

**acta
geologica leopoldensia**

estudos

ISSN 0101-5303

tecnológicos

**estratigrafia
paleontologia
micropaleontologia
geofísica**

**Universidade do Vale do Rio dos Sinos
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**

49 1999
XXIII

 **UNISINOS**

AÇÃO BIOEROSIVA DE ALGAS E FUNGOS EM FORAMINÍFEROS DO LEQUE DO AMAZONAS

Claudia Gutterres Vilela¹, Ismar de Souza Carvalho¹, Maria Helena Paiva Henriques²

¹ Departamento de Geologia/IGEO/CCMN, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão – 21949-900 Rio de Janeiro – RJ, BRASIL Email: vilela@igeo.ufrj.br

² Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, 3049 Coimbra – Codex, PORTUGAL Email: mhenriq@cygnus.ci.uc.pt

RESUMO: Algumas tecas de foraminíferos bentônicos coletadas no leque do Amazonas, no talude e na região abissal, apresentam estruturas de bioerosão atribuídas a perfurações de algas e fungos. Foram coletados, respectivamente, a 910 m de profundidade no talude, e a 3.360 m de profundidade em depósitos profundos de transporte de massa (DTM) localizados a mais de 100 m abaixo da interface sedimento/água. A associação de foraminíferos encontrada nos DTM teve origem no Pleistoceno Final, provavelmente em ambiente batial, e algumas espécies sugerem uma área fonte da plataforma. Identificaram-se quatro tipos de microperfurações nas tecas de foraminíferos: circular superficial, circular perfurante profunda, retilínea conectante e granulada. As estruturas circular superficial e circular perfurante profunda foram interpretadas como resultantes da ação endolítica de algas, e sua distribuição é diretamente relacionada à zona fótica. As estruturas retilíneas conectantes são características dos fungos, representando uma colonização secundária dos substratos. Microperfurações granuladas são relacionadas à ação inicial de fungos. Estas estruturas poderiam ser causadas pela dissolução química da teca relacionada à profundidade, no entanto, as amostras estudadas no talude e nos DTM foram depositadas acima da zona de compensação de carbonatos. O recuo do nível do mar no Pleistoceno Final alterou os limites da zona fótica, e originou uma nova organização na distribuição dos organismos fotossintéticos, tornando possível a presença de algas microperfurantes em sedimentos que hoje pertencem à plataforma externa e ao talude. Estes estudos tornaram-se coadjuvantes no conhecimento das condições paleoambientais e da área fonte dos sedimentos de transporte de massa do leque do Amazonas.

Palavras-chave: bioerosão, foraminíferos bentônicos, leque do Amazonas.

ABSTRACT: Some benthic foraminiferal tests collected in the Amazon Fan, in the slope and abyssal regions, have bioerosion structures that were inferred to endolithic algae and fungi borings. They were collected at 910 m of water depth in the slope, and at 3360 m of water depth in deep mass-transport deposits (MTDs), located at more than 100 m below the sediment/water interface. The foraminiferal assemblage found in the MTDs originated in the Late Pleistocene, probably from bathyal environments, whereas some species suggest a source from the shelf. Four microboring morphological types were identified in the foraminiferal tests: superficial rounded, deep boring rounded, straight connecting and granulated. Superficial rounded and deep boring rounded were interpreted as products of endolithic algae, and their distribution are directly related to the photic zone. Straight connecting are characteristic of fungi, and represents a secondary colonization of substrates. Granulated microborings are related to fungi initial action. These structures could also be caused by depth related chemical dissolution of the tests. However, the studied samples from the slope and MTDs were deposited above the carbonate compensation depth. The Late Pleistocene sea regression changed the photic zone limits, and originated a new distributional pattern of the photosynthetic organisms. These would favour the recorded distributions of microboring algae in sediments which are, at present, in the outershell and even in the continental slope. Those studies helped in the knowledge of the paleoenvironmental conditions and the source area of mass-transport sediments, in the Amazon Fan.

Key words: bioerosion, benthic foraminifera, Amazon Fan.

Introdução

Nas tecas de alguns exemplares de foraminíferos coletados no talude e leque do Amazonas são encontradas diversas estruturas de bioerosão interpretadas como resultantes da ação endolítica de algas e fungos. Os microorganismos capazes de realizar perfurações em um substrato lítico ou biológico estão relacionados à profundidade, e diretamente à penetração de luz através da coluna d'água. Os microorganismos perfuradores autótrofos ou fotossintéticos, como as algas cianófitas, clorófitas e rodófitas, estão limitados à zona fótica, enquanto que os heterótrofos continuam até profundidades abissais. Neste último caso dominam os fungos.

