latitudes médias a baixas (Tabela 2). Esse padrão é possivelmente controlado por variações na temperatura das massas de água superficiais, ou seja, espécies com preferência por águas superficiais mais frias ficariam restritas a altas latitudes enquanto espécies que preferiam águas superficiais mais quentes habitariam médias a baixas latitudes. Outras espécies, cujas ocorrências não parecem ser tão fortemente controladas por faixas latitudinais (*Arkhangelskiella confusa*, *Arkhangelskiella maastrichtiensis*, *Biscutum constans*, *Lithastrinus grillii*, *Loxolithus armilla*, *Micula concava*, *Placozygus fibuliformis*, *Prediscosphaera cretacea* e *Zeugrhabdotus birescenticus*), podem ter suas distribuições restritas pela disponibilidade de nutrientes.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os estudos realizados com amostras do Campaniano e Maastrichtiano no Atlântico Sul, foi concluído que:

- As amostras da Ilha James Ross apresentam a ocorrência da mais abundante assembleia de nanofósseis calcários já recuperada na Península Antártica;

- A ocorrência consistente de *Gephyrobiscutum diabolium*, anteriormente restrita a registros no Platô de Falkland, pôde ser estendida a latitudes mais altas sugerindo que esta espécie teria preferência ecológica por águas superficiais frias;

- Através do uso conjunto da bioestratigrafia e magnetoestratigrafia, foram reconhecidos diacronismos em eventos de primeira e última ocorrência de espécies do Campaniano superior e Maastrichtiano superior. Este diacronismo está relacionado a migrações de espécies entre baixas e médias latitudes, decorrentes de mudanças na circulação oceânica e temperatura das águas superficiais;

- Tendo em vista a variação latitudinal das assembleias de nanofósseis calcários, um detalhado possibilitou a divisão de três zoneamentos para o Atlântico Sul (baixas, médias e altas latitudes);

- Foi observado pela primeira vez um evento de acme da espécie *Kamptnerius magnificus* na seção Atlântica do Oceano Austral. O aumento repentino na abundância desta espécie é atribuído ao esfriamento das águas superficiais durante o Campaniano-Maastrichtiano;

- Durante o Campaniano e Maastrichtiano, há uma clara divisão paleobiogeográfica entre espécies que ocorrem somente em latitudes altas e outras limitadas a latitudes médias a baixas. Este padrão possivelmente é controlado por variações na temperatura das massas de água superficiais. Espécies com preferência por águas superficiais mais frias ficariam restritas a altas latitudes, enquanto espécies que preferiam águas superficiais mais quentes habitariam médias a baixas latitudes;

- As espécies *Arkhangelskiella confusa*, *Arkhangelskiella maastrichtiensis*, *Biscutum constans*, *Lithastrinus grillii*, *Loxolithus armilla*, *Micula concava*, *Placozygus fibuliformis*, *Prediscosphaera cretacea* e *Zeugrhabdotus bicrescenticus*, variam a sua distribuição em todas as faixas latitudinais, sua distribuição estaria relacionada à disponibilidade de nutrientes.

REFERÊNCIAS

- Abramovich S. & Keller G. 2003. Planktonic foraminiferal response to the Latest Maastrichtian abrupt warm event: a case study from South Atlantic DSDP Site 525A. *Marine Micropaleontology*, **48**:225-249.
- Abramovich S., Keller G., Adatte T., Stinnesbeck W., Hottinger L., Stueben D., Berner Z., Ramanivosoa B., Randriamanantenasoa A. 2002. Age and paleoenvironment of the Maastrichtian to Paleocene of the Mahajanga Basin, Madagascar: a multidisciplinary approach. *Marine Micropaleontology*, **47**:17-70.
- Abramovich S., Yovel-Corem S., Almogi-Labin A., Benjamini C. 2010. Global climate change and planktic foraminiferal response in the Maastrichtian. *Paleoceanography*, **25**:1-15.
- Alcalá-Herrera J.A., Grossman E.L., Gartner S. 1992. Nannofossil diversity and equitability and fine-fraction $\delta^{13}\text{C}$ across the Cretaceous/Tertiary boundary at Walvis Ridge Leg 74, South Atlantic. *Marine Micropaleontology*, **20**:77-88.
- Alsenz, H. Regnery J., Ashckenazi-Polivoda S., Meilijson A., Ron-Yankovich L., Abramovich S., Illner P., Almogi-Labin A., Feinstein S., Berner Z., Püttmann W. 2013. Sea surface temperature record of a Late Cretaceous tropical Southern Tethys upwelling system. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **392**:350-358.
- Antunes R.L. 1987. Bioestratigrafia dos nanofósseis calcários Meso e Neocretáceo da porção emersa da Bacia do Espírito Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **1**(1):2-11.
- Antunes R.L. 1998. *Nanofósseis calcários e sua bioestratigrafia no Cretáceo da Margem Continental Brasileira - Bacias do Ceará e Potiguar*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Doctoral Thesis, **1**:193 p.

- Barrera E. 1994. Global environmental changes preceding the Cretaceous-Tertiary boundary: Early-late Maastrichtian transition. *Geology*, **22**:877-880.
- Barrera E. & Savin S.M. 1999. Evolution of late Campanian-Maastrichtian marine climates and oceans. *In*: Barrera E.; Johnson C.C. (eds.) *The Evolution of the Cretaceous Ocean-Climate System*. Geological Society of America, Special Paper **332**:245-282.
- Barrera E., Huber B.T., Savin S.M., Webb P.N. 1987. Antarctic marine temperatures: late Campanian through Early Paleocene. *Paleoceanography*, **2**:21-47.
- Bornemann A., Pross J., Reichelt K., Herrle J.O. Hemleben C., Mutterlose J. 2005. Reconstruction of short-term palaeoceanographic changes during the formation of the Late Albian 'Niveau Breistroffer' black shales (Oceanic Anoxic Event 1d, SE France). *Journal of the Geological Society*, **162**:623-639.
- Bown P.R., Burnett J.A., Gallagher L.T., 1991. Critical events in the evolutionary history of calcareous nannoplankton. *Historical biology*, **5**:279-290.
- Bukry D. 1973a. Low-Latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Initial Reports of the DSDP*, **15**:685-703.
- Bukry D. 1973b. Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, Tasman Sea and southwestern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 21. *Initial Reports of the DSDP*, **21**:885-893.
- Bukry D. & Bramlette M.N. 1970. Coccolith age determinations LEG 3, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the DSDP*, **3**:589-611.
- Burnett J.A., Gallagher L.T., Hampton M.J. 1998. Upper Cretaceous. *In*: Bown P.R. (ed.) *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Series. Chapman and Hall/Kluwer Academic Publishers, London, pp. 132-199.

