



SISTEMÁTICA E TAFONOMIA DOS CIRRÍPEDES BALANOMORFOS DA FORMAÇÃO PIRABAS (EOMIOCENO), ESTADO DO PARÁ, BRASIL ¹

(Com 5 figuras)

VLADIMIR DE ARAÚJO TÁVORA ^{2,3}
KEILA GOMES DE ARAÚJO PONTES ²
NILSON MESQUITA ⁴

RESUMO: O presente trabalho compreende o estudo de uma tafocenose de cirrípedes balanomorfos da ecofácies Capanema da Formação Pirabas, Estado do Pará, procedentes de um afloramento natural situado no município de Capanema, Estado do Pará, abrangendo descrição sistemática e caracterização tafonômica. A tafocenose é poliespecífica, constituída por *Balanus dentivarians*, *B. eburneus*, *B. improvisus* e *Megabalanus tintinnabulum*, sendo que a primeira espécie citada é pela primeira vez reconhecida como fóssil no Brasil. As feições sedimentológicas, estratigráficas e tafonômicas, bem como a preservação da cor original na maioria dos exemplares, permitiu supor que a concentração fossilífera foi gerada por ondas de tempestade, que desencadearam um evento de mortandade em massa.

Palavras chave: Tafonomia. Paleoecologia. Cirrípedes balanomorfos. Formação Pirabas.

ABSTRACT: Systematic and taphonomic study of the Cirripedia of the Pirabas Formation (Eomiocene), Pará State, Brasil. This work presents a study of the taphocoenosis of the balanomorph cirripedia of the Capanema ecofacies from the Pirabas Formation, sampled in one outcrop located at the Capanema district, Pará state. The taphocoenosis is polispecific, established by *Balanus dentivarians* (the first record as fossil in Brazil), *B. eburneus*, *B. improvisus*, and *Megabalanus tintinnabulum*. The sedimentological, stratigraphical and taphonomic features as well as the original colour in the majority of specimens suggest that fossiliferous concentration was formed by storm waves that caused an catastrophic event.

Key words: Taphonomy. Paleoecology. Balanomorph Cirripedia. Pirabas Formation.

INTRODUÇÃO

Os cirrípedes balanomorfos são crustáceos de dimensões centimétricas, elementos de províncias biogeográficas marinhas tropicais e temperadas quentes, que vivem fixos a um substrato rígido, seja rocha, madeira, conchas de outros organismos, ou ainda substratos artificiais, como obras de engenharia construídas nas linhas de costa dos centros urbanos. Abundantes nas zonas intermarés ou estuarinas, e suportando flutuações de salinidade entre normal e abaixo da normal, são relativamente raros como fósseis (YOUNG, 1994). Esta pequena ocorrência no registro fossilífero deve-se ao seu próprio ambiente de vida, que não favorece a fossilização de restos dos organismos constituintes destas comunidades.

No Brasil estão registrados unicamente em

rochas aflorantes no nordeste do Estado do Pará, incluídas na unidade litoestratigráfica denominada Formação Pirabas (MAURY, 1925), um dos melhores documentos do Cenozóico marinho brasileiro. No contexto da Formação Pirabas os cirrípedes ocorrem exclusivamente na área correspondente à fácies ecológica de laguna, Capanema, que representa a borda do paleomar de Pirabas.

A ocorrência mais expressiva da ecofácies Capanema está dentro do município homônimo, nas jazidas da empresa Cimentos do Brasil S/A (CIBRASA), onde se beneficia o calcário em cimento.

Os cirrípedes da Formação Pirabas foram estudados por BEURLLEN (1958) e BRITO (1972, 1977a, 1977b). Reconheceram-se três espécies e a partir desta caracterização foram tecidas considerações paleoambientais sobre esses táxons.

¹ Submetido em 16 de abril de 2004. Aceito em 22 de julho de 2005.

² Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Departamento de Geologia, Laboratório de Paleontologia. Caixa Postal 1611, 66075-110, Belém, PA, Brasil.

³ E-mail: vtavora@orm.com.br.

⁴ Cimentos do Brasil S/A- CIBRASA. Rodovia BR-316, Km 150, Capanema, PA, Brasil. E-mail: nilsonmesquita@nassau.com.br.