As amostras analisadas foram coletadas no leque do Amazonas, na região do talude médio e na região abissal em sedimentos profundos de transporte de massa. O estudo das estruturas de bioerosão em tecas de foraminíferos do leque do Amazonas pode ser aplicado como coadjuvante na determinação das condições paleoambientais de deposição e da proveniência dos depósitos profundos de transporte de massa (DTM) nesta região.

Localização e metodologia

As amostras do talude foram retiradas através de piston-core, a 910 m de profundidade, na estação 2459A do projeto Geomar II, nas seguintes coordenadas geográficas: 3° 25' lat. N e 48° 21' long. W. Foram cedidas pelo Laboratório de Geologia Marinha (Lagemar), Universidade Federal Fluminense, Brasil.

Na região abissal, as amostras foram também retiradas por piston-core, a uma profundidade de lâmina d'água de 3.360 m, e a cerca de 105 m de profundidade abaixo da interface sedimento-água. Estas amostras foram coletadas durante a Leg 155 do projeto de cooperação internacional Ocean Drilling Program, na estação ODP 933, nas seguintes coordenadas geográficas: 5° 5' lat. N e 45° 48' long. W. Foram cedidas para estudo através do ODP, tendo sido coletadas em abril de 1994. Estas amostras pertencem ao DTM denominado Bottom Mass Transport Deposit (Figura 1).

As amostras foram tratadas segundo os

métodos usuais para microfósseis, que constam de pesagem, lavagem em peneira com 62 µm de abertura de malha, secagem em estufa e triagem dos foraminíferos à lupa binocular. Exemplares de várias espécies foram fotomicrografados através de microscópio eletrônico de varredura (MEV).

Microperfuradores e microperfurações

Alguns microorganismos tais como as algas fotossintéticas e os fungos podem gerar diversos tipos de microperfurações em substratos de origem orgânica e inorgânica. Existe uma distribuição preferencial destes no que se refere à profundidade, área geográfica, clima e condições ecológicas (Golubic *et al.* 1975).

Dentre os principais tipos de microperfuradores encontramos organismos fotossintéticos e heterótrofos, como cianófitas, rodófitas, clorófitas e fungos. Os microperfuradores algálicos têm uma dependência direta da penetração da luz na água, havendo desta forma um zoneamento batimétrico, de acordo com a capacidade de absorção dos diferentes comprimentos de onda de luz disponíveis no meio. Os fungos não estão limitados à existência de luz, pois como organismos heterótrofos dependem apenas da existência de matéria orgânica para sua nutrição. Distribuem-se assim desde a região litorânea até grandes profundidades nas quais não chega a energia luminosa (Figura 2).

Nas tecas dos foraminíferos dos sedimentos do talude e leque amazônicos foram identificados quatro tipos morfológicos de microperfurações: circular superficial, circular perfurante profunda, retilínea conectante e granulada.

1. Circular superficial - compreende um conjunto de perfurações arredondadas a subarredondadas, cujo diâmetro varia de 0,5 a 14 µm. Apresentam-se como escavações superficiais, sem atravessar a parede das tecas dos foraminíferos. As bordas das perfurações são suavemente inclinadas em direção à parte central mais deprimida (Figura 3 - 1).

2. Circular perfurante profunda - são perfurações arredondadas a subarredondadas, com diâmetro

entre 0,3 a 15 μm , e perfuram a parede das tecas dos foraminíferos. Observa-se na região interna de cada perfuração o recobrimento por cristais de micrita. Não se observa externamente a parte basal ou mais profunda da perfuração (Figura 3 - 2).

3. Retilínea conectante - trata-se de um conjunto de microperfurações sucessivas, com morfologia externa oblonga. Cada microperfuração possui diâmetro não maior que 0,2 μm . Compõem cordões retilíneos com até 50 μm de comprimento, que atravessam a superfície externa dos foraminíferos. Normalmente estes conjuntos retilíneos de microperfurações conectam duas estruturas circulares perfurantes profundas (Figura 3 - 2).

4. Granulada - trata-se das menores microperfurações identificadas. Não atravessam a parede da teca dos foraminíferos, e conferem-lhe um aspecto corroído. Têm tamanho médio em torno de 0,1 μm , e possuem formas arredondadas (Figura 3 - 3).

As estruturas de bioerosão classificadas como circular superficial e circular perfurante profunda foram interpretadas como resultantes da ação endolítica de algas, tendo sido adotado o critério de Perkins e Halsey (1971) para tal identificação. O elemento determinante na produção destas microperfurações é a existência de algas fotossintéticas, as quais têm como fator limitante para sua distribuição a profundidade da zona fótica.