- Campbell R.J., Howe R.W., Rexilius J.P. 2004. Middle Campanian-lowermost Maastrichtian nannofossil and foraminiferal biostratigraphy of the northwestern Australian margin. *Cretaceous Research*, **25**:827-864.
- Cepek P. 1978. Mesozoic calcareous nannoplankton of the Eastern North Atlantic, Leg 41. *Initial Reports of the DSDP*, **41**:667-687.
- Clarke L.J. & Jenkyns H.C. 1999. New oxygen isotope evidence for long-term Cretaceous climatic change in the Southern Hemisphere. *Geology*, **27**(8):699-702.
- Concheyro A. 2004. Mesozoic Calcareous nannofossils from Larsen Basin, Southern Antarctic Peninsula. *In: GeoSur International Symposium, Buenos Aires, Extended Abstracts*, pp. 255-257.
- Concheyro A., Olivera A, Santillana S., Marensi S., Rinaldi C. 1991. Nanofosiles calcáreos del Cretácico Superior de Isla Marambio, Antártida. *In: Congreso Geológico Chileno. Resúmenes Expandidos*, pp. 825-828.
- Concheyro A., Robles Hurtado G.M., Olivero E.B. 1994. Micropaleontología del Nunatak Sanctuary Cliffs, Isla Snow Hill y de Cabo Hamilton, Isla James Ross, Antártida. *In: Terceras Jornadas de Comunicaciones sobre investigaciones Antárticas, Buenos Aires, Resúmenes*, pp. 17-23.
- Crux J.A. 1991. Calcareous nannofossils recovered by Leg 114 in the Subantarctic South Atlantic Ocean. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **114**:155-177.
- Doeven P.H. 1983. Cretaceous nannofossil stratigraphy and paleoecology of the Canadian Atlantic Margin. *Bulletin of the Geological Survey of Canada*, **356**:1-70.
- Erba E. 1992. Middle Cretaceous calcareous nannofossils from the western Pacific (LEG 129): evidence for paleoequatorial crossings. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **129**:189-201.

- Erba E., Castradori D., Guasti G, Ripepe M. 1992. Calcareous nannofossils and Milankovitch cycles: the example of the Albian Gault Clay Formation (southern England). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **93**:47-69.
- Erba E., Watkins D., Mutterlose J. 1995. Campanian Dwarf calcareous nannofossils from Wodejebato Guyot. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **144**:141-156.
- Erbacher J., Mosher D.C., Malone M.J., Berti D., Bice K.L., Bostock H., Brumsack H.-J., Danelian T., Forster A., Glatz C., Heidersdorf F., Henderiks J., Janecek T.R., Junium C., Le Callonnec L., MacLeod K., Meyers P.A., Mutterlose H.J., Nishi H., Norris R.D., Ogg J.G., O'Regan A.M., Rea B., Sexton P., Sturt H., Suganuma Y., Thurow J.W., Wilson P.A., Wise S.W. 2004. Site 1258. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, **207**:1-117.
- Eshet Y. & Almogi-Labin A., 1996. Calcareous nannofossils as paleoproductivity indicators in Upper Cretaceous organic-rich sequences in Israel. *Marine Micropaleontology*, **29**:37-61.
- Eshet Y., Moshkovitz S., Habib D., Benjamini C., Magaritz M. 1992. Calcareous nannofossil and dinoflagellate stratigraphy across the Cretaceous/Tertiary boundary at Hor Hahar, Israel. *Marine Micropaleontology*, **18**:199-229.
- Frank T.D., Thomas D.J.R., Leckie R.M., Arthur M.A., Bown P.R., Jones K., Lees J.A. 2005. The Maastrichtian record from Shatsky Rise (northwest Pacific): a tropical perspective on global ecological and oceanographic changes. *Paleoceanography*, **20**:1-14.
- Freitas L.C.S. 1984. *Nanofósseis calcários e sua distribuição (Aptiano-Mioceno) na bacia Sergipe-Alagoas*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 247 p.

- Friedrich O., Herrle J.O., Hemleben C. 2005. Climatic changes in the Late Campanian-Early Maastrichtian: micropaleontological and stable isotopic evidence from an epicontinental sea. *Journal of Foraminiferal Research*, **35**:228-247.
- Friedrich O., Herrle J.O., Wilson P.A., Cooper M.J., Erbacher J., Hemleben C. 2009. Early Maastrichtian carbon cycle perturbation and cooling event: implication from the South Atlantic Ocean. *Paleoceanography*, **24**:1-14.
- Gardin S. 2002. Late Maastrichtian to early Danian calcareous nannofossils at Elles (Northwest Tunisia): A tale of one million years across the K/T boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **178**(3-4):211-231.
- Gardin S. & Monechi S. 1998. Paleoeological change in middle to low-latitude calcareous nannoplankton at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, **169**(5):709-723.
- Gómez-Alday J.J., Lopez G., Elorza J. 2004. Evidence of climatic cooling at the Early/Late Maastrichtian boundary from inoceramid distribution and isotopes: Sopelana section, Basque Country, Spain. *Cretaceous Research*, **25**:649-668.
- Gomide J. 1989. Bacia de Pelotas: Biocronoestratigrafia baseada em nanofósseis calcários. In: Congresso brasileiro de Paleontologia, 11, *Anais*, Curitiba, SBP, pp. 338-351.
- Guerra R.M., Tokutake L.R., Fauth G. 2010. Upper Campanian calcareous nannofossils from a core of well 2-RSS-1, Pelotas Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **13**(3):181-188.
- Guerra R.M., Tokutake L.R., Fauth G. 2012. Cretaceous calcareous nannofossils from Pelotas Basin, Brazil: Biostratigraphic and paleoecological inferences. *Journal of South American Earth Sciences*, **36**:55-71.
- Guerra R.M., Concheyro A., Lees J., Fauth G., Carvalho M.A., Ramos R.R.C. 2015. Calcareous nannofossils from the Santa Marta Formation (Upper Cretaceous),

northern James Ross Island, Antarctic Peninsula. *Cretaceous Research*, **56**:550-562.

Guerra R.M., Concheyro A., Wise Jr S.W., Kender S., Fauth G. 2016. New latitude-based nannofossil zonations for the Campanian-Maastrichtian of the South Atlantic Ocean and its paleoceanographic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **452**: 55-67.

Hammer Ø. & Harper D.A.T. 2006. *Paleontological Data Analysis*. Blackwell Publishing, Oxford, 351.

Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, **4**:1-9.

Hay W.W. & Beaudry F.M. 1973. Calcareous nannofossils – Leg 15, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the DSDP*, **15**:625-683.

Henriksson A.S. 1993. Biochronology of the terminal Cretaceous calcareous nannofossil Zone of *Micula prinsii*. *Cretaceous Research*, **14**:59-68.

Herrle J.O., Pross J., Friedrich O., Köbler P., Hemleben C. 2003. Forcing mechanism for mid-Cretaceous black shale formation: evidence from the Upper Aptian and Lower Albian of the Vocontian Basin (SE France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **190**:399-426.

Hill M.E. 1975. Selective dissolution of mid-Cretaceous (Cenomanian) calcareous nannofossils. *Micropaleontology* **21**(2):227-235.

Huber B.T. & Watkins D.K. 1992. Biogeography of Campanian-Maastrichtian calcareous plankton in the region of the Southern Ocean: paleogeographic and paleoclimatic implications. The Antarctic Paleoenvironment: a perspective on global change. *Antarctic Research Series*, **56**:31-60.