Trabalhos de campo periódicos na jazida B-17 da CIBRASA, por conta das excursões didáticas da disciplina Paleontologia, do curso de Geologia da Universidade Federal do Pará, propiciaram localizar exatamente o nível estratigráfico onde ocorrem os cirrípedes balanomorfos. A camada onde ocorrem tem 32cm de espessura, e corresponde a um biocalcirrudito rico em macroinvertebrados (onde se destacam corais anermatípicos, briozoários e crustáceos decápodes), estando localizada imediatamente

acima do segundo *hardground* constante no perfil efetivado por GÓES *et al.* (1990) na referida pedraira. Foram então executadas quatro campanhas de campo, num total de 28 dias, para procedimento de coleta dos fósseis e de suas respectivas feições tafonômicas.

Assim, a proposta da presente pesquisa é o tratamento sistemático, paleoecológico e tafonômico dos 89 cirrípedes balanomorfos coletados na jazida B-17 da CIBRASA, município de Capanema, nordeste do Estado do Pará (Fig.1).

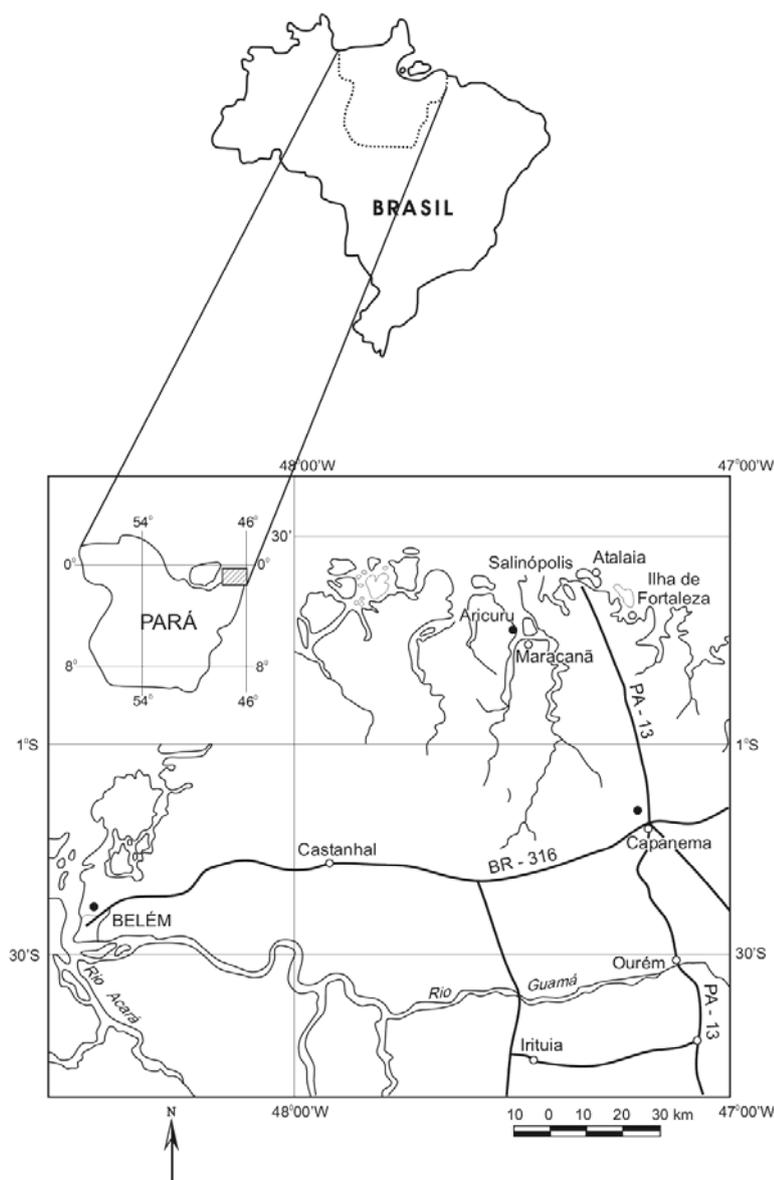


Fig.1- Mapa de localização de onde procedem os cirrípedes estudados.

GEOLOGIA DA FORMAÇÃO PIRABAS

A Formação Pirabas (MAURY, 1925) ocorre descontinuamente nos estados do Pará, Maranhão e Piauí, tendo sido inicialmente referida por FERREIRA-PENNA (1876), que registrou os calcários fossilíferos da ilha de Fortaleza, litoral paraense.