A morfologia geral de algumas perfurações produzidas por fungos pode assemelhar-se às anteriormente consideradas como originadas por algas endolíticas. O critério adotado por Perkins e Halsey (1971), de individualização de microperfurações de fungos pelas pequenas dimensões (1 a 4 μm de diâmetro), não é totalmente seguro em função da existência de algas que produzem estruturas bioerosivas semelhantes (Golubic *et al.* 1975). Entretanto existem feições de bioerosão, tais como as classificadas como retilínea conectante, que são características dos fungos. Estes dependem de um substrato orgânico (vivo ou em decomposição) para a retirada de nutrientes para a manutenção de seu metabolismo. É comum, após a colonização de um substrato por algas, haver a invasão secundária deste por fungos, os quais acompanham regularmente as algas endolíticas e freqüentemente as parasitam.

Golubic *et al.* (1975) descrevem inclusive a conexão em linha reta de duas perfurações algálicas, indicando uma habilidade quimiotáctica na interceptação de filamentos algálicos.

Devido à grande profundidade em que os foraminíferos foram encontrados, poderia presumir-se que as microperfurações granuladas tivessem uma origem inorgânica. Se estes microfósseis estivessem dentro da zona de compensação de carbonatos poderia ocorrer um processo de dissolução química da teca, resultando em tal aspecto. No entanto, este intervalo ocorre atualmente no leque à profundidade de aproximadamente 4500 m. Nos períodos glaciais ocorreu à aproximadamente 3.500 m (Berger 1978). Portanto, o aspecto fosco, pontuado e áspero destas tecas também pode ser atribuído à ação perfurante inicial de fungos.

Características da região estudada

A região do talude continental amazônico inclui a quebra da plataforma, com um aumento mais acentuado do declive mar adentro e estende-se, como em outras margens costeiras, de cerca de 200 a 2.000 m de profundidade. Os sedimentos holocênicos do talude amazônico são predominantemente constituídos de uma vasa de foraminíferos (Damuth e Kumar 1975). No entanto, uma pequena percentagem dos sedimentos lançados pela descarga do Amazonas pode ultrapassar a plataforma externa e acumular-se no talude (Kuehl *et al.* 1986). Durante a última regressão marinha do Pleistoceno (última glaciação), na cota batimétrica atual de aproximadamente 80 m, o rio Amazonas conectou-se a canais distributários que ligavam-se ao canyon do Amazonas, no talude, transportando os sedimentos fluviais diretamente para o sopé continental (Kowsmann e Costa 1979). Uma feição morfológica encontrada no talude são perfis recortados que correspondem aos canais descritos acima. Na região do talude, a vasa de foraminíferos planctônicos não mascara a ocorrência significativa de bentônicos característicos da região batial. São dominantes entre os foraminíferos bentônicos tecas de *Cassidulina*, *Bulimina* e *Epistominella* (Vilela e Maslin

1997).

O canyon do Amazonas tem continuidade no leque através do Canal 1 ou Canal Principal (Flood *et al.* 1995). O porção média do leque caracteriza-se por numerosos canais com paredes elevadas, mais antigos que o Canal Principal, que constituem sistemas de canais-levees (Damuth *et al.* 1988). Grandes complexos de levees, formados por estes canais com elevações laterais, foram evidenciados através da sísmica no leque médio (Flood *et al.* 1991). Estes complexos encontram-se separados por depósitos de transporte de massa (DTM). Um novo complexo de levees formou-se sobre cada DTM (Flood *et al.* 1991), sendo que cada complexo de levees está associado a uma única fase glacial (Flood *et al.* 1995). Segundo Manley e Flood (1988) os sistemas profundos (soterrados) parecem estar relacionados com distintos canyons soterrados.

A associação de foraminíferos planctônicos encontrada nos DTM e a análise isotópica de suas carapaças datam estes depósitos no Pleistoceno Final (Vilela e Maslin, 1997). A ocorrência de foraminíferos bentônicos nos DTM pode indicar a proveniência destes sedimentos. A associação encontrada apresenta baixos valores de abundância e diversidade devido aos processos de transporte e retrabalhamento, aliados a altas taxa de sedimentação. A dominância de espécies de *Bulimina* e *Cassidulina*, bem como a ocorrência de algumas espécies características da plataforma sugere uma proveniência do talude, com algumas incursões da plataforma (Vilela, 1995, Vilela e Maslin 1997, Vilela 1998).