- Huber B.T., Hodell D.A., Hamilton C.P. 1995. Middle-Late Cretaceous climate of the southern high latitudes: stable isotopic evidence for minimal equator-to-pole thermal gradients. *Bulletin of Geological Society of America*, **107**:1164-1191.
- Husson D., Galbrun B., Laskar J., Hinnov L.A., Thibault N., Gardin S., Locklair R.E. 2011. Astronomical calibration of the Maastrichtian (Late Cretaceous). *Earth and Planetary Science Letters*, **305**:328-340.
- Isaza-Londono C., MacLeod K.G., Huber B.T. 2006. Maastrichtian North Atlantic warming, increasing stratification, and foraminiferal paleobiology at three timescales. *Paleoceanography*, **21**:1-10.
- Jenkyns H.C., Gale A.S., Corfield R.M. 1994. Carbon- and oxygen-isotope stratigraphy of the English Chalk and Italian Scaglia and its palaeoclimatic significance. *Geological Magazine*, **131**:1-34.
- Jung C., Voigt S., Friedrich O. 2012. High-resolution carbon-isotope stratigraphy across the Campanian-Maastrichtian boundary at Shatsky Rise (tropical Pacific). *Cretaceous Research*, **37**:177-187.
- Lees J.A., 2002. Calcareous nannofossil biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean. *Cretaceous Research*, **23**:537-634.
- Lees J.A. & Bown P.R. 2005. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy, ODP Leg 198 (Shatsky Rise, Northwest Pacific Ocean). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **198**:1-60.
- Li L. & Keller G. 1999. Variability in Late Cretaceous climate and deep waters: evidence from stable isotopes. *Marine Micropaleontology*, **161**:171-190.
- Li L., Keller G., Adatte T., Stinnesbeck W. 2000. Late Cretaceous sea level changes in Tunisia, a multidisciplinary approach. *Journal of the Geological Society*, **157**:447-458.

- Linnert C. & Mutterlose J. 2009. Evidence of increasing surface water oligotrophy during the Campanian-Maastrichtian boundary interval: Calcareous nannofossil from DSDP Hole 390A (Blake Nose). *Marine Micropaleontology*, **73**:26-36.
- Linnert C., Mutterlose J., Herrle J.O. 2011. Late Cretaceous (Cenomanian-Maastrichtian) calcareous nannofossils from Goban Spur (DSDP Sites 549, 551): Implications for the palaeoceanography of the proto North Atlantic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **299**:507-528.
- Linnert C., Robinson S.A., Lees J.A., Bown P.R., Pérez-Rodríguez I., Petrizzo M.R., Falzoni F., Littler K., Arz J.A., Russell E.E. 2014. Evidence for global cooling in the Late Cretaceous. *Nature Communications*, **5**:4194, 1-7.
- Manivit H. 1984. Paleogene and Upper Cretaceous calcareous nannofossils from deep sea drilling project Leg 74. *Initial Reports of the DSDP*, **74**:475-499.
- Manivit H. 1989. Calcareous nannofossil biostratigraphy of Leg 108 sediments. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **108**:35-69.
- Manivit H. & Feinberg H. 1984. Correlation of magnetostratigraphy and nannofossil biostratigraphy in Upper Cretaceous and Lower Paleocene sediments of the Walvis Ridge area. *Initial Reports of the DSDP*, **74**:469-474.
- Mutterlose J. 1992. Biostratigraphy and paleogeography of Early Cretaceous calcareous nannofossils. *Cretaceous Research*, **13**:167-189.
- Mutterlose J. & Kessels K. 2000. Early Cretaceous calcareous nannofossils from high latitudes - implications for palaeogeography and palaeoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **160**:347-372.
- Oliveira L.C.V. 1997. *Arcabouço estratigráfico Albo-Maastrichtiano da Bacia de Campos: um estudo com base em nanofósseis calcários e suas correlações com marcos elétricos e a estratigrafia química*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Grande do Sul, 180 p.

- Oliveira L.C.V. & Costa S.O. 1997. Proposal of new biostratigraphic units based on calcareous nannofossils for the Maastrichtian of the Santos Basin (Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **69**(1):37-58.
- Perch-Nielsen K. 1977. Albian to Pleistocene calcareous nannofossils from the Western South Atlantic, DSDP Leg 39. *Initial Reports of the DSDP*, **39**:699-823.
- Perch-Nielsen K. 1979. Calcareous nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In: Wiedmann, J. (ed.) *Aspekte der Kreide Europas*, International Union of Geological Science Series A, pp. 223-272.
- Pospichal J.J. & Wise S.W. 1990a. Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy of Maud Rise, ODP Leg 113 Sites 689 and 690, Weddell Sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program*, Scientific Results **113**:465-487.
- Pospichal J.J. & Wise S.W. 1990b. Calcareous nannofossils across the K/T boundary, ODP hole 690c, Maud Rise, Weddell Sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program*, Scientific Results, **113**:515-532.
- Proto Decima F., Medizza F., Todesco L. 1978. Southeastern Atlantic Leg 40 calcareous nannofossils. *Initial Reports of the DSDP*, **40**:571-634.
- Roth P.H. 1981. Mid-Cretaceous calcareous nannoplankton from the Central Pacific: implications for paleoceanography. *Initial Reports of the DSDP*, **62**:471-489.
- Roth P.H., 1983. Jurassic and Lower Cretaceous calcareous nannofossils in the Western North Atlantic (Site 534): biostratigraphy, preservation, and some observations on biogeography and paleoceanography. *Initial Reports of the DSDP*, **76**:587-621.
- Roth P.H. 1989. Ocean circulation and calcareous nannoplankton evolution during the Jurassic and Cretaceous. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **74**:111-126.

- Roth P.H. & Bowdler J.L. 1981. Middle Cretaceous calcareous nannoplankton biogeography and oceanography of the Atlantic Ocean. *SEPM Special Publication*, **32**:517-546.
- Roth P.H. & Krumbach K.R. 1986. Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian Oceans: implications for paleoceanography. *Marine Micropaleontology*, **10**:235-266.
- Roth P.H. & Thierstein H. 1972. Calcareous nannoplankton: Leg 14 of the Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the DSDP*, **14**:421-485.
- Shafik S., 1990. Late Cretaceous nannofossil biostratigraphy and biogeography of the Australian western margin. *Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics*, Report **295**:1-164.
- Sheldon E. 2008. Upper Campanian-Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy of the Stevns-1 borehole, Denmark. *Journal of Nannoplankton Research*, **30**(1):39-49.
- Sheldon E., Ineson J., Bown P.R., 2010. Late Maastrichtian warming in the Boreal Realm: Calcareous nannofossil evidence from Denmark. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **295**:55-75.
- Stradner H. & Steinmetz J. 1984. Cretaceous calcareous nannofossils from the Angola Basin, Deep Sea Drilling Project Site 530. *Initial Reports of the DSDP*, **75**:565-649.
- Street C. & Bown P.R. 2000. Paleobiogeography of Early Cretaceous calcareous nannoplankton. *Marine Micropaleontology*, **39**:265-291.
- Stüben D., Kramar U., Berner Z.A., Mudt M., Keller G., Abramovich S., Adatte T., Hambach U., Stinnesbeck W. 2003. Late Maastrichtian paleoclimatic and paleoceanographic changes inferred from Sr/Ca ratio and stable isotopes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **199**:107-127.

