



**Nanofósseis Calcários Neógenos da Elevação do Rio Grande e Canal de Vema (DSDP - Leg 72, Sites 516, 516A e 518 - Oceano Atlântico Sul): Sistemática do Gênero *Discoaster***  
Neogene Calcareous Nannofossils from the Rio Grande Rise and Vema Seachannel  
(DSDP - Leg 72, Sites 516A and 518 - South Atlantic Ocean): Systematics of the Genus *Discoaster*

André Luiz Gatto Motta<sup>1</sup>; Flavia Azevedo Pedrosa<sup>1,2</sup>;  
Cleber Fernandes Alves<sup>3</sup> & Maria Dolores Wanderley<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências,  
Departamento de Geologia, Laboratório de Biossedimentologia e Nanofósseis Calcários,  
Avenida Athos da Silveira Ramos, 274, 21910-916, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia,  
Laboratório de Bioestratigrafia Aplicada ao Petróleo, R. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 50740-467, Recife, PE, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia,  
Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica,  
Av. Athos das Silveira Ramos, 274, 21910-916, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro-RJ, Brasil  
E-mais: andregatto@geologia.ufrj.br; flaviapedrosa.geo@gmail.com; alvescf@gmail.com; doloreswanderley@msn.com

Recebido em: 20/05/2019 Aprovado em: 17/07/2019

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2019\\_3\\_489\\_503](http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_489_503)

## Resumo

Os discoasteres são nanofósseis calcários de ampla distribuição e especiação no Cenozoico, apresentando formas de estrelas ou rosetas. No Neógeno, este gênero orienta a detecção de diversas biozonas, através de seus surgimentos e extinções. Porém, por possuírem raios compostos por calcitas de hábito tabular, são mais suscetíveis aos efeitos de supercrescimento e recristalização que os cocólitos, sendo muitos indivíduos, morfologicamente diferentes, englobados numa mesma espécie, e apresentados como variações preservacionais. Ao investigarmos os estratos mio-pleiocênicos da Elevação do Rio Grande e Canal de Vema, nos deparamos com quantidades representativas destas variantes preservacionais, que são discutidas neste trabalho. Vinte e três táxons foram descritos e oito variantes foram destacadas, de forma a apresentarmos novas observações e discussões, visando possíveis aplicações bioestratigráficas em investigações futuras.

**Palavras-chave:** Discoaster; Elevação do Rio Grande; Canal de Vema

## Abstract

Discoasters are calcareous nanofossils with wide distribution and speciation in the Cenozoic, presenting star or rosette shapes. In the Neogene, this genus guides the detection of several biozones, through its emergences and extinctions. However, as their rays are composed of tabular calcites, they are more susceptible to overgrowth and recrystallization than cocoliths, whereas many individuals, morphologically different, are encompassed in the same species, and presented as preservational variants. During the investigation of Miocene to Pliocene *strata* in the Rio Grande Rise and Vema Seachannel, we faced with a representative amount of these preservational variants, which are discussed in this paper. Twenty-three taxa were described and eight variants were highlighted, in order to present new observations and discussions, aiming at possible biostratigraphic applications in future investigations.

**Keywords:** Discoaster; Rio Grande Rise; Vema Seachannel

## 1 Introdução

O gênero *Discoaster* abrange os nanolitos em formas de rosetas ou estrelas, compostos por cristais normalmente tabulares de calcita (Bukry, 1971). São recuperados em sedimentos marinhos finos, em associação com outros nanofósseis calcários, do Paleoceno Superior ao topo do Pleistoceno Inferior, e pela ausência de um ser vivo análogo, somente especulações sobre seu processo de calcificação são possíveis (Bukry, 1971; Haq & Boersma, 1998).

Aubry *et al.* (2011) inferem uma relação direta entre este gênero e os cocolitoforídeos, sugerindo que a estrutura dos cocólitos do gênero *Biantholithus* poderiam posicionar de forma precisa os discoasteres como tais.

Segundo Martini & Worsley (1971), os cristais tabulares possibilitam uma melhor captura de ions suspensos em soluções intersticiais, possibilitando uma nucleação mais fácil do que nos elementos discretos nos escudos dos cocólitos. Desta forma, são comuns as classificações de novos táxons que na verdade são morfotipos preservacionais, fazendo com que alguns autores optem pelo desuso de diversas nomenclaturas, agrupando-as em variantes preservacionais (Ex: Young *et al.*, 2017).

Como este gênero apresenta diversos marcadores bioestratigráficos nos principais arcabouços cenozoicos (Martini, 1971; Okada & Bukry, 1980; Backman *et al.*, 2012), e por ocorrer com alta diversificação destes morfotipos preservacionais em sedimentos pelágicos da Elevação do Rio Grande e do Canal de Vema, apresentamos aqui um compilado de descrições e ilustrações das espécies e variantes observadas, visando contribuir em futuras investigações de seus valores bioestratigráficos e paleoecológicos ou possíveis retomadas de nomenclaturas em desuso.

## 2 Contexto Geológico e Área de Estudo

A Elevação do Rio Grande corresponde a uma grande estrutura assísmica na Província Abissal do Oceano Atlântico Sul, separando as Bacias da Argentina e do Brasil, com profundidades ente 1000 m e 4000 m. Esta feição foi datada do Neocretáceo

(Perch-Nielsen, 1977; Thiede, 1977), sendo recuperados, no Site 516, basaltos do Santoniano-Coniaciano similares aos da Dorsal Mesoatlântica aflorante na Islândia (Barker *et al.*, 1983).

A gênese e evolução tectonossedimentar regional se dá no contexto do rifteamento e separação do Gondwana, no Neocomiano, que resultou no posterior surgimento do Oceano Atlântico Sul. (Larson & Ladd, 1973). Este processo deu origem a diferentes feições geomorfológicas como a barreira topográfica formada pelo lineamento Leste-Oeste do complexo São Paulo - Walvis, exercendo um controle da circulação oceânica no Atlântico Sul recém-formado (Kumar & Gambôa, 1979).

Barker *et al.* (1983), ao comparar a Elevação do Rio Grande com a Cadeia Walvis, inferem que esta tenha se desenvolvido em assoalho oceânico mais antigo e ativamente controlada pela fábrica de zonas de fraturas geradas pela cadeia Meso-Atlântica. Outros possíveis processos são discutidos em Mohriak *et al.* (2010).

O Canal de Vema, uma feição erosiva estreita, de 4700 m de profundidade, que corta a elevação de Sul para Norte, destaca-se por permitir a inserção da Água de Fundo da Antártica, que circula a mais de 4000 m de profundidade, na Bacia Oceânica do Brasil (Le Pichon *et al.*, 1971). Esta massa d'água age também como principal mecanismo transportador de sedimentos em suspensão oriundos das camadas nefelóides da bacia da Argentina (Barker *et al.*, 1983).

Os Sites 516, 516A (30°16.59'S, 35°17.10'W) e 518 (29°58.42'S, 38°08.12'W) foram perfurados respectivamente na Elevação do Rio Grande e no Canal de Vema (Figura 1) pelo *Deep Sea Drilling Project* (DSDP), atualmente *International Ocean Discovery Program* (IODP), sob lâminas d'água de 1313 m e 3944 m.

A sucessão mio-pleiocênica estudada neste trabalho (Figura 2) abrange as unidades 1 e 2 descritas por Barker *et al.* (1983), ou seja, vasas de nanofósseis e foraminíferos planctônicos, brancas e amareladas à marrom claro e cinza claro, com em média 90% de material biogênico (60-80% nanofósseis e 0-20% foraminíferos) na unidade 1. Já a unidade 2, consiste