Conclusão

A presença de microperfurações circulares superficiais e perfurantes profundas nas carapaças de foraminíferos do talude e dos DTM do leque pode indicar uma área fonte dentro da zona fótica, pois são estruturas produzidas por algas.

Os depósitos de transporte de massa são formados durante os processos gravitacionais de deposição dos sedimentos de oceano profundo, em que ocorrem desmoronamentos e correntes de turbidez originados muitas vezes em ambientes mais rasos, como no limite das

plataformas continentais (Vilela e Maslin 1997). Alguns foraminíferos encontrados nos depósitos de transporte de massa podem ter sido oriundos da plataforma, na região fótica. A presença atual de algas no talude ou mesmo na plataforma externa é discutível, pois pode estar fora de alcance da zona fótica. No entanto, o recuo do nível do mar no Pleistoceno final alterou os limites da zona fótica e, por conseguinte, teria ocorrido uma nova organização na distribuição dos organismos fotossintéticos (Figura 4). Desta forma seria possível a ação microperfurante de algas na região hoje pertencente ao talude continental. Estas tecas com estruturas de bioerosão, atualmente encontradas no talude, podem ter sido ressedimentadas (Fernandez Lopez 1991). Portanto, a presença de microperfurações algálicas nos DTM vem corroborar a hipótese de proveniência destes sedimentos no talude e na plataforma.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu o suporte da Fundação Universitária José Bonifácio (FUJB) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os autores agradecem o apoio do Ocean Drilling Program (ODP) e do Laboratório de Geologia Marinha (Lagemar), Universidade Federal Fluminense. Agradecem também ao Centro de Pesquisas da PETROBRAS (Cenpes) pela utilização do microscópio eletrônico de varredura. Uma menção especial ao Dr. Renato Kowsmann, do Cenpes, Dr. Mark Maslin, da University College London, Dr. Eduardo Machado Koutsoukos, do Cenpes, e aos revisores do manuscrito.

Referências bibliográficas

- BERGER, W.H., 1978. Sedimentation of deep-sea carbonate; maps and models of variations and fluctuations. *Journal of Foraminiferal Research*, **8**(4):286-302.
- DAMUTH, J.E. e KUMAR, N., 1975. Amazon Cone: morphology, sediments, age, and growth pattern. *Geological Society of America Bull.*, **86**: 863-878.
- DAMUTH, J.E., FLOOD, R.D., KOWSMANN, R.O., BELDERSON, R.H. e GORINI, M.A., 1988. Anatomy

- and growth pattern of Amazon deep-sea fan as revealed by Long-Range Side-Scan Sonar (GLORIA) and high-resolution seismic studies. *The American Association of Petroleum Geologists Bull.*, **72**(8): 885-911.
- FERNANDEZ LOPEZ, S., 1991. Taphonomic concepts for a theoretical biochronology. *Rev. Esp. Paleontologia*, **6**(1): 37-49.
- FLOOD, R.D., MANLEY, P.L., KOWSMANN, R.O., APPI, C.J. e PIRMEZ, C., 1991. Seismic facies and late Quaternary growth of the Amazon submarine fan. In: *Seismic facies and sedimentary processes of submarine fans and turbidite systems*, Nova Iorque, Springer Verlag, cap. 23: 415-433.
- FLOOD, R.D., PIPER, D.J., KLAUS, A., 1995. Introduction. In: *Proceedings of the Ocean Drilling Program 155, Initial Reports, Amazon Fan*, Ocean Drilling Program, Texas A&M University, p:5-16.
- GOLUBIC, S., PERKINS, R.D. e LUKAS, K.J., 1975. Boring microorganisms and microboring in carbonate substrates. In: FREY, R.W. (ed.) *The study of trace fossils*. Springer-Verlag, p.229-259.
- KOWSMANN, R.O. e COSTA, M.P.A., 1979. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. CENPES/PETROBRAS, Série Projeto REMAC 8, p.1-55.
- KUEHL, S.A., DEMASTER, D.J. e NITTROUER, C.A., 1986. Nature of sediment accumulation on the Amazon continental shelf. *Continental Shelf Research*, **6**(1/2): 209-225.
- MANLEY, P.L. e FLOOD, R.D., 1988. Cyclic sediment deposition within Amazon deep-sea fan. *The American Association of Petroleum Geologists Bull.*, **72**(8): 912-925.
- MILLIMAN, J.D., SUMMERHAYES, C.P. e BARRETTO, H.T., 1975. Quaternary sedimentation on the Amazon continental margin: a model. *The Geological Society of America Bulletin*, **86**: 610-614.
- PERKINS, R.D. & HALSEY, S.D., 1971. Geologic significance of microboring fungi and algae in Carolina shelf sediments. *Journal of Sedimentary Petrology* **41**: 843-853.
- VILELA, C.G., 1995. Ecology of Quaternary benthic foraminiferal assemblages on the Amazon shelf, northern Brazil. *Geo-Marine Letters*, Springer-Verlag, **15**(3/4): 199-203.
- VILELA, C.G. e MASLIN, M., 1997. Benthic and planktonic foraminifers, and stable isotopic analysis of mass-flow sediments in the Amazon Fan. In: FLOOD, R.D., PIPER, D.J., KLAUS, A., e PETERSON, L.C. (eds.) *Proceedings of the Ocean Drilling Program 155, Scientific Results*, Ocean Drilling Program, College Station, p.335-352.
- VILELA, C.G., 1998. *Foraminíferos quaternários da plataforma continental norte brasileira e do leque do Amazonas: datação e aspectos de distribuição em eventos de transporte de massa*. Rio de Janeiro, RJ. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 159p, 13 apênds.