- Švábenická L., Vodrážka R., Nývlt D. 2012. Calcareous nannofossils from the Upper Cretaceous of northern James Ross Island, Antarctica: a pilot study. *Geological Quarterly*, **56(4)**:765-772.
- Tantawy A.A.A.M. 2003. Calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoecology of the Cretaceous-Tertiary transition in the central eastern desert of Egypt. *Marine Micropaleontology*, **47**:323-356.
- Thibault N. & Gardin S. 2006. Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoecology in the Equatorial Atlantic (Demerara Rise, ODP Leg 207 Hole 1258A). *Revue de Micropaleontology*, **49**:199-214.
- Thibault N. & Gardin S. 2007. The Late Maastrichtian nannofossil record of climate change in the South Atlantic DSDP Hole 525A. *Marine Micropaleontology*, **65**:163-184.
- Thibault N. & Gardin S. 2010. The calcareous nannofossil response to the end-Cretaceous warm event in the Tropical Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **291**:239-252.
- Thibault N. & Husson D. 2016. Climatic fluctuations and sea surface water circulation patterns at the end of the Cretaceous era: calcareous nannofossil evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **411(1)**: 152-164.
- Thibault N., Gardin S., Galbrun B. 2010. Latitudinal migration of calcareous nannofossil *Micula murus* in the Maastrichtian: Implications for global climate change. *Geology*, **38(3)**:203-206.
- Thibault N., Anderskov K., Bjerager M., Boldreel L.O., Jelby M.D., Stemmerick L., Surlyk F. 2015. Upper Campanian-Maastrichtian chronostratigraphy of the Skaelskor-1 core, Denmark: correlation at the basinal and global scale and implications for changes in sea-surface temperatures. *Lethaia*, **48(4)**:549-560.
- Thierstein H.R. 1976. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology*, **1**:325-362.

- Thierstein H.R. 1980. Selective dissolution of Late Cretaceous and earliest Tertiary calcareous nannofossils: experimental evidence. *Cretaceous Research*, **2**:165-176.
- Thierstein H.R. 1981. Late Cretaceous Nannoplankton and the change at the Cretaceous–Tertiary boundary. *SEPM Special Publication*, **32**:355-394.
- Thierstein H.R., Geitzenauer K.R., Molino B. 1977. Global synchronicity of Late Quaternary coccolith datum levels: validation by oxygen isotopes. *Geology*, **5**:400-404.
- Troelsen J.C. & Quadros L.P. 1971. Distribuição bioestratigráfica dos nanofósseis em sedimentos marinhos (Aptiano-Mioceno) do Brasil. *Anais da Academia brasileira de Geociências*, **43** (suplemento):577-609.
- Watkins D.K. 1989. Nannoplankton productivity fluctuations and rhythmically-bedded pelagic carbonates of the greenhorn limestone (Upper Cretaceous). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **74**:75-86.
- Watkins D.K. & Self-Trail J.M. 2005. Calcareous nannofossil evidence for the existence of the Gulf Stream during the late Maastrichtian. *Paleoceanography*, **20**:1-9.
- Watkins D.K., Wise S.W., Pospichal J.J., Crux J., 1996. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Mokuilevsky A., Whatley R. (eds.) *Microfossils and Oceanic Environments*. University of Wales (Aberystwyth Press), pp. 355-381.
- Williams J.R. & Bralower T.J. 1995. Nannofossil assemblages, fine fraction stable isotopes, and the paleoceanography of the Valanginian-Barremian (Early Cretaceous) North Sea Basin. *Paleoceanography*, **10**(4):815-839.
- Wind F.H., 1979. Maastrichtian-Campanian nannofloral provinces of the southern Atlantic and Indian oceans. In: Talwani M., Hay W., Ryan W.B.F. (eds.) *Deep*

Sea Drilling Results in the Atlantic Ocean: continental margins and paleoenvironment, pp. 123-137.

Wind F.H. & Wise S.W. 1983. Correlation of Upper Campanian-Lower Maastrichtian calcareous nannofossil assemblages in drill and piston cores from the Falkland Plateau, Southwest Atlantic Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **71**:551-563.

Winter A., Jordan R., Roth P.H. 1994. Biogeography of living coccolithophores in ocean waters. In: Winter A., Siesser W.G. (eds.) *Coccolithophores*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 161-177.

Wise S.W. 1983. Mesozoic and Cenozoic Calcareous nannofossils recovered by Deep Sea Drilling Project Leg 71 in the Falkland Plateau Region, Southwest Atlantic Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **71**:481-550.

Wise S.W. 1988. Mesozoic-Cenozoic history of calcareous nannofossils in the region of the southern ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **67**:157-179.

Wise S.W. & Wind F.H. 1977. Mesozoic and Cenozoic Calcareous Nannofossils Recovered by DSDP Leg 36 Drilling on the Falkland Plateau, Southwest Atlantic Sector of the Southern Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **36**:269-491.

Worsley T. & Martini E. 1970. Late Maastrichtian nannoplankton provinces. *Nature*, **225**:1242-1243.

ANEXOS

Anexo 14a-b: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 1 (continua).

Lat. Alta			Lat. Média				Espécies	
JR	700B	511	358	356	530A	355		
1	1289	197	220	1008	7353	414	<i>Micula staurophora</i>	A
71	1753	1406	28	540	4152	698	<i>Watznaueria barnesiae</i>	
0	20	0	0	0	4	0	<i>Biscutum coronum</i>	B
5	124	17	0	6	9	0	<i>Lucianorhabdus cayeuxii</i>	
0	199	9	0	7	0	0	<i>Reinhardtites levis</i>	C1
0	5	0	0	19	54	21	<i>Broinsonia parca constricta</i>	
0	1	1	1	7	52	19	<i>Manivitella pemmatoidea</i>	C2
0	2	7	0	17	55	0	<i>Zeugrhabdotus bicrescenticus</i>	
0	15	0	0	6	50	11	<i>Broinsonia parca parca</i>	D
0	24	0	1	6	38	11	<i>Watznaueria manivittiae</i>	
0	34	0	16	4	37	17	<i>Micula swastica</i>	E
0	1	73	0	8	36	1	<i>Chiasozygus litterarius</i>	
1	0	52	7	3	37	1	<i>Micula concava</i>	F
0	1	59	3	6	21	2	<i>Retecapsa surirella</i>	
0	21	118	1	8	38	3	<i>Arkhangelskiella confusa</i>	G
0	14	32	0	0	71	1	<i>Lithastrinus grillii</i>	
0	0	42	0	8	76	0	<i>Lithraphidites carniolensis</i>	H1
0	18	24	1	6	57	6	<i>Watznaueria biporta</i>	
0	0	83	3	31	147	10	<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>	H2
0	12	11	11	39	187	18	<i>Micula cubiformis</i>	
2	0	42	1	10	109	100	<i>Retecapsa crenulata</i>	H1
0	28	33	0	4	0	0	<i>Arkhangelskiella maastrichtiensis</i>	
0	0	37	1	3	5	10	<i>Loxolithus armilla</i>	G
0	0	0	2	24	17	31	<i>Ceratolithoides aculeus</i>	
0	0	0	0	74	19	36	<i>Quadrum svabenicka</i>	H2
0	1	0	1	10	41	69	<i>Cylindralithus serratus</i>	
0	0	0	0	17	7	56	<i>Uniplanarius gothicus</i>	H1
0	0	0	1	34	23	0	<i>Microrhabdulus decoratus</i>	
0	0	0	1	8	2	13	<i>Ceratolithoides indiensis</i>	H2
2293	48	3160	0	6	47	0	<i>Biscutum constans</i>	
3836	0	1541	0	0	0	0	<i>Gephyrobiscutum diabolum</i>	H1
28	0	4284	0	0	0	0	<i>Repagulum parvidentatum</i>	
242	0	776	0	0	10	0	<i>Broinsonia matalosa</i>	H2
183	19	787	0	4	186	1	<i>Eiffellithus eximius</i>	
247	16	1154	0	2	68	0	<i>Reinhardtites anthophorus</i>	H1
311	0	1224	0	0	4	0	<i>Tranolithus salillum</i>	
78	85	1557	1	33	390	12	<i>Prediscosphaera cretacea</i>	H2
26	21	477	0	0	65	0	<i>Gartnerago obliquum</i>	
84	1	601	0	4	0	0	<i>Staurolithites laffittei</i>	H1
88	0	554	0	2	26	0	<i>Ahmuelerella octoradiata</i>	

Anexo 14b-b: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 1.