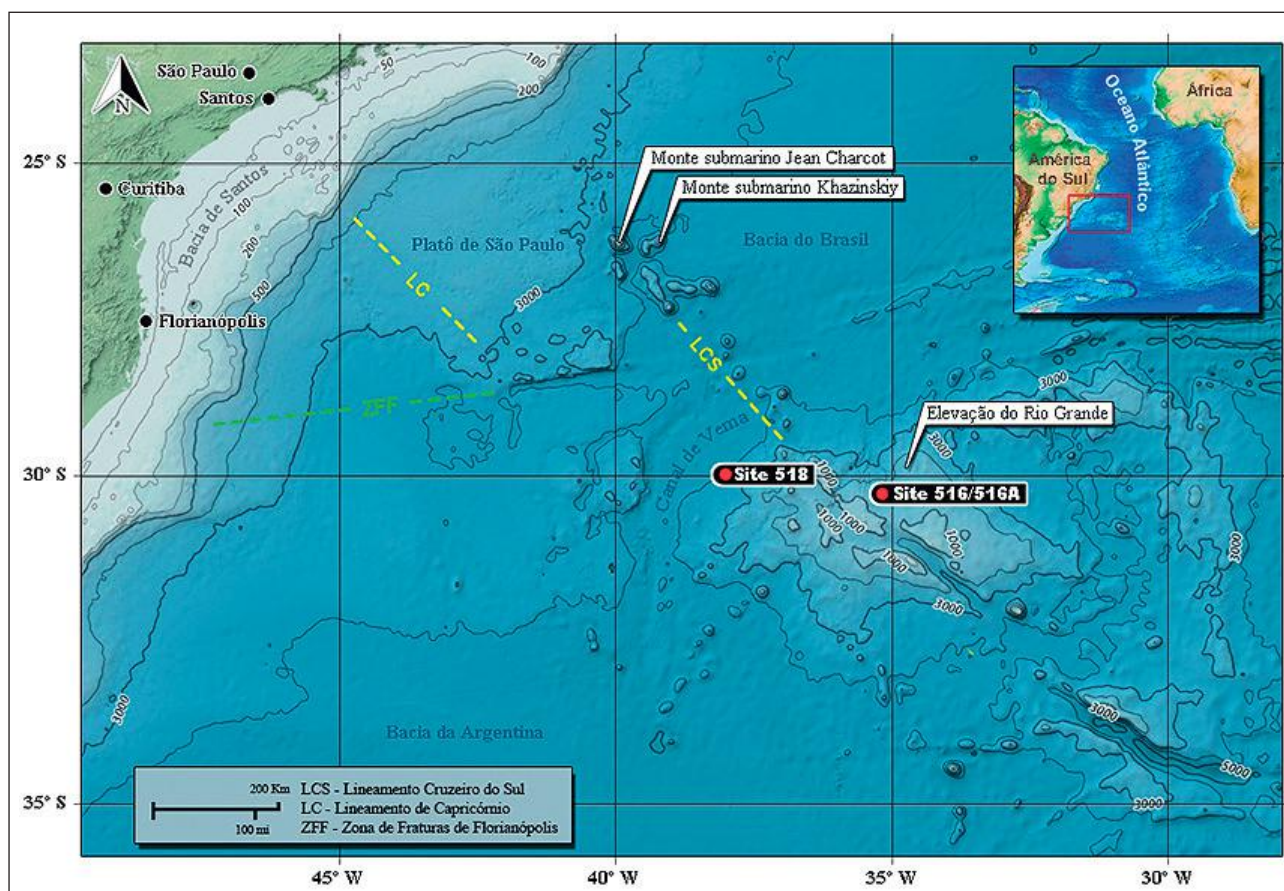


Figura 1 Localização dos Sites 516, 516A e 518 e principais feições fisiográficas regionais (Adaptado de NOAA, 2019)

em lamas terrígenas cinza escuras e avermelhadas (10% de zeólitas, 20% de quartzo e feldspato, 5% de nanofósseis e 50% de argilas) e vasas de nanofósseis margosas de cor marrom claro à cinza claro e marrom amarelado (40-60% de nanofósseis, 0-10% de foraminíferos e 5-10% de minerais terrígenos).

### 3 Materiais e Métodos

Cinquenta e oito amostras coletadas pelo DSDP, nos furos 516 (12 amostras), 516A (30 amostras) e 518Z (16 amostras), foram preparadas segundo o método descrito por Antunes (1997). As análises qualitativas foram realizadas com o auxílio de um microscópio óptico de luz polarizada (MO) equipado com platina giratória, objetivas de 50 x e 100 x, e oculares de 10 x e 16 x, com ampliação máxima de 1600 x.

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) também foi utilizado, visando observações

mais precisas da ultraestrutura dos fósseis. Para isso, foram preparadas dezessete amostras a partir de seus respectivos sobrenadantes. Uma gota de cada foi evaporada à 65° em bases de carbono e os fósseis precipitados foram recobertos com ouro e posicionados em *stubs*. Foram utilizadas aproximações entre 1500 x e 13.000 x.

Para a identificação dos discoasteres, foram utilizadas as descrições taxonômicas presentes em Farinacci (1969), Bramlette & Wilcoxon (1967), Bukry (1971), Haq & Berggren (1978), Aubry (1984), Browning *et al.* (2017), de Kaenel *et al.* (2017) e Young *et al.* (2017), utilizando a terminologia padrão para nanofósseis (Young *et al.*, 1997). A preservação foi classificada em excelente, boa, moderada e ruim, segundo a técnica descrita em Bown (1998).

Os intervalos de ocorrência foram descritos segundo biohorizontes calibrados por astrobiocrono-



Nanofósseis Calcários Neógenos da Elevação do Rio Grande e Canal de Vema  
(DSDP - Leg 72, Sites 516, 516A e 518 - Oceano Atlântico Sul): Sistemática do Gênero Discoaster  
André Luiz Gatto Motta; Flavia Azevedo Pedrosa; Cleber Fernandes Alves & Maria Dolores Wanderley

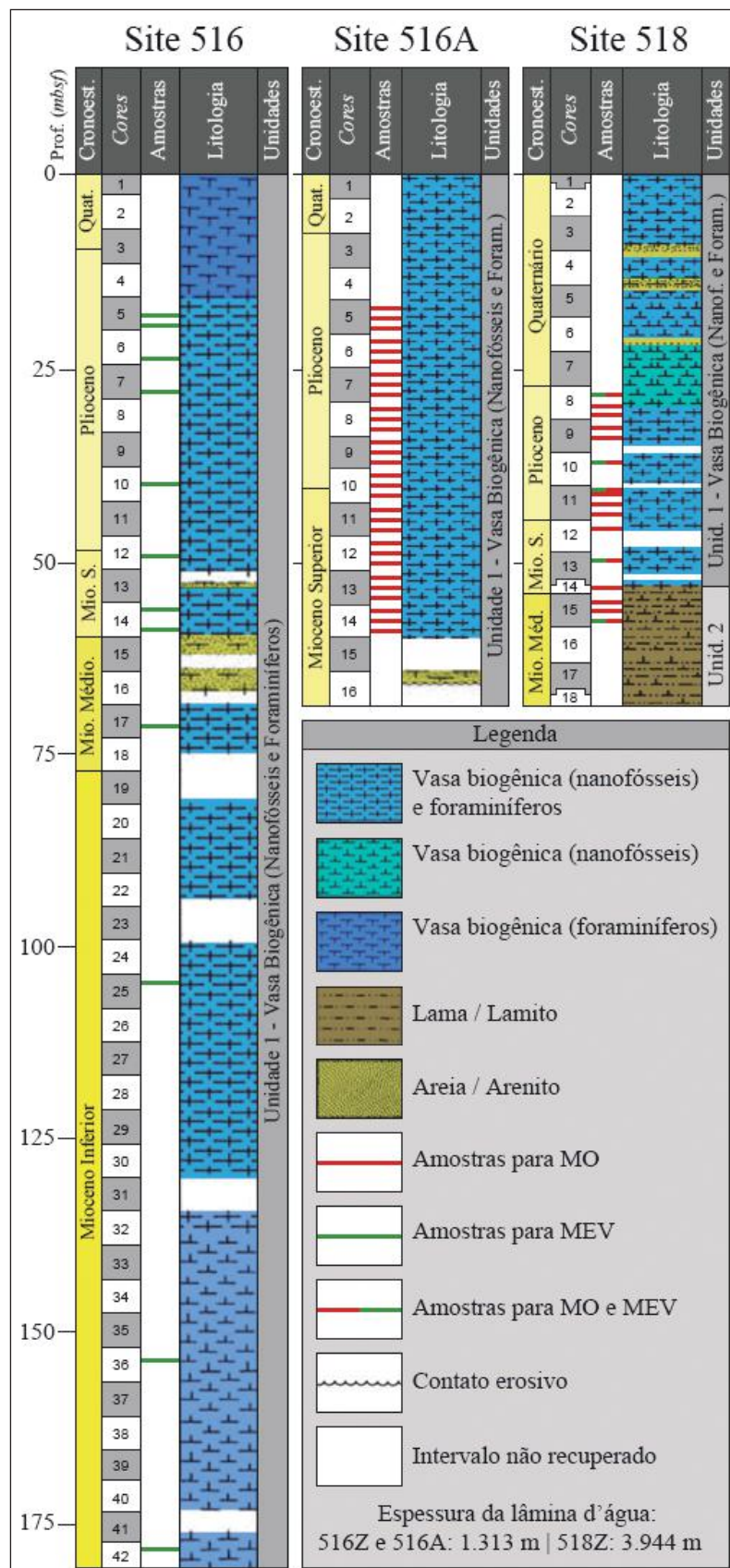


Figura 2 Perfil litoestratigráfico dos Sites 516, 516A e 518 (Adaptado de Barker *et al.*, 1983)

logia e estimativas estatísticas (Gartner, 1967; Hay *et al.*, 1967; Farinacci, 1969; Martini & Worsley, 1971; Aubry, 1984; Young, 1998; Raffi *et al.*, 2006; Blair *et al.*, 2017; Browning *et al.*, 2017; de Kaenel *et al.*, 2017; Young *et al.*, 2017), e a ocorrência bioestratigráfica (Figura 3) com base no biozoneamento padrão de Martini (1971).