Recebido em 25 de outubro de 1999

Revisão aceita em 14 de março de 2000

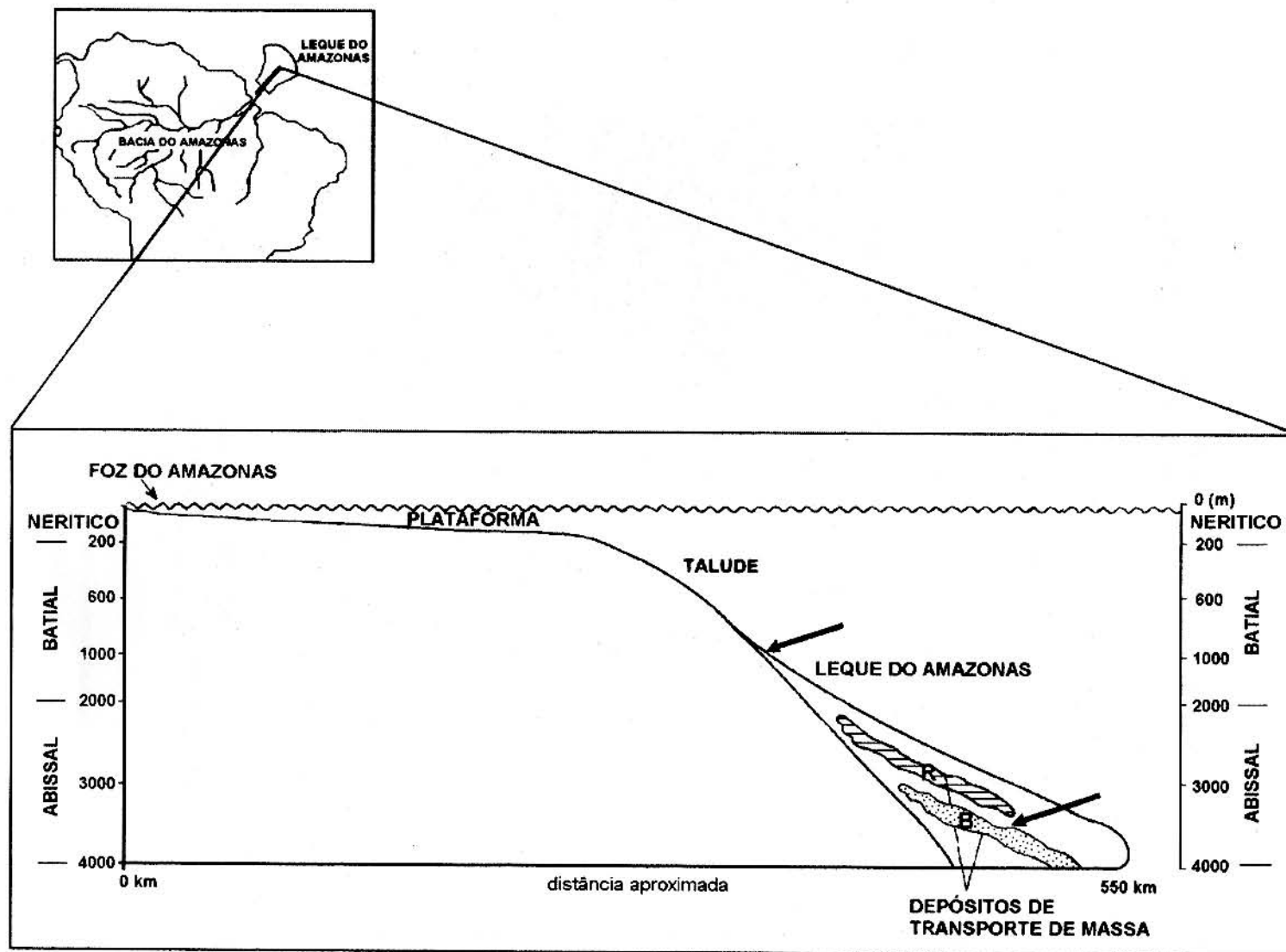


Figura 1 - Mapa de localização geográfica e batimétrica do talude e leque do Amazonas (modificado de Vilela e Maslin, 1997).
 R - DTM denominado Unit R pelo ODP; B - DTM denominado Bottom Mass Transport pelo ODP.