17	0	164	0	0	10	0	<i>Chiastozygus bifarius</i>	H3
15	0	243	0	8	8	0	<i>Prediscosphaera stoveri</i>	
2	0	253	0	0	0	0	<i>Seribiscutum primitivum</i>	
28	105	217	4	6	34	0	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	
32	125	344	5	3	15	0	<i>Kamptnerius magnificus</i>	
45	0	364	0	4	7	0	<i>Staurolithites minutus</i>	

Anexo 15a-b: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 2 (continua).

Lat. Alta		Lat. Média			Lat. Baixa		Espécies		
JR	700B	511	356	530A	355	661A			1258A
0	0	0	0	0	3	50	3	<i>Utoplaniarius trifidus</i> (raios longos)	A
5	124	17	6	1	0	0	0	<i>Lucianorhabdus cayeuxii</i>	B
0	199	9	12	14	1	2	18	<i>Reinhardtites levis</i>	
0	5	0	21	21	19	1	3	<i>Broinsonia parca constricta</i>	C
0	1	1	15	20	19	2	8	<i>Manivitella pemmatoidea</i>	
0	12	11	27	27	6	1	4	<i>Micula cubiformis</i>	
0	0	0	5	14	8	5	2	<i>Quadrum gartneri</i>	
0	0	0	13	14	7	11	8	<i>Utoplaniarius sissinghii</i>	
0	15	0	7	8	16	0	4	<i>Broinsonia parca parca</i>	
0	0	0	6	6	19	1	5	<i>Perchnielsenella stradneri</i>	
0	3	9	5	10	11	1	4	<i>Cylindralithus biarcus</i>	
0	1	73	8	10	0	0	8	<i>Chiastozygus litterarius</i>	
1	0	52	4	11	7	1	6	<i>Micula concava</i>	
3	1	35	18	5	0	0	7	<i>Eiffellithus turriseiffelii</i>	
0	0	43	11	5	0	0	12	<i>Placozygus fibuliformis</i>	
0	0	43	8	3	1	1	7	<i>Zeugrhabdotus sigmoides</i>	
0	0	37	5	5	33	1	7	<i>Loxolithus armilla</i>	E
0	18	24	6	11	34	25	7	<i>Watznaueria biporta</i>	F
0	14	32	2	0	1	7	1	<i>Lithastrinus grillii</i>	
0	0	83	75	29	35	0	108	<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>	G
0	0	0	49	18	6	1	68	<i>Microrhabdulus decoratus</i>	
0	2	7	47	9	0	0	66	<i>Zeugrhabdotus bicrescenticus</i>	
0	1	59	8	7	10	37	56	<i>Retecapsa surirella</i>	H
0	0	0	51	76	61	0	12	<i>Ceratolithoides aculeus</i>	I1
0	0	0	21	35	98	1	7	<i>Utoplaniarius gothicus</i>	
0	0	0	34	26	145	4	1	<i>Utoplaniarius trifidus</i> (raios curtos)	
0	0	0	15	9	65	0	0	<i>Ceratolithoides indiensis</i>	
0	1	0	12	8	63	0	9	<i>Cylindralithus serratus</i>	
0	34	0	6	11	52	0	3	<i>Micula swastica</i>	
0	24	0	6	11	52	0	39	<i>Watznaueria manivittiae</i>	
2	0	42	25	8	238	2	37	<i>Retecapsa crenulata</i>	I2
0	0	0	7	73	258	25	24	<i>Utoplaniarius trifidus</i> (raios médios)	
1	1289	197	547	2748	386	27	258	<i>Micula staurophora</i>	J
71	1753	1406	773	641	1207	102	1117	<i>Watznaueria barnesiae</i>	
242	0	776	2	0	0	0	0	<i>Broinsonia matalosa</i>	K1
183	19	787	6	1	0	0	0	<i>Eiffellithus eximius</i>	
247	16	1154	6	6	0	0	14	<i>Reinhardtites anthophorus</i>	
311	0	1224	0	0	0	0	1	<i>Tranolithus salillum</i>	
78	85	1557	53	39	26	1	290	<i>Prediscosphaera cretacea</i>	

Anexo 15a-b: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 2 (continua).

Anexo 15b-b: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 2.

26	21	477	0	1	0	0	9	<i>Gartnerago obliquum</i>	K2
84	1	601	6	0	0	0	2	<i>Staurolithites laffitei</i>	
88	0	554	3	2	0	0	11	<i>Ahmuellerella octoradiata</i>	
32	125	344	4	3	0	4	1	<i>Kamptnerius magnificus</i>	
45	0	364	4	0	0	0	0	<i>Staurolithites minutus</i>	
28	105	217	7	11	3	0	12	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	K3
17	0	164	1	0	0	0	10	<i>Chiasozygus bifarius</i>	
15	0	243	13	4	0	0	21	<i>Prediscosphaera stoveri</i>	
2	0	253	0	0	0	0	0	<i>Seribiscutum primitivum</i>	
0	21	118	21	12	7	0	7	<i>Arkhangelskiella confusa</i>	
2293	48	3160	14	3	0	0	11	<i>Biscutum constans</i>	K4
3836	0	1541	0	0	0	0	0	<i>Gephyrobiscutum diabolium</i>	
28	0	4284	0	0	0	0	0	<i>Repagulum parvidentatum</i>	

Anexo 16a-b: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 3 (continua).