#### 4 Sistemática Paleontológica

Reino **CHROMISTA** Cavalier-Smith, 1981

Divisão (Filo) **HAPTOPHYTA** Hibberd *ex* Cavalier-Smith, 1986

Classe **PRYMNESIOPHYCEAE** Hibberd, 1976

Subclasse **PRYMNESIOPHYCIDAE** Cavalier-Smith, 1986

Ordem **DISCOASTERALES** Hay, 1977

Família **DISCOASTERACEAE** Tan, 1927

Gênero *Discoaster* Tan, 1927

Grupo **DISCOASTER BROUWERI** de Young (1998)

*Discoaster asymmetricus* Gartner, 1969

Figuras 4a-b

1969 *Discoaster asymmetricus* Gartner, p. 595, est. 1, figs. 1-3

**Descrição:** Asterolitos delgados com cinco raios. Variante assimétrico de *D. brouweri*, com raios delicados que se doblam proximalmente, podendo apresentar botão na área central.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Zancleano (NN15, 3.9 Ma) - Gelasiano (NN18, 1,93-2,39 Ma).

**Observações:** A espécie assemelha-se à *D. astellaris*, que apresenta área central lisa como fator diagnóstico (Blair *et al.*, 2017). Os espécimes recuperados apresentaram dimensões em torno de 15 µm e preservação ruim a boa.

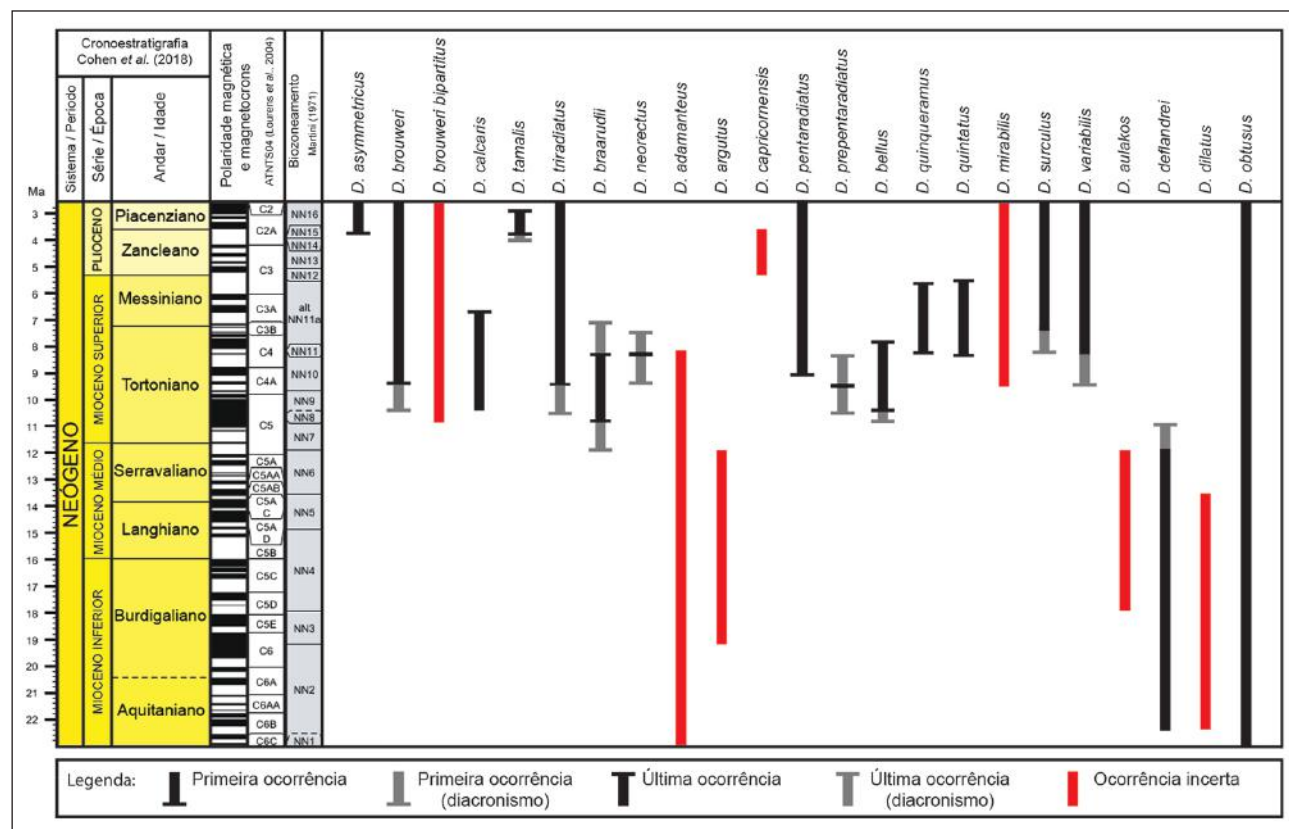


Figura 3 Ocorrência bioestratigráfica global dos discoasteres neógenos.

*Discoaster brouweri* Tan, 1927, *emend.*  
Bramlette & Riedel, 1954

Figuras 4c-d

1998 *Discoaster brouweri* (Tan) Young, p.  
258, est. 8.7, figs. 27-29

**Descrição:** Asterolitos de seis raios com pontas não bifurcadas, curvadas proximalmente, conferindo-lhes uma forma côncavo-convexa. A superfície distal é lisa e a proximal mais esculpida, com botão frequentemente presente.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN9, 9.53-10.55 Ma) - Gelasiano (NN18, 1.9 Ma).

**Observações:** Este táxon é comumente confundido com *D. braarudii* e *D. dennei*, porém, estes apresentam raios planos (Browning *et al.*, 2017). Os espécimes observados apresentaram grande variedade morfológica, com dimensões entre 11 e 20 µm e preservação de moderada a boa.

*Discoaster brouweri bipartitus* Haq & Berggren (1978)

Figuras 4e-f

1954 *Discoaster brouweri* Tan, 1927, *emend.*  
Bramlette & Riedel, p. 402, fig. 12; fig-text. 3a-b

**Descrição:** Asterolitos de seis raios, com extremidades pontiagudas e estrutura composta por dois arranjos de três raios sobrepostos, com angulações interraios de aproximadamente 120°.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Incerta. Ocorre do Tortoniano (NN8) ao Gelasiano (NN18).

**Observações:** Esta nomenclatura caiu em desuso, sendo a espécie classificada atualmente como uma variante preservacional de *D. brouweri*. Neste estudo observamos uma ocorrência representativa do morfotipo descrito previamente por Haq & Berggren (1978), também na Elevação do Rio Grande. Os exemplares recuperados apresentaram dimensões entre 10 e 17 µm e preservação moderada a boa. Os arranjos de três raios assemelham-se aos exemplares de *D. triradiatus* bem preservados, sugerindo uma possível relação evolutiva.

*Discoaster calcaris* Gartner 1967

Figura 4g

1967 *Discoaster calcaris* Gartner, p. 2, est. 2,  
figs. 1-3b

**Descrição:** Asterolitos de seis raios longos, com pontas rasas e assimétricas (deflexão no sentido horário em vista distal), bifurcação estendendo-se proximalmente e botão proximal.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN9) - Messiniano (NN11, 6.7 Ma).

**Observações:** O elemento longo da bifurcação é alinhado com o raio, já o curto é um esporão que se desvia do eixo do raio. A assimetria das pontas pode ser maior conforme o esporão sofre supercrescimento diagenético. Na variante *D. neohamatus*, o elemento longo se dobra proximalmente, semelhante ao grupo *D. hamatus* (Browning *et al.*, 2017). Os exemplares observados apresentaram dimensões entre 18 e 21 µm e preservação moderada a boa.