 As setas apontam a localização aproximada das an ostragens.

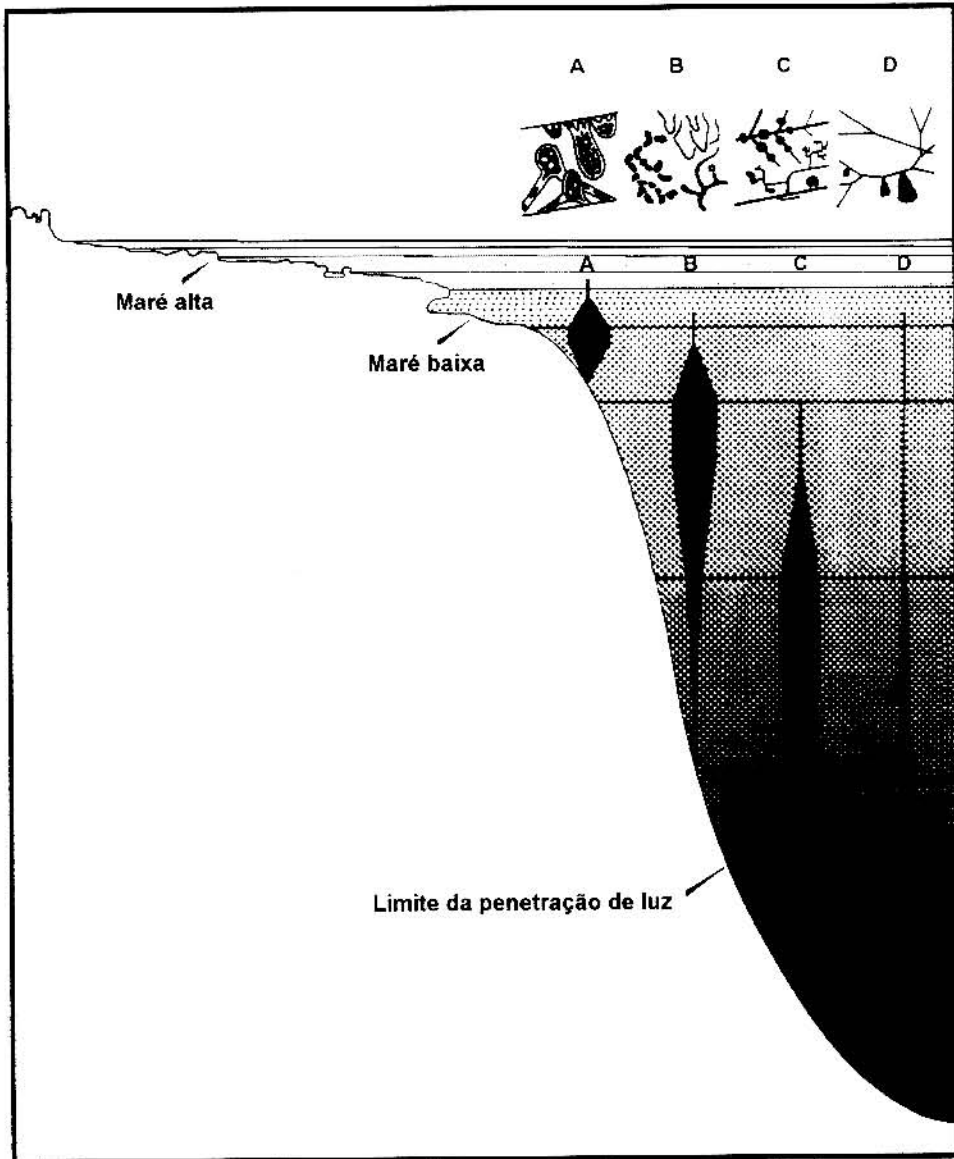


Figura 2 - Microperfurações realizadas por algas e fungos, e seus padrões de distribuição em relação à transparência e capacidade de penetração da luz na lâmina d'água. A – algas clorófitas; B – algas; C – estágios endolíticos de algas; D – fungos (modificado de Golubic *et al* 1975).