Lat. Alta				Lat. Média			Lat. Baixa			Espécies	
690C	700B	511	327A	525A	356	530A	354	661A	1258A		
0	0	0	0	6	0	0	14	0	2	<i>Zeugrhabdodus trivectis</i>	A
1311	3149	116	545	70	3	0	20	36	55	<i>Kamptnerius magnificus</i>	B
1975	2777	62	53	80	0	3	0	0	1	<i>Lucianorhabdus cayeuxii</i>	
52	1464	12	12	6872	1146	3347	41	2156	1394	<i>Micula staurophora</i>	
477	357	406	82	1097	20	28	135	383	2136	<i>Prediscosphaera cretacea</i>	C
68	279	8	9	2682	243	0	220	1905	6047	<i>Watznaueria barnesiae</i>	
32	29	11	4	0	0	0	0	0	1	<i>Biscutum coronum</i>	
33	18	13	15	0	0	0	0	0	0	<i>Teichorhabdus ethmos</i>	
21	31	3	19	0	0	0	0	0	0	<i>Biscutum dissimilis</i>	
36	32	0	49	6	0	1	0	0	0	<i>Cribrosphaerella daniae</i>	
60	54	18	38	15	0	0	0	0	0	<i>Monomarginatus quaternarius</i>	D1
61	3	9	3	0	0	0	0	0	0	<i>Neocrepidolithus watkinsii</i>	
35	0	53	28	0	0	0	0	0	0	<i>Chiasozygus garrisonii</i>	
57	2	60	10	0	0	0	0	0	0	<i>Misceomarginatus pleniporus</i>	
8	0	21	16	0	0	0	0	0	0	<i>Nephrolithus cf. N. corystus</i>	
8	0	42	25	0	0	0	0	0	0	<i>Nephrolithus sp.</i>	
588	303	39	92	279	7	8	3	87	66	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	
264	224	58	107	164	0	11	0	58	34	<i>Reinhardtites levis</i>	
255	13	239	220	57	2	0	3	10	85	<i>Ahmuelerella octoradiata</i>	
416	133	178	230	98	1	2	0	0	164	<i>Prediscosphaera stoveri</i>	D2
349	59	129	130	258	18	2	3	5	56	<i>Eiffellithus turriseiffelii</i>	
541	19	39	73	32	2	1	8	7	43	<i>Prediscosphaera spinosa</i>	
792	714	100	324	4	0	0	1	0	0	<i>Biscutum magnum</i>	
774	14	15	428	2	1	0	0	0	0	<i>Nephrolithus corystus</i>	
111	8	116	230	18	0	0	0	0	3	<i>Biscutum notaculum</i>	
101	46	90	53	4	0	0	0	0	7	<i>Prediscosphaera arkhangelskyi</i>	
197	0	176	56	0	0	0	0	0	0	<i>Acuturris scotus</i>	D3
179	147	30	119	32	0	0	0	0	0	<i>Nephrolithus frequens</i>	
162	0	16	37	4	0	0	0	0	0	<i>Calculites obscurus</i>	
119	0	0	41	0	0	0	0	0	0	<i>Psyktosphaera firthii</i>	
40	227	2	12	12	4	0	5	12	27	<i>Arkhangelskiella maastrichtiensis</i>	E

Anexo 16b-b: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 3.

0	0	0	0	100	30	47	0	4	30	<i>Ceratolithoides aculeus</i>	F
0	45	0	0	76	5	63	3	31	43	<i>Micula swastica</i>	
0	0	0	0	52	1	69	0	8	32	<i>Uniplanarius gothicus</i>	
0	5	0	0	36	9	10	16	86	84	<i>Cylindralithus serratus</i>	
0	0	4	0	21	5	4	3	61	32	<i>Micula concava</i>	
1	0	0	0	41	5	0	9	0	26	<i>Eiffellithus parallelus</i>	
0	0	0	0	29	3	0	5	9	44	<i>Ahmuelerella regularis</i>	
1	0	2	0	32	5	5	4	18	42	<i>Loxolithus armilla</i>	
0	2	0	1	48	5	7	0	5	38	<i>Cylindralithus biarcus</i>	
0	0	0	0	42	14	9	3	16	41	<i>Manivitella pemmatoidea</i>	
0	0	0	0	74	8	0	2	39	54	<i>Microrhabdulus undosus</i>	
0	0	0	0	55	6	9	1	0	76	<i>Retecapsa angustiforata</i>	
1	24	0	0	58	5	0	8	19	74	<i>Watznaueria manivitiae</i>	
2	0	0	0	24	5	0	6	7	70	<i>Zeugrhabdotus embergeri</i>	
0	0	0	0	1	6	9	5	12	44	<i>Perchnielsenella stradneri</i>	
0	0	0	0	0	6	0	4	1	90	<i>Tetrapodorhabdus decorus</i>	
27	12	10	14	21	3	3	4	3	43	<i>Cervisiella saxea</i>	G
22	1	1	20	29	3	3	3	11	41	<i>Cretarhabdus conicus</i>	
22	0	0	8	6	2	0	4	0	36	<i>Chiastozygus amphipons</i>	
81	14	8	15	19	0	1	0	13	29	<i>Zeugrhabdotus sigmoides</i>	
34	19	29	81	64	5	2	3	0	40	<i>Eiffellithus gorkae</i>	
68	0	23	84	10	0	0	5	2	28	<i>Staurolithites imbricatus</i>	
4	0	21	0	10	4	0	1	1	23	<i>Staurolithites laffittei</i>	
130	21	42	7	307	0	8	124	5	225	<i>Biscutum constans</i>	H
1	3	1	0	326	8	1	120	149	420	<i>Lithraphidites carniolensis</i>	
0	2	0	0	255	19	9	12	24	398	<i>Microrhabdulus decoratus</i>	
183	41	49	14	666	27	22	55	20	778	<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>	
176	57	120	31	89	5	0	39	702	520	<i>Retecapsa surirella</i>	I
83	37	141	67	23	4	0	57	5	255	<i>Cervisiella operculata</i>	
64	31	5	35	33	1	3	0	20	385	<i>Zeugrhabdotus bicrescenticus</i>	J
64	33	53	50	6	1	0	0	1	127	<i>Gartnerago obliquum</i>	
22	48	14	20	149	19	11	1	24	83	<i>Arkhangelskiella confusa</i>	K
100	51	7	3	161	19	3	12	5	152	<i>Placozygus fibuliformis</i>	
0	0	0	0	183	14	7	1	0	9	<i>Ceratolithoides indiensis</i>	
7	25	1	4	228	49	32	6	204	56	<i>Micula cubiformis</i>	K
8	3	5	3	40	8	3	26	245	164	<i>Retecapsa crenulata</i>	
1	2	0	0	13	5	0	1	178	42	<i>Watznaueria biporta</i>	

Anexo 17: Espécies com ocorrência superior a 1% no Intervalo 4.

Lat. Alta		Lat. Média			Lat. Baixa		Espécies	
690C	700B	525A	356	530A	661A	1258A		
22	2	2336	2584	2644	535	1030	<i>Micula staurophora</i>	A
346	42	1181	271	32	129	973	<i>Prediscosphaera cretacea</i>	
5	2	542	1137	66	365	2185	<i>Watznaueria barnesiae</i>	
27	4	260	169	5	14	484	<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>	B
0	0	306	121	4	27	315	<i>Lithraphidites carniolensis</i>	
0	0	156	26	2	0	16	<i>Ceratolithoides indiensis</i>	
0	0	153	78	0	0	29	<i>Lithraphidites quadratus</i>	
1	0	132	66	2	8	133	<i>Microrhabdulus decoratus</i>	
0	2	105	22	44	4	126	<i>Micula swastica</i>	
13	3	97	145	0	0	155	<i>Placozygus fibuliformis</i>	C
1	1	181	124	23	54	83	<i>Micula cubiformis</i>	
0	0	93	15	55	19	41	<i>Micula murus</i>	
78	52	99	221	6	14	54	<i>Arkhangelskiella maastrichtiensis</i>	D
0	0	24	20	7	1	17	<i>Criboconna gallica</i>	
0	0	17	24	3	2	20	<i>Manivitella pemmatoidea</i>	
0	0	25	30	4	0	32	<i>Retecapsa angustiforata</i>	
3	2	15	16	0	0	20	<i>Eiffellithus gorkae</i>	
1	0	12	18	1	3	30	<i>Loxolithus armilla</i>	
0	0	14	16	4	3	26	<i>Retecapsa ficula</i>	
0	0	19	17	5	4	32	<i>Watznaueria manivitiae</i>	
0	0	5	15	4	7	23	<i>Micula concava</i>	
0	0	0	22	5	7	24	<i>Perchnielsenella stradneri</i>	
17	3	15	13	2	0	27	<i>Prediscosphaera spinosa</i>	
0	0	18	33	2	40	41	<i>Cylindralithus serratus</i>	
0	0	15	26	14	38	20	<i>Watznaueria biporta</i>	
52	2	44	47	1	1	41	<i>Eiffellithus turriseiffelii</i>	
0	0	24	63	0	5	30	<i>Microrhabdulus undosus</i>	
7	3	9	22	0	0	111	<i>Cervisiella operculata</i>	E
1	0	23	36	1	36	115	<i>Retecapsa crenulata</i>	
2	0	28	46	0	11	77	<i>Ahmuellerella regularis</i>	
47	5	36	20	3	43	179	<i>Retecapsa surirella</i>	F
77	13	7	3	0	0	0	<i>Cribrosphaerella daniae</i>	
542	177	17	17	0	3	132	<i>Kamptnerius magnificus</i>	
1127	187	23	18	0	0	123	<i>Prediscosphaera stoveri</i>	
359	92	21	14	0	0	1	<i>Nephrolithus frequens</i>	
266	20	94	46	9	29	18	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	
257	7	7	1	0	0	0	<i>Lucianorhabdus cayeuxii</i>	