*Discoaster tamalis* Kamptner, 1967

Figuras 4h-i

1967 *Discoaster tamalis* Kamptner, p. 166,  
fig-text. 28

**Descrição:** Asterolitos semelhantes a *D. brouweri*, com quatro raios ortogonais simétricos.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Zancleano (NN14, 3.92-4.13 Ma) - Gelasiano (NN16, 2.9 Ma) - Gelasiano.

**Observações:** Diferente de Kamptner (1967) em sua descrição original, Browning *et al.* (2017) observam suturas visíveis na porção distal de *D. tamalis*, em espécimes bem preservados, bem como exemplares não ortogonais. Neste trabalho, os espécimes apresentaram dimensões entre 10 e 15 µm, com preservação moderada a boa e linhas suturais aparentes ao MO e MEV.

*Discoaster triradiatus* Tan, 1927

Figura 4j

1927 *Hemidiscoaster triradiatus* Tan, p. 417

**Descrição:** Asterolitos simétricos semelhantes a *D. brouweri* com três raios separados por ângulos de aproximadamente 120°. Um botão central pequeno pode ser processado.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN9, 9.53-10.55 Ma) - Gelasiano, no Estágio Isotópico Marinho (MIS) 82 (2,2 Ma), (Raffi *et al.*, 2006).

**Observações:** Exemplares de *D. triradiatus* podem ser confundidos com *D. variabilis* de três raios ou *D. tribollii*, sendo que estes possuem as pontas dos raios bifurcadas (Browning *et al.*, 2017). Neste estudo, os espécimes recuperados apresentaram dimensões em torno de 15  $\mu\text{m}$  e preservação moderada a boa. Destaca-se a semelhança deste táxon com os arranjos trirradiados dos exemplares de *D. brouweri bipartitus*, sugerindo uma relação evolutiva como discutido acima.

***Discoaster braarudii* Bukry 1971**

Figuras 4k-l

1927 *Discoaster brouweri* Tan, p. 415, figs. 5-8, 13

**Descrição:** Asterolito de seis raios semelhante a *D. brouweri*, porém com as pontas dos raios simples, sem extensões proximais.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Serravaliano (NN7, 10.89-11.90 Ma) - Messiniano (NN11, 5.59-8.29 Ma).

**Observações:** Este táxon pode englobar espécies quebradas ou dissolvidas de *D. exilis* e *D. brouweri*, dificultando a diagnose. Confunde-se também com *D. dennei*, diferindo pela área central menor e terminações abruptas dos raios (Browning *et al.*, 2017). Os poucos exemplares observados neste trabalho apresentaram dimensões em torno de 6  $\mu\text{m}$  e preservação moderada a boa.

***Discoaster neorectus* Bukry, 1971**

Figura 4m

1971 *Discoaster neorectus* Bukry, p. 316, est. 4, figs. 6-7

**Descrição:** Asterolito muito grande (>20  $\mu\text{m}$ ), com seis raios planos e terminações simples.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN10, 8.29-9.53 Ma) - Tortoniano (NN11a, 7.42-8.29 Ma).

**Observações:** Diferencia-se das outras espé-

cies de *Discoaster* de seis raios principalmente pelo tamanho grande, raios planos e pontas não bifurcadas (Browning *et al.*, 2017). Os espécimes recuperados neste estudo apresentaram dimensões entre 20 e 27  $\mu\text{m}$  e preservação ruim a moderada.

Grupo **DISCOASTER ASTER** e outras espécies preservacionais de *Discoaster* de Young (1998)

Young *et al.* (2017) engloba neste grupo as espécies que possivelmente derivam de alterações diagenéticas de *D. brouweri*. Neste estudo, muitas delas ocorreram com frequência relevante e características morfológicas típicas. Desta forma, buscamos discutir classificações anteriores que descrevessem tais características, visando colaborar com possíveis investigações bioestratigráficas futuras.

***Discoaster adamanteus* Bramlette & Wilcoxon 1967**

Figuras 4n-p

1965 *Discoaster* sp. Martini, p. 405, est. 36, figs. 11-12

**Descrição:** Asterolito de seis raios relativamente espessos, com bordas fechadas ou suturadas nos raios adjacentes, apresentando entalhos. Apresenta frequentemente um poro pequeno na porção central e um lado mais convexo que outro em vista lateral.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Incerta. Ocorre do Chattiano (NP24) ao Tortoniano (NN10).

**Observações:** Este táxon, segundo Aubry (1984), pode representar formas juvenis de outras espécies. Os exemplares apresentaram dimensões entre 5 e 15  $\mu\text{m}$  e boa preservação.

***Discoaster argutus* Hay in Hay *et al* 1967**

Figuras 4q-r

1965 *Discoaster* sp. Martini, p. 405-406, est. 37, figs. 10-11

**Descrição:** Asterolitos com seis raios ogivais e terminações abruptas arredondadas. Sutures proeminentes se estendem através da área central, juntando-se aos entalhos interraios. Os raios se estendem até aproximadamente metade da distância entre as pontas e o centro.



**Distribuição cronoestratigráfica:** Incerta. Ocorre normalmente do Burdigaliano (NN3) ao Seravaliano (NN6).

**Observações:** Diferencia-se de *D. aster* pela natureza das pontas dos raios e de *D. incomptus* pelas suturas na área central que se juntam aos entalhos interraios (Aubry, 1984). Os espécimes recuperados apresentaram dimensões em torno de 15 µm e preservação ruim a moderada.

***Discoaster capricornensis* Rade 1977**

Figuras 4s-t

1977 *Discoaster capricornensis* Rade, p. 279, est. 3, figs. 24, 27-28, 31

**Descrição:** Asterolitos com seis raios robustos, separados em aproximadamente 2/3 da distância entre as pontas dos raios e a área central. As terminações são arredondadas e a região interraios apresenta contato angular.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Incerta. Ocorre no Plioceno Inferior (Rade, 1977).

**Observações:** Este táxon difere de *D. incomptus* por processar raios mais grossos, de *D. lautus* por não apresentar extremidades em forma de pontos e de *D. intercalaris* por não apresentar afinamento dos raios e não terminar em pontas arredondadas simples (Aubry, 1984). Os exemplares observados apresentaram dimensões entre 10 e 17 µm e preservação ruim a boa.