No Pará ocorre em superfície e subsuperfície na região nordeste do Estado, nas zonas fisiográficas do Salgado e Bragantina. Suas principais ocorrências situam-se na ilha de Fortaleza e nas jazidas da CIBRASA, nos municípios de São João de Pirabas e Capanema, respectivamente (COSTA *et al.*, 1993). A distribuição irregular dos registros da Formação Pirabas parece estar relacionada com a paleogeografia, evolução tectônica e como resultado de processos erosivos que assolaram a região provavelmente no Quaternário antigo (ALMARAZ & FORMOSO, 1971). Segundo ALMARAZ (1977), esta unidade litoestratigráfica ocupa uma área de 12.000km², e tem como limites aproximados, desde o rio Guamá ao sul, até localidades correspondentes ao curso inferior do rio Gurupi (leste) e baía de Marajó (oeste). FERREIRA & FRANCISCO (1988) admitiram que esta área poderá ser ampliada, caso seja considerado o seu prolongamento ao longo da costa do Amapá, e mergulhando cerca de 200km para dentro da plataforma do Pará e além do rio Guamá no km 48 da BR-010, município de Irituia. Litologicamente a Formação Pirabas é constituída por calcários cinza de composição variável (coquinas, biohermitos, micritos, dolomicritos, margas e bioclastos) intercalados com calcarenitos e folhelhos negros, depositados em ambiente marinho de águas rasas e quentes (FERREIRA, 1982).

Desde sua formalização como unidade litoestratigráfica por MAURY (1925), os sedimentos da Formação Pirabas têm sido considerados como miocênicos. Entretanto, FERREIRA (1982) estendeu sua deposição ao intervalo Neo-Oligoceno-Eomioceno, baseado na correlação com pacotes sedimentares da Bacia da Foz do Rio Amazonas (Membro Araguari da Formação Marajó e seqüências Tambaqui e Tamoatá da Formação Amapá), assim como pela presença do gastrópode *Orthaulax pugnax* (Heilprin, 1887) e foraminífero planctônico *Globorotalia opima* Bolli, 1966 na sondagem em Vila Mãe do Rio, município de Irituia (FERREIRA *et al.*, 1981), fósseis cuja distribuição estratigráfica estende-se do Neo-Oligoceno ao Eomioceno. Com base em foraminíferos planctônicos (espécies dos gêneros *Globorotalia* e

principalmente *Globigerinoides* Cushman, 1927), admitiu-se que a seqüência marinha mais antiga em território paraense data da base do Eomioceno (FERNANDES, 1988; FERNANDES & TÁVORA, 1990; TÁVORA & FERNANDES, 1999).

Sob o ponto de vista estratigráfico, é pouco conhecido tanto o seu limite inferior quanto a sua espessura. Supõe-se todavia, que sua maior parte sobreponha-se diretamente sobre o embasamento cristalino (ALMARAZ, 1977). Os sedimentos terciários (Mioceno - Pleistoceno) do Grupo Barreiras repousam discordantemente sobre a Formação Pirabas (FRANCISCO *et al.*, 1971) e, segundo FERREIRA & FRANCISCO (1988), não ocorre interdigitação entre estas unidades, como mencionado por outros autores. GÓES *et al.* (1990) reportaram que o contato entre a Formação Pirabas e o Grupo Barreiras é interdigitado e gradual, baseados em estruturas sedimentares e palinomorfos.

O contato lateral da Formação Pirabas se dá de maneira gradual para sedimentos carbonáticos da Formação Amapá e para os clásticos da Formação Marajó, em direção à plataforma continental e ilha de Marajó, respectivamente (SCHALLER *et al.*, 1971).

Devido ao abundante e variado conteúdo fossilífero, a Formação Pirabas está bem caracterizada sob o ponto de vista paleoambiental. Uma das primeiras referências ao ambiente deposicional desta formação foi realizada por FERREIRA & CUNHA (1957), como marinho de águas límpidas, rasas, nerítico, próximo ao litoral de mar aberto, onde o clima deveria ter sido quente e a costa baixa.