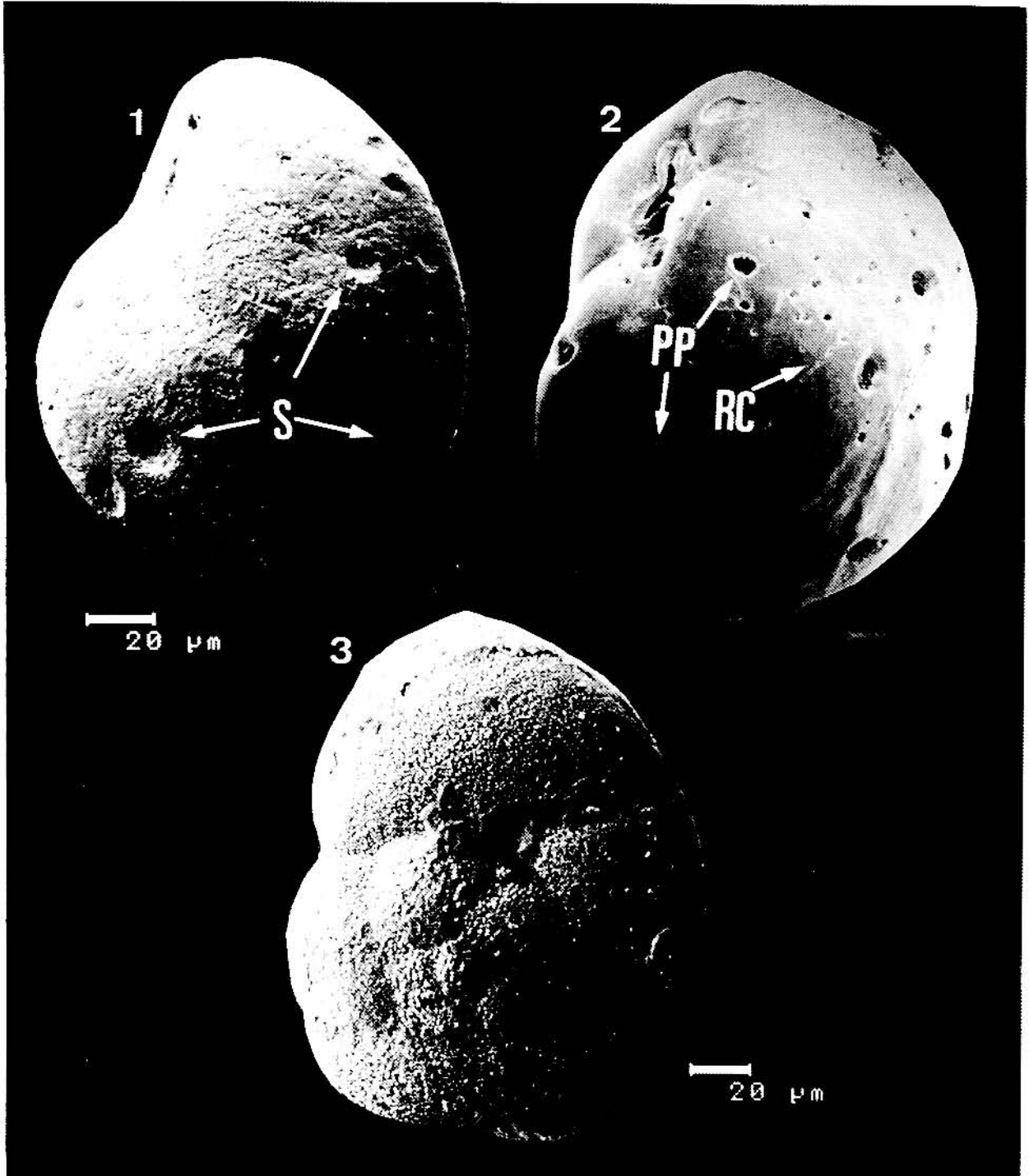


Figura 3 - *Islandiella* cf. *australis* (Phleger e Parker). S - microperturações do tipo circular superficial. Estação ODP 933, intervalo 12X 02 2(-25 cm; profundidade de lâmina d'água: 3366 m; profundidade no sedimento: 101,50 m.