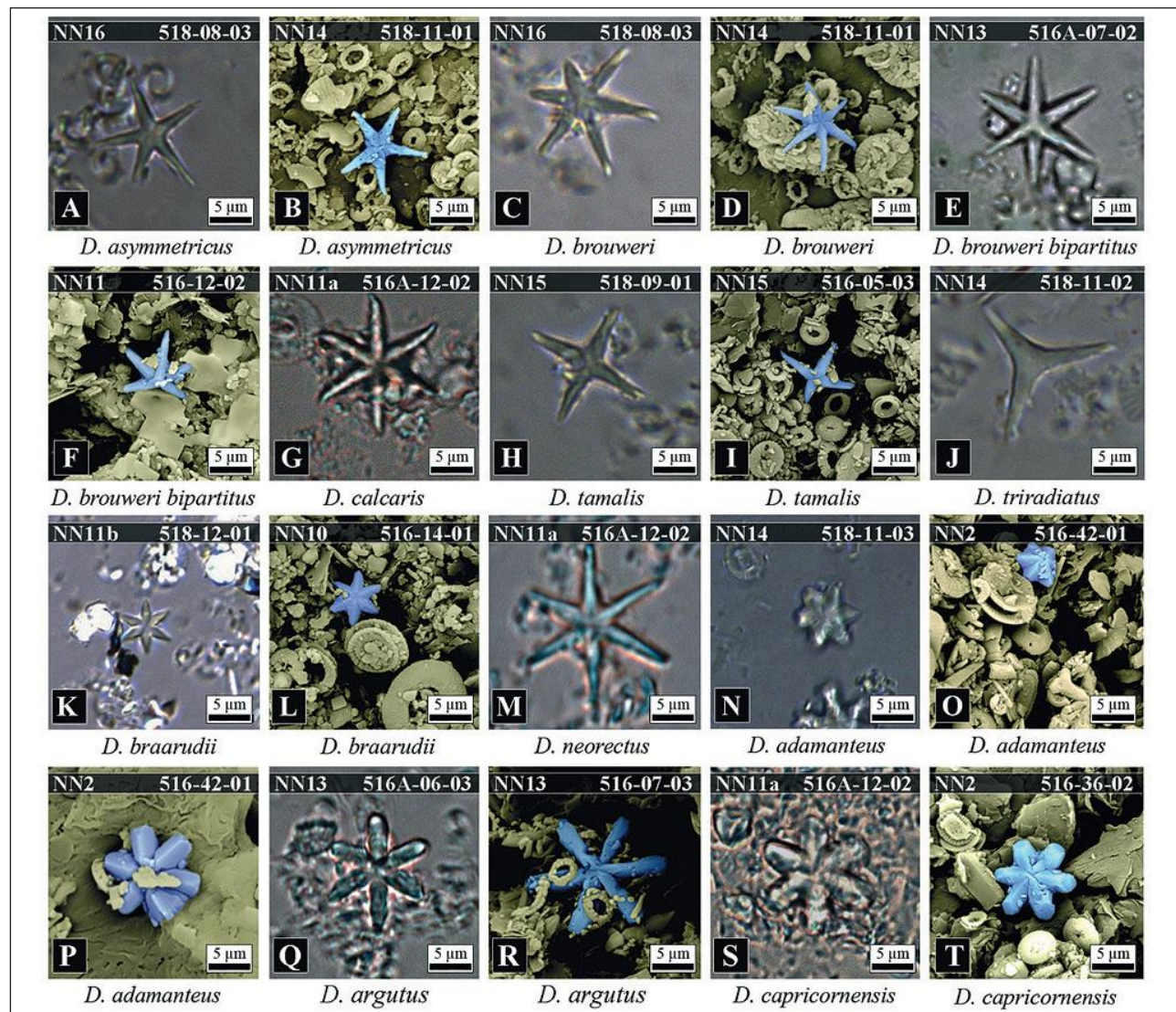


Figura 4 Grupo *D. brouweri* e morfotipos preservacionais (*D. aster*); A, C, E, G-H, J-K, M-N, Q, S. Luz natural; B, D, F, I, L, O, P, R, T. MEV (discoasteres coloridos artificialmente de azul)



Grupo ***DISCOASTER PENTARADIATUS***  
de Young *et al.* (2017).

***Discoaster pentaradiatus*** Tan, 1927, *emend.*  
Bramlette & Riedel, 1954

Figuras 5a-c

1927 *Discoaster pentaradiatus* Tan, p. 416,  
fig. 14

**Descrição:** Asterolitos de cinco raios (raramente três ou quatro) com bifurcações agudas e conformação fortemente côncavo-convexa. Apresentam birrefringência fraca ao MO, onde cada raio possui uma orientação ótica levemente diferente dos outros. A área central é pequena, com depressões entalhadas e cristas suturais na porção distal. Um botão proximal estrelado pode ser observado em exemplares bem preservados.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN10, 9.1 Ma) - Gelasiano (NN17, 2.4 Ma).

**Observações:** A dissolução pode fragmentar as pontas bifurcadas, induzindo a erros de identificação, porém, neste caso, a birrefringência normalmente permite a diagnose correta (Young, 2008; Young *et al.*, 2017). Os espécimes observados apresentaram dimensões entre 12 e 20 µm e preservação ruim a boa. Muitos fragmentos dos raios e espécies sem as bifurcações foram notadas.

***Discoaster prepentaradiatus*** Bukry & Percival, 1971

Figuras 5d-f

1971 *Discoaster prepentaradiatus* Bukry & Percival, p. 129, est. 3, figs. 6-7

**Descrição:** Asterolitos simétricos com cinco raios planares amplamente bifurcados de birrefringência incipiente e similar entre os elementos sob luz polarizada. Apresentam área central pequena ou média com possíveis botões curtos em ambas as faces.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN9, 9.53-10.55 Ma) - Tortoniano (NN10, 8.29-9.53 Ma).

**Observações:** Browning *et al.* (2017) subdividem a espécie em *D. prepentaradiatus prepen-*

*taradiatus*, que difere de *D. pentaradiatus* por ser apenas levemente birrefringente, e *D. prepentaradiatus plautus*, que possui bifurcações largas, porém esta divisão não foi aplicada neste trabalho. *D. hamatus* apresenta bifurcações curvas assimétricas, e seus exemplares, quando pequenos, são confundidos facilmente com *D. prepentaradiatus prepentaradiatus* ao MO, quando as bifurcações finas do último se mostrarem ausentes ou quebradas. Os espécimes observados apresentaram dimensões em torno de 12 µm e preservação ruim a moderada.

Grupo ***DISCOASTER QUINQUERAMUS***  
de Young (1998)

***Discoaster bellus*** Bukry & Percival, 1971

Figuras 5g-h

1971 *Discoaster bellus* Bukry & Percival, p. 128, est. 3, figs. 1-2

**Descrição:** Asterolitos simétricos e não birrefringentes, com cinco raios de pontas simples e área central pequena.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN8, 10.55-10.89 Ma) - Messiniano (NN11, 7.8 Ma).

**Observações:** *D. bellus* ocorre comumente em associação com *D. hamatus* e provavelmente dão origem a *D. quinqueramus*. Pode ser confundido com *D. prepentaradiatus*, especialmente quando as bifurcações são fragmentadas (Bukry & Percival, 1971; Young *et al.*, 2017). De acordo com Blair *et al.* (2017), *D. bellus* distingue-se de *D. astellaris* por possuir raios simétricos e de *D. gemmulatus* pela ausência de qualquer botão ou estrutura na área central. Segundo Bukry & Percival (1971), *D. bellus* distingue-se de *D. hamatus* por ser consistentemente menor e não apresentar esporão nas pontas dos raios. Neste estudo, os espécimes de *D. bellus* recuperados apresentaram dimensões entre 10 e 14 µm e preservação moderada a boa.

***Discoaster quinqueramus*** Gartner, 1969

Figuras 5i-j

1969 *Discoaster quinqueramus* Gartner, p. 598, est. 1, figs. 6-7

**Descrição:** Asterolitos simétricos de cinco raios, com cristas suturais distais proeminentes e botão proximal na área central. Os raios são côncavo-convexos, com pontas arredondadas e a largura da área central é menor que o comprimento do raio livre.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN11, 8.3 Ma) - Messiniano (NN11, 5.6 Ma).

**Observações:** Segundo Blair *et al.* (2017), este táxon restringe-se aos espécimes de cinco raios com botão distal estrelado pequeno que não se estende para fora da periferia da área central, o que ocorre em *D. explicatus*. Já a espécie *D. quintatus* tem um único botão (distal). *D. bergonii*, *D. bergrennii* e *D. quinqueramus* formam uma linhagem anagenética, onde as dimensões da área central diminuem e o comprimento dos raios livres aumenta, sendo assim, a distinção correta destes táxons é útil para maior detalhamento da porção inicial da zona NN11 (Bukry & Bramlette, 1969). Os espécimes observados apresentaram dimensões entre 6 e 15  $\mu\text{m}$  e preservação ruim a moderada.

*Discoaster quintatus* Bukry & Bramlette, 1969 *emend.* Blair *et al.*, 2017

Figura 5k

1969 *Discoaster quintatus* Bukry & Bramlette, p. 133, est. 1, fig. 6-8

**Descrição:** Asterolitos de cinco raios longos, retos e simétricos que se afinam perto de suas terminações. Um botão em forma de estrela no lado côncavo, cujos raios cortam o ângulo entre os raios, pode ser observado. Não apresenta botão proximal.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN10, 8.4 Ma) - Zancleano (NN12, 5.5 Ma).

**Observações:** Bukry & Bramlette (1969) reconhecem este táxon como sinônimo juvenil de *D. quinqueramus*, porém, é classificado como uma forma distinta por Blair *et al.* (2017), que restringe *D. quinqueramus* às formas com um botão estrelado distal e um botão proximal. A espécie difere de *D. gemmulatus*, *D. hamatus* e *D. bellus* pela estrutura estrelado na área central. Assemelha-se a *D. astellaris*, porém apresenta raios simétricos (Blair *et al.*, 2017).

Os exemplares observados apresentaram dimensões entre 15 e 22  $\mu\text{m}$  e preservação moderada a boa.

Grupo *DISCOASTER VARIABILIS* de Young *et al.* (2017)

*Discoaster mirabilis* Duan, 1985

Figura 5l

1985 *Discoaster mirabilis* Duan, p. 109, est. 1, figs. 11-12, fig-text. 2

**Descrição:** Asterolitos assimétricos variantes de *D. variabilis* com cinco raios bifurcados.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Incerta. Remete, provavelmente, à ocorrência da espécie de origem (*D. variabilis*), ou seja, do Tortoniano (NN10) ao Gelasiano (NN16).