Anexo 18a-e: Lista com as espécies identificadas e suas localizações (continua).

Latitude alta					Latitude média					Latitude baixa			Espécies
JR	690C	700B	511	327A	358	356	525A	530A	355	354	661A	1258A	
X	X		X	X									<i>Acuturris scotus</i>
X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	<i>Ahmuelerella octoradiata</i>
	X					X	X	X		X	X	X	<i>Ahmuelerella regularis</i>
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Arkhangelskiella confusa</i>
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>
	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	<i>Arkhangelskiella maastrichtiaensis</i>
	X		X	X							X		<i>Arkhangelskiella specillata</i>
						X	X	X	X				<i>Assipetra</i> sp.
X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	<i>Biscutum constans</i>
	X	X	X	X		X		X				X	<i>Biscutum coronum</i>
X	X	X	X	X									<i>Biscutum dissimilis</i>
X	X	X	X	X		X	X			X			<i>Biscutum magnum</i>
	X	X	X			X		X					<i>Biscutum melaniae</i>
	X	X	X	X		X	X			X		X	<i>Biscutum notaculum</i>
			X	X									<i>Boletuvelum candens</i>
								Xr					<i>Braarudosphaera africana</i>
X						X		X					<i>Braarudosphaera bigelowii</i>
								X				X	<i>Braarudosphaera turbinea</i>
			X	X									<i>Broinsonia enormis</i>
X			X			X		X				X	<i>Broinsonia matalosa</i>
	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	<i>Broinsonia parca constricta</i>
X							X						<i>Broinsonia parca expansa</i>
		X	X	X		X	X	X	X			X	<i>Broinsonia parca parca</i>
		X	X										<i>Broinsonia</i> (pequena)
								X			X	X	<i>Bukryaster hayi</i>
X	X		X	X			X	X					<i>Calculites obscurus</i>
X													<i>Calculites ovalis</i>
X													<i>Calculites</i> sp. (vista lateral)
	X			X									<i>Centhosphaera barbata</i>
					X	X	X	X	X		X	X	<i>Ceratolithoides aculeus</i>
						X	X	X				X	<i>Ceratolithoides amplexor</i>
						X	X	X			X	X	<i>Ceratolithoides arcuatus</i>
					X	X	X	X	X	X		X	<i>Ceratolithoides indiensis</i>
						X	X	X			X	X	<i>Ceratolithoides kamptneri</i>
						X	X	X					<i>Ceratolithoides longissimus</i>
						X	X					X	<i>Ceratolithoides pricei</i>
							X				X	X	<i>Ceratolithoides quasiarcuatus</i>
						X	X				X		<i>Ceratolithoides self-trilliae</i>
							X						<i>Ceratolithoides sesquipedalis</i>
	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	<i>Cervisiella operculata</i>
X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	<i>Cervisiella saxea</i>
	X		X	X		X	X	X		X		X	<i>Chiastozygus amphipons</i>
X		X	X			X	X	X		X		X	<i>Chiastozygus bifarius</i>
	X		X	X									<i>Chiastozygus garrisonii</i>
	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	<i>Chiastozygus litterarius</i>
X				X									<i>Chiastozygus stylesii</i>

Anexo 18b-e: Lista com as espécies identificadas e suas localizações (continua).

			X			X				X		X	<i>Chiastozygus synquadriperforatus</i>
						X						X	<i>Chiastozygus trabalis</i>
						X	X					X	<i>Corollithion completum</i>
						X	X	X		X		X	<i>Corollithion madagaskarensis</i>
			X					X					<i>Corollithion signum</i>
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	<i>Cretarhabdus conicus</i>
					X	X	X	X	X			X	<i>Cribrocorona gallica</i>
X	X		X		X	X	X						<i>Cribrosphaerella daniae</i>
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>
X													<i>Crucibistum</i> sp.
						X	X						<i>Cyclagelosphaera jiangii</i>
			X			X	X	X					<i>Cyclagelosphaera margerelii</i>
X	X	X	X	X			X	X				X	<i>Cyclagelosphaera reinhardtii</i>
X			X			X	X	X			X		<i>Cyclagelosphaera rotaclypeata</i>
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Cylindralithus biarcus</i>
		X						X					<i>Cylindralithus sculptus</i>
		X			X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Cylindralithus serratus</i>
X			X					X					<i>Discorhabdus ignotus</i>
X		X	X			X		X	X			X	<i>Eiffellithus eximius</i>
X	X	X	X	X		X	X	X		X		X	<i>Eiffellithus gorkae</i>
X													<i>Eiffellithus keio</i>
	X					X	X			X		X	<i>Eiffellithus parallelus</i>
X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	<i>Eiffellithus turiseiffelii</i>
		X						X			X		<i>Eprolithus floralis</i>
								Xr					<i>Eprolithus moratus</i>
								Xr					<i>Fabelithes oblongus</i>
X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	<i>Gartnerago obliquum</i>
	X	X	X			X		X		X		X	<i>Gartnerago segmentatum</i>
X			X										<i>Gephyrobiscutum diabolum</i>
			X					X				X	<i>Grantarhabdus coronadventis</i>
						X		X					<i>Haqius circumradiatus</i>
	X	X	X			X	X	X			X	X	<i>Helicolithus anceps</i>
			X	X				X					<i>Helicolithus compactus</i>
	X		X			X	X	X		X		X	<i>Helicolithus trabeculatus</i>
						X		X	X			X	<i>Hexalithus gardetiae</i>
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	<i>Kamptnerius magnificus</i>
	X	X	X	X				X				X	<i>Lapideacassis asymmetrica</i>
			X										<i>Lapideacassis cornuta</i>
X	X	X	X	X				X		X		X	<i>Lapideacassis mariae</i>
	X		X	X									<i>Lapideacassis tricornus</i>
		X											<i>Lapideacassis</i> sp.
		X	X			X	X	X	X		X	X	<i>Lithastrinus grillii</i>
											X	X	<i>Lithastrinus quadricuspis</i>
								Xr					<i>Lithastrinus septenarius</i>
	X	X	X			X	X	X		X	X	X	<i>Lithraphidites carniolensis</i>
						X	X			X	X	X	<i>Lithraphidites praequadratus</i>
						X	X			X		X	<i>Lithraphidites quadratus</i>
	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Loxolithus armilla</i>

Anexo 18c-e: Lista com as espécies identificadas e suas localizações (continua).