2. *Cassidulina* cf. *reflexa* Galloway e Wissler. PP - microperturações do tipo circular perfurante profunda. RC - retilínea conectante. Estação Geomar II 2459 A, int. 0-10 cm; prof de lâmina d'água: 910 m.

3. *Alabama* sp. indet. Teca com aspecto corroído - microperturação granulada. Estação ODP 933, int. 13X 0184-88 cm; prof. de lâmina d'água: 3366 m, prof. no sedimento: 110, 24 m.

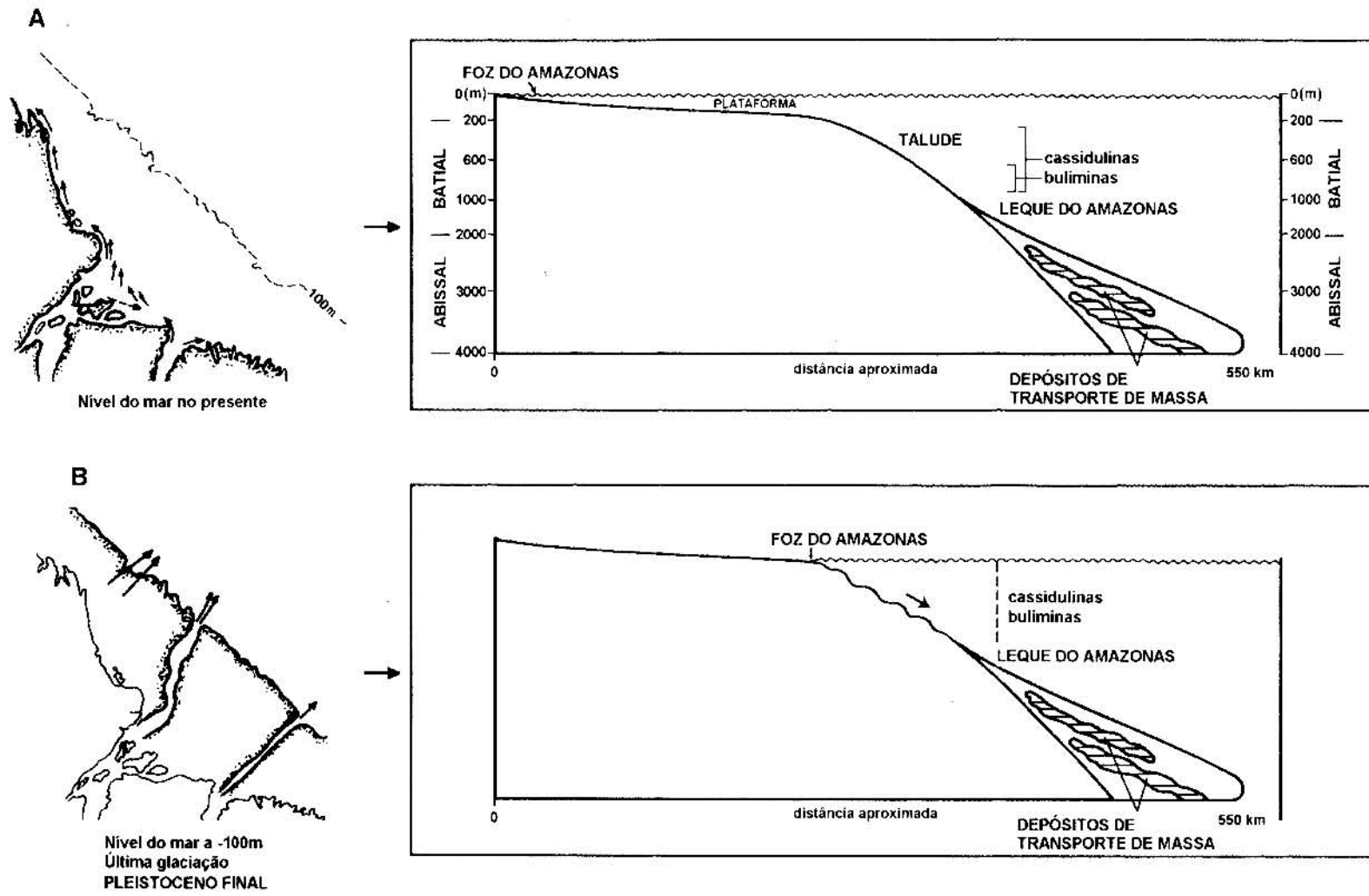


Figura 4 – Situação do nível do mar no Holoceno (A) e na última glaciação (B) – modificado de Milliman *et al.* (1975). Modelos de ocorrência de foraminíferos bentônicos no talude.