**Observações:** Esta variante de *D. variabilis* pode ser confundida com a espécie *D. leroyi*, descrita por de Kaenel *et al.* (2017), diferenciando-se por apresentar leve assimetria referente à angulação interraios e bifurcações típicas de *D. variabilis*, já que *D. leroyi* descende de *D. deflandrei* e apresenta bifurcações em forma de “chave inglesa”. Os espécimes observados apresentaram dimensões entre 8 e 14  $\mu\text{m}$  e preservação moderada a boa.

*Discoaster surculus* Martini & Bramlette, 1963

Figuras 5m-o

1963 *Discoaster surculus* Martini & Bramlette, p. 854, est. 104, figs. 10-12

**Descrição:** Asterolitos de seis raios trifurcados, ligeiramente côncavo-convexo, com coluna central dos raios dobrada proximalmente. A área central é bem desenvolvida, mostrando forte diferenciação da superfície proximal e distal.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN11a, 7.42-8.29 Ma) - Gelasiano (NN16, 2.5 Ma).

**Observações:** Browning *et al.* (2017) afirmam não observar significado estratigráfico para as variantes de três a cinco raios da espécie. Os exemplares observados neste estudo apresentaram dimensões entre 15 e 22  $\mu\text{m}$  e preservação ruim a boa.

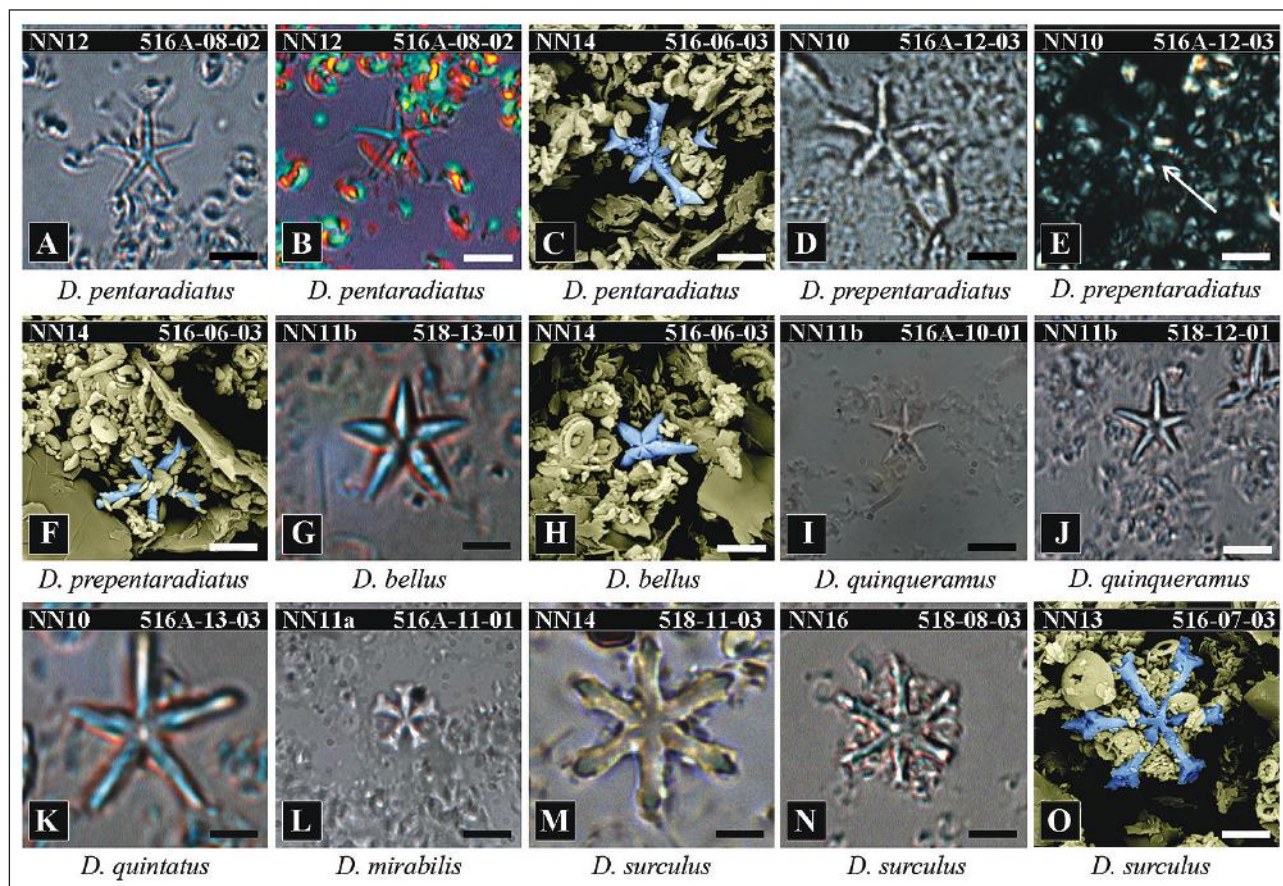


Figura 5 Grupos *D. pentaradiatus*, *D. quinquerramus* e *D. variabilis* (*D. mirabilis* e *D. surculus*); A, D, G, I-N. Luz natural; E. Luz polarizada; B. Analisador de gipso; C, F, H, O. MEV (discoasteres coloridos artificialmente de azul)

*Discoaster variabilis* Martini & Bramlette, 1963

Figuras 6a-d

1963 *Discoaster variabilis* Martini & Bramlette, p. 854, est. 104, figs. 4-9

**Descrição:** Asterolitos de seis raios (raramente menos), com pontas bifurcadas, levemente côncavo-convexas e com faces bem diferenciadas. A área central apresenta cristas proximais e distais, com botões pequenos.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Tortoniano (NN10, 8.29-9.53 Ma) - Gelasiano (NN16, 2.49-3.70 Ma).

**Observações:** Browning *et al.* (2017) adicionam observações à algumas variantes da espécie descritas por Martini & Bramlette (1963), de forma

que *D. icarus* apresenta bifurcações duplicadas, *D. decorus* bifurcações estreitas, bem como *D. pansus* e *D. pansulus* apresentam bifurcações largas que quase se tocam. A espécie difere de *D. exilis* por apresentar faces mais heterogêneas (Young *et al.*, 2017). Diferentes morfotipos de *D. variabilis* foram observados neste estudo, com preservação ruim a boa, muitas vezes fragmentados, e com dimensões entre 14 e 22  $\mu\text{m}$ .

Grupo *DISCOASTER DEFLANDREI* de Young *et al.* (2017)

*Discoaster aulakos* Gartner, 1967

Figuras 6e-h

1926 *Discoaster brouweri* var.  $\beta$  Tan, p. 120, fig. II-6

**Descrição:** Asterolitos de seis raios pouco afunilados que engrossam em direção às pontas, que



são planas ou com entalhes largos e rasos. Sulcos interraios estendem-se até a área central em alguns exemplares.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Incerta. Ocorre do normalmente do Burdigaliano (NN4) ao Serravaliano (NN6).

**Observações:** Os raios de *D. aulakos* se encontram em junções angulares, normalmente formando sulcos na área central, o que não ocorre em *D. deflandrei* (Farinacci, 1969). Para Young *et al.* (2017), este táxon é uma forma intermediária entre *D. deflandrei* e *D. exilis*. Os exemplares apresentaram dimensões entre 11 e 20 µm e preservação moderada a boa.

*Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel, 1954

Figuras 6i-j

1954 *Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel, p. 399, est. 39, fig. 6, Fig-text. 1a-c

**Descrição:** Asterolitos de seis raios com área central ampla e raios com bifurcações curtas e largas. Podem apresentar botão distal e cristas delicadas ao longo dos raios. A face proximal não possui ornamentações, embora possam ocorrer suturas incisivas.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Ypresiano (NP10, 54.17-55.86 Ma) - Tortoniano (NN7, 10.89-11.90 Ma).

**Observações:** A espécie, segundo Hay *et al.* (1967), apresenta ampla variação de tamanho, número de raios (5-7), tamanho da área central e grau de desenvolvimento das bifurcações. De acordo com de Kaenel *et al.* (2017), os raios terminam em bifurcações em forma de “chave inglesa”, com área interraios subcircular, e variantes raros com três, quatro e sete raios podem ocorrer, como *D. leroyi*. Os exemplares observados apresentaram ampla variação morfológica, com dimensões variando entre 10 e 15 µm e preservação de ruim a boa. Níveis variáveis de supercrescimento e recristalização também foram notados.