	X		X	X									<i>Lucianorhabdus arcuatus</i>
X	X	X	X	X		X	X	X				X	<i>Lucianorhabdus cayeuxii</i>
X	X		X	X									<i>Lucianorhabdus maleformis</i>
		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Manivitella pemmatoidea</i>
							X						<i>Markalius apertus</i>
	X	X	X			X	X						<i>Markalius inversus</i>
			X					X					<i>Marthasterites furcatus</i>
	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Microrhabdulus decoratus</i>
						X	X			X	X	X	<i>Microrhabdulus undosus</i>
						X	X	X			X		<i>Micula adumbrata</i>
			X		X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Micula concava</i>
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Micula cubiformis</i>
						X	X	X			X	X	<i>Micula murus</i>
							X	X			X	X	<i>Micula praemurus</i>
	X	X				X	X	X				X	<i>Micula premolisilvae</i>
						X	X	X			X	X	<i>Micula prinsii</i>
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Micula staurophora</i>
		X			X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Micula swastica</i>
	X	X	X	X									<i>Misceomarginatus pleniporus</i>
	X	X	X	X	X		X						<i>Monomarginatus quaternarius</i>
								X					<i>Nannoconus (vista apical)</i>
	X	X	X	X									<i>Neocrepidolithus watkinsii</i>
	X		X	X									<i>Nephrolithus cf. N. corystus</i>
	X	X	X	X		X	X						<i>Nephrolithus corystus</i>
	X	X	X	X		X	X					X	<i>Nephrolithus frequens</i>
	X		X	X									<i>Nephrolithus sp.</i>
	X		X	X									<i>Octocyclus magnus</i>
X			X										<i>Octolithus multiplus</i>
				X									<i>Orastrum asarotum</i>
						X	X	X	X	X	X	X	<i>Perchnielsenella stradneri</i>
X			X										<i>Percivalia dunkleyjonesii</i>
X			X				X					X	<i>Percivalia fenestrata</i>
	X					X	X	X	X			X	<i>Petrarhabdus copulatus</i>
						X	X						<i>Petrarhabdus vietus</i>
	X		X	X									<i>Pharus similacrum</i>
	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	<i>Placozygus fibuliformis</i>
	X	X	X	X		X	X	X				X	<i>Prediscosphaera arkangelskyi</i>
X			X	X									<i>Prediscosphaera cf. P. grandis</i>
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Prediscosphaera cretacea</i>
	X	X				X	X	X	X		X	X	<i>Prediscosphaera grandis</i>
						X		X		X	X	X	<i>Prediscosphaera majungae</i>
X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	<i>Prediscosphaera spinosa</i>
X	X	X		X		X	X	X				X	<i>Prediscosphaera stoveri</i>
						X	X					X	<i>Pseudomicula quadrata</i>
	X			X									<i>Psyktosphaera firthii</i>
						X	X	X	X		X	X	<i>Quadrum gartneri</i>
						X		X	X			X	<i>Quadrum svabenickae</i>
X	X	X	X	X		X		X			X	X	<i>Reinhardtites anthophorus</i>

Anexo 18d-e: Lista com as espécies identificadas e suas localizações (continua).

	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	<i>Reinhardtites levis</i>
X			X	X									<i>Repagulum parvidentatum</i>
						X	X	X		X		X	<i>Retecapsa angustiforata</i>
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Retecapsa crenulata</i>
	X					X	X		X	X	X	X	<i>Retecapsa ficula</i>
			X			X	X	X	X	X	X	X	<i>Retecapsa schizobrachiata</i>
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Retecapsa surirella</i>
X			X			X	X	X		X	X	X	<i>Rhagodiscus angustus</i>
						Xr		Xr					<i>Rhagodiscus asper</i>
X													<i>Rhagodiscus</i> cf. <i>R. splendens</i>
						X	X	X				X	<i>Rhagodiscus indistinctus</i>
X			X			X	X				X	X	<i>Rhagodiscus reniformis</i>
			X			X	X			X		X	<i>Rhagodiscus splendens</i>
				X			X					X	<i>Rhombolithion rhombicum</i>
	X												<i>Rucinolithus</i> sp.
X			X										<i>Seribiscutum primitivum</i>
X													<i>Staurolithites elongatus</i>
	X			X		X	X			X		X	<i>Staurolithites flavus</i>
	X		X	X			X			X	X	X	<i>Staurolithites imbricatus</i>
X	X	X	X			X	X			X	X	X	<i>Staurolithites laffittei</i>
		X				X	X	X				X	<i>Staurolithites mielnicensis</i>
X			X			X	X	X		X		X	<i>Staurolithites minutus</i>
X	X		X										<i>Staurolithites</i> sp1
X								X					<i>Tegumentum lucidum</i>
			X			X	X			X		X	<i>Tegumentum stradneri</i>
	X	X	X	X			X	X					<i>Teichorhabdus ethmos</i>
			X			X	X	X		X	X	X	<i>Tetrapodorhabdus decorus</i>
						X		X				X	<i>Tranolithus gabalus</i>
						X	X	X		X			<i>Tranolithus minimus</i>
	X	X				X	X	X				X	<i>Tranolithus orionatus</i>
X	X		X	X			X	X				X	<i>Tranolithus salillum</i>
						X							<i>Tranolithus</i> sp.
	X		X	X		X	X	X		X		X	UFO
						X	X	X	X		X	X	<i>Uniplanarius gothicus</i>
						X	X	X	X		X	X	<i>Uniplanarius sissinghii</i>
								X	X		X	X	<i>Uniplanarius trifidus</i> (raios longos)
						X	X	X	X		X	X	<i>Uniplanarius trifidus</i> (raios médios)
						X	X	X	X		X	X	<i>Uniplanarius trifidus</i> (raios curtos)
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Watznaueria barnesiae</i>
	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Watznaueria biporta</i>
	X		X			X	X	X			X	X	<i>Watznaueria fossacincta</i>
	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Watznaueria manivittiae</i>
	X		X			X	X	X	X	X	X	X	<i>Watznaueria ovata</i>
			X				X			X		X	<i>Zeugrhabdotus acanthus</i>
	X	X	X	X		X	X	X			X	X	<i>Zeugrhabdotus bicrescenticus</i>
			X					X					<i>Zeugrhabdotus biperforatus</i>
		X	X	X		X		X			X	X	<i>Zeugrhabdotus diplogrammus</i>
	X					X	X	X		X	X	X	<i>Zeugrhabdotus embergeri</i>

Anexo 18e-e: Lista com as espécies identificadas e suas localizações.

			X			X	X	X				X	<i>Zeugrhabdotus erectus</i>
	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	<i>Zeugrhabdotus praesigmoides</i>
	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	<i>Zeugrhabdotus sigmoides</i>
			X					X					<i>Zeugrhabdotus sigmoides (grande)</i>
			X				X			X		X	<i>Zeugrhabdotus trivectis</i>
						X							<i>Zeugrhabdotus sp1</i>
						X							<i>Zeugrhabdotus sp2</i>