*Discoaster dilatus* Hay in Hay *et al.* 1967

Figuras 6k-n

1961 *Discoaster molengraaffi* (Tan) Stradner in Stradner & Papp, p. 80-81, est. 14, fig. 6a-b

**Descrição:** Asterolitos de seis raios (raramente sete) que se alargam em direção às pontas, com terminações retas ou ligeiramente côncavas. Entalhes podem ocorrer, estendendo-se até cerca de metade da distância ao centro.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Incerta. Ocorre do Rupeliano (NP23) ao Langhiano (NN5).

**Observações:** Este táxon assemelha-se a *D. molengraaffi*, porém esta é uma variante de *D. brouweri* que não apresenta raios que engrossam em direção às pontas (Farinacci, 1969). Assemelha-se também a *D. argutus* e *D. aster*, porém estas apresentam as pontas dos raios arredondadas ou ogivais (Bramlette & Riedel, 1954). Os exemplares observados apresentaram grande variação morfológica, com dimensões entre 10 e 20 µm e preservação ruim a boa.

*Discoaster obtusus* Gartner 1967

Figura 6o

1967 *Discoaster obtusus* Gartner, p. 2, est. 3, figs 1-4, 5a-b, 6a-b

**Descrição:** Asterolito de seis raios, de contorno hexagonal ou ligeiramente entalhado entre os raios adjacentes, que são grossos. Sulcos radiais se estendem da junção dos raios até a área central, que pode apresentar um botão pequeno e estrelado.

**Distribuição cronoestratigráfica:** Chattiano (NP26, 24.15 Ma) - Gelasiano (NN18, 2.28 Ma).

**Observações:** Segundo Gartner (1967), os raios curtos de *D. obtusus* facilitam a identificação desta espécie. Os exemplares podem ser hexagonais, sem entalhes interraios, ou com entalhe raso. *D. obtusus* assemelha-se a *D. stellulus*, porém *D. stellulus* apresenta cristas conspícuas, de lados paralelos, na superfície dos raios (de Kaenel *et al.*, 2017). Assemelha-se a *D. shumnykii*, porém esta possui uma forma menos espessa e com raios mais longos. Este táxon é posicionado por Young *et al.* (2017) no grupo das variantes preservacionais semelhantes a *D. brouweri*, porém, neste trabalho, concordamos com o posicionamento tomado por de Kaenel *et al.* (2017), que posicionam o táxon como uma derivação de *D. deflandrei*. Os poucos exemplares observados apresentaram dimensões em torno de 5 µm.

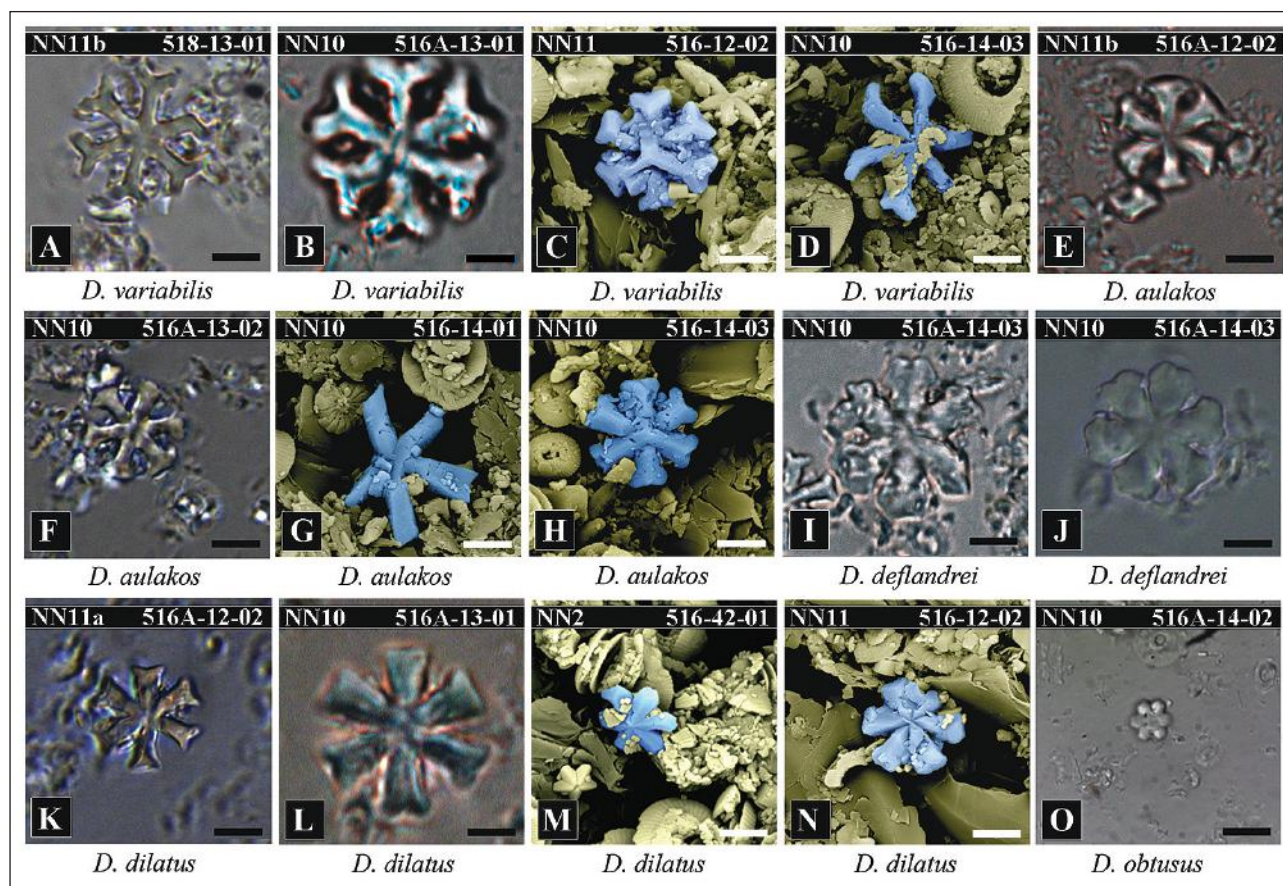


Figura 6 Grupos *D. variabilis*, *D. deflandrei* e seus morfotipos preservacionais; A-B, E-F, I-L, O. Luz natural; C-D, G-H, M-N. MEV (discoasteres coloridos artificialmente de azul)

## 5 Conclusões

Vinte e três táxons do gênero *Discoaster* foram descritos quanto às suas características morfológicas e preservacionais neste estudo, sendo oito variantes preservacionais (*D. brouweri bipartitus*, *D. adamanteus*, *D. argutus*, *D. capricornensis*, *D. mirabilis*, *D. aulakos*, *D. dilatus* e *D. obtusus*) separadas em nomenclaturas próprias, diferentes das espécies das quais suas modificações derivam, apresentando novas observações que possam contribuir com possíveis aplicações bioestratigráficas em investigações futuras.

## 6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao *International Ocean Discovery Program (IODP)* por disponibilizar as amostras, ao Dr. Reiner Neumann (CETEM), pelo

acesso ao MEV, ao Dr. Marcelo Carvalho (MN) e Dr. Rogério Antunes, por todo o debate e ajuda prestada para que a realização deste trabalho fosse possível. Agradecemos também ao Dr. Oscar Strohschoen Júnior (BPA-CENPES/PETROBRAS) e à equipe do Laboratório de Geologia Sedimentar da UFRJ (LAGESED) pelo acesso ao MO para fotomicrografias.

## 7 Referências

- Antunes R.L. 1997. *Introdução ao Estudo dos Nanofósseis Calcários*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Série didática, 115p.
- Aubry, M.-P. 1984. *Handbook of Cenozoic calcareous nannoplankton. Book 1: Ortholithae (Discoasters)*. New York, American Museum of Natural History, Micropaleontology Press. 266p.
- Aubry, M.-P.; Bord, D. & Rodriguez, O. 2011. New taxa of the Order *Discoasterales* Hay 1977. *Micropaleontology*, 57(3): 269-287.



- Backman, J.; Raffi, I.; Rio, D.; Fornaciari, E. & Palike, H. 2012. Biozonation and biochronology of Miocene through Pleistocene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy*, 45(3): 221-244.
- Barker P.F.; Carlson R.L.; Johnson D.A. et al. (eds). 1983. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. Washington DC, US Govt. Printing Office, 72:1024p.
- Blair, S.A.; Bergen, J.A.; de Kaenel, E.; Browning, E. & Boesiger, T.M. 2017. Upper Miocene-Lower Pliocene taxonomy and stratigraphy in the circum North Atlantic Basin: radiation and extinction of Amauroliths, Ceratoliths and the *D. quinqueramus* lineage. *Journal of Nanoplankton Research*, 37(2-3): 113-144.
- Bown, P.R. 1998. *Calcareous nannofossil biostratigraphy*. Cambridge, British Micropalaeontological Society Publication Series, Chapman & Hall, 328p.
- Bramlette, M.N. & Riedel, W.R. 1954. Stratigraphic value of discoasters and some other microfossils related to recent coccolithophores. *Journal of Paleontology*, 28: 385-403.
- Bramlette, M.N. & Wilcoxon, J.A. 1967. Middle Tertiary calcareous nannoplankton of the Cipero section, Trinidad. *W.I. Tulane Studies in Geology and Paleontology*, 5: 93-131.
- Browning, E.; Bergen, J.A.; Blair, S.A.; Boesiger, T.M. & de Kaenel, E. 2017. Late Miocene to Late Pliocene taxonomy and stratigraphy of the genus *Discoaster* in the circum North Atlantic Basin: Gulf of Mexico and ODP Leg 154. *Journal of Nanoplankton Research*, 37(2-3): 189-214.
- Bukry, D. 1971. *Discoaster* evolutionary trends. *Micropaleontology*, 17: 43-52.
- Bukry, D. & Bramlette, M.N. 1969. Coccolith age determinations Leg 1, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 1: 369-387.
- Bukry, D. & Percival, S.F. 1971. New Tertiary calcareous nannofossils. *Tulane Studies in Geology and Paleontology*, 8: 123-146.
- Cavalier-Smith, T. 1981. Eukaryotic kingdoms, seven or nine?. *BioSystems* 14 (3-4): 461-481.
- Cavalier-Smith, T. 1986. The kingdom Chromista: origin and systematics. *Prog. Phycol. Res.*, 4: 309-347.
- Cohen, K.M.; Harper, D.A.T.; Gibbard, P.L. 2018. *ICS International Chronostratigraphic Chart 2018/8*. International Commission on Stratigraphy, IUGS. Disponível em: <<http://www.stratigraphy.org>>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- De Kaenel, E.; Bergen, J.A.; Browning, E.; Blair, S.A. & Boesiger, T.M. 2017. Uppermost Oligocene to Middle Miocene *Discoaster* and *Catinaster* taxonomy and stratigraphy in the circum North Atlantic Basin: Gulf of Mexico and ODP Leg 154. *Journal of Nanoplankton Research*, 37(2-3): 215-244.
- Duan, W. 1985. Calcareous nannofossils from two deep-sea cores in the northern South China Sea. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 2: 92-102.
- Farinacci, A. 1969 et seq. *Catalogue of calcareous nannofossils*. Roma, Edizioni Tecnoscienza.
- Gartner, S. 1967. Calcareous nannofossils from Neogene of Trinidad, Jamaica, and Gulf of Mexico. *University of Kansas Paleontological Contributions*, 29: 1-7.
- Gartner, S. 1969. Correlation of Neogene planktonic foraminifera and calcareous nannofossil zones. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, 19: 585-599.
- Haq, B.U. & Berggren, W.A. 1978. Late Neogene calcareous plankton biochronology of the Rio Grande Rise (South Atlantic Ocean). *Journal of Paleontology*, 52: 1167-1194.
- Haq, B.U. & Boersma, A. 1998. *Introduction to Marine Micropaleontology*. Elsevier North Incorporation, 376p.
- Hay, W.W. 1977. Calcareous nannofossils. In: RAMSAY, A.T.S. *Oceanic Micropalaeontology*. London, Academic Press, p. 1055-1200.
- Hay, W.W.; Mohler, H.P.; Roth, P.H.; Schmidt, R.R. & Boudreaux, J.E. 1967. Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean-Antillean area, and transoceanic correlation. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, 17: 428-480.
- Hibberd, D.J. 1976. The ultrastructure and taxonomy of the *Chrysophyceae* and *Prymnesiophyceae* (Haptophyceae): a survey with some new observations on the ultrastructure of the *Chrysophyceae*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 72: 55-80.
- Kamptner, E. 1967. Kalkflagellaten - Skelettreste aus Tiefseeschlamm des Südatlantischen Ozeans. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 71: 117-198.
- Kumar N. & Gamboa L.A.P. 1979. Evolution of the Sao Paulo Plateau (southeastern Brazilian margin) and implications for the early history of the South Atlantic. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 90: 281-293.
- Larson, R.L. & Ladd, J.W. 1973. Evidence for the opening of the South Atlantic in the Early Cretaceous. *Nature*. 246: 209-212.
- Le Pichon X., Ewing M. & Truchan M. 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. Antarctic bottom current passage into the Brazil Basin. In: AHRENS L.H. et al. (eds.). *Physics and Chemistry of the Earth*. New York, Pergamon Press, 8, p. 31-48.
- Lourens, L.J.; Hilgen, F.J.; Laskar, J.; Shackleton, N.J. & Wilson, D. 2004. The Neogene Period. In: GRADSTEIN, F.M.; OGG J.G. & SMITH, A.G. (eds) *Geologic Time Scale, 2004*. Cambridge University Press, p. 409-440.
- Martini, E. 1965. Mid-Tertiary calcareous nannoplankton from Pacific deep-sea cores. *Colston Papers*, 17: 393-411.
- Martini, E. 1971. Standard tertiary and quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: CONFERENCE OF PLANKTON MICROFOSSILS, 2, Rome, 1970. Proceedings of the second planktonic conference, Edizione Tecnoscienza, Rome, p. 737-785.
- Martini, E. & Bramlette, M.N. 1963. Calcareous nannoplankton from the experimental Mohole drilling. *Journal of Paleontology*, 37: 845-855.
- Martini, E. & Worsley, T. 1971. Tertiary calcareous nannoplankton from the western equatorial Pacific. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 7: 1471-1507.
- Mohriak, W.U.; Nóbrega, M.; Odegard, E.; Gomes, B.S. & Dickson, W.G. 2010. Geological and geophysical interpretation of the Rio Grande Rise, south-eastern Brazilian margin: extensional tectonics and rifting of continental and oceanic crusts. *Petroleum Geoscience* 16(3): 231-245.
- NOAA. 2019. Curators of Marine and Lacustrine Geological



**Nanofósseis Calcários Neógenos da Elevação do Rio Grande e Canal de Vema  
(DSDP - Leg 72, Sites 516, 516A e 518 - Oceano Atlântico Sul): Sistemática do Gênero Discoaster**  
André Luiz Gatto Motta; Flávia Azevedo Pedrosa; Cleber Fernandes Alves & Maria Dolores Wanderley

- Samples Consortium: Index to Marine and Lacustrine Geological Samples (IMLGS). NOAA National Centers for Environmental Information. Disponível em: <[https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/sample\\_index/](https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/sample_index/)>. Acesso em: 05 fev. 2019.
- Okada, H. & Bukry, D. 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low latitude coccolith biostratigraphy zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleontology*, 5: 321-325.
- Perch-Nielsen, K. 1977. Albian to Pleistocene calcareous nanofossils from the Western South Atlantic, DSDP Leg 39. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 39: 699-823.
- Raffi, I.; Backman, J.; Fornaciari, E.; Palike, H.; Rio, D.; Lourens, L.J. & Hilgen, F.J. 2006. A review of calcareous nanofossil astrobiochronology encompassing the past 25 million years. *Quaternary Science Reviews*, 25: 3113-3137.
- Rade, J. 1977. Tertiary biostratigraphic zonation based on calcareous nanoplankton in eastern Australian nearshore basins. *Micropaleontology*, 23(3): 270-296.
- Tan, S.H. 1927. *Discoasteridae incertae sedis*. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Sect. Sci.*, 30: 411-419.
- Thiede J. 1977. Subsidence of aseismic ridges: evidence from sediments on Rio Grande Rise (southwest Atlantic Ocean). *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 61: 929-940.
- Young, J.R. 1998. Neogene. In: Bown, P.R. (Editor), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman & Hall, London, p. 225-265.
- Young, J.R.; Bergen, A.; Bown, P.R.; Burnett, J.A.; Fiorentino, A.; Jordan, R.W.; Kleijne, A.; Van Niel, B.E.; Ton Romain, A.J. & Von Salis, K. 1997. Guidelines for coccolith and calcareous nanofossil terminology. *Palaeontology*, 40: 875-912.
- Young, J.R.; Bown P.R. & Lees J.A. 2017. Nannotax3 website. International Nannoplankton Association. Disponível em: <<http://www.mikrotax.org/Nannotax3>>. Acesso em: Mar. 2016 a Nov. 2018>