O registro de formas fósseis típicas de determinados subambientes marinhos, possibilitou maior detalhamento deste ambiente deposicional. Assim, diversos autores dividiram a Formação Pirabas em ecofácies. Além de proporem a divisão faciológica, estes autores também teceram considerações sobre a extensão e litologia das mesmas. PETRI (1957) dividiu a Formação Pirabas nas fácies ecológicas Castelo, Canecos e Baunilha Grande, delimitando os afloramentos do litoral, Zona Bragantina e furo Baunilha Grande, respectivamente. ACKERMANN (1964, 1969 e 1976) dividiu, da base para o topo, em Olaria, Capanema e Fortaleza, enquanto ALMARAZ (1977) considerou a fácies Baunilha Grande sotoposta às fácies Capanema e Castelo. FERREIRA (1966, 1980, 1982), FERREIRA & CASSAB (1985) e FERREIRA & FRANCISCO (1988) reconheceram as fácies Castelo, Baunilha Grande e Capanema, admitindo que esta última localiza-se

especialmente acima da fácies Castelo, enquanto a fácies Baunilha Grande é descontínua, estando em posição intermediária entre as outras duas.

A ecofácies Castelo representa um ambiente marinho de águas neríticas, quentes e rasas, com salinidade normal ou acima (PETRI, 1957; FERREIRA, 1966, 1980, 1982; FERREIRA & CASSAB, 1985; FERREIRA & FRANCISCO, 1988), sendo constituída litologicamente por coquinas, biohermitos, micritos e dolomicritos, mergulhando para a plataforma continental do Pará, e se afunilando em direção ao sul do estado (FERREIRA, 1982). Para essa fácies foi definida a biozona *Orthaulax pugnax*, que compreende uma paleofauna típica de ambientes recifais (estenobiônica), tais como corais hermatípicos, algas coralíneas, briozoários e alguns moluscos, como o gastrópode *Orthaulax pugnax*, que deu o nome à biozona. A fácies Fortaleza específica calcários altamente fossilíferos e com elevado teor de MgO, aflorantes na ilha de Fortaleza (ACKERMANN, 1964, 1969, 1976), correspondendo também à ecofácies Castelo. A ecofácies Capanema, mencionada como Canecos por PETRI (1957), foi depositada num ambiente lagunar, de borda de bacia, com salinidade abaixo da normal (ACKERMANN, 1964, 1969, 1976; ALMARAZ, 1977; FERREIRA, 1966, 1980, 1982; FERREIRA & CASSAB, 1985; FERREIRA & FRANCISCO, 1988). Litologicamente caracteriza-se por margas, micritos, bioclastos, folhelhos rítmicos e arenitos calcíferos. A fácies Olaria, correspondente à atual ecofácies Capanema, refere-se a um calcário muito fino, com baixo teor de MgO, observado na localidade Olaria (município de Capanema), que possui abundantes impressões de folhas (ACKERMANN, 1964, 1969, 1976; DUARTE, 1967). A ecofácies Baunilha Grande (PETRI, 1957; FERREIRA, 1980 E 1982; FERREIRA & CASSAB, 1985; FERREIRA & FRANCISCO, 1988) representa um ambiente redutor tipicamente de mangue, sendo constituída por calcários cinza escuros finamente estratificados e argilas negras com nódulos de calcário escuro contendo crustáceos braquiúres (carcinólitos) e vegetais piritizados.

GÓES *et al.* (1990), com base em análise litofaciológica, identificaram sete fácies descritivas: biocalcirruditos (com grande variedade faunística), calcarenitos não estratificados (ou com estratificação cruzada incipiente e fósseis esparsos), calcarenito estratificado (fósseis fragmentados), margas (restos vegetais e peixes), folhelhos verdes (restos vegetais), biohermitos (corais) e calcilitos (raros fósseis).

O modelo deposicional proposto por GÓES *et al.* (1990), considerando o conteúdo e análise paleontológica, é similar aos propostos anteriormente, citando evidências de ondas de tempestade na plataforma continental, onde os subambientes de plataforma carbonática marinha rasa (ecofácies Castelo), laguna (ecofácies Capanema) e mangue (ecofácies Baunilha Grande) acham-se dispostos de forma interdigitada com sedimentação cíclica, sugerindo freqüentes oscilações no nível do mar, e litoral intensamente recortado. Subseqüente a este evento deposicional, predominantemente transgressivo e oscilatório, predominou a sedimentação de uma outra seqüência, regressiva e siliciclástica (Grupo Barreiras), cujas estruturas sedimentares e conteúdo palinológico típico do Mesomioceno indicam certa contemporaneidade e gradação entre as seqüências Pirabas e Barreiras.

Segundo COSTA *et al.* (1993) os sedimentos do Terciário Superior na região de Salinópolis, nordeste do Pará, são produtos de um ciclo transgressivo-regressivo, estando depositados em uma bacia assimétrica e alongada de direção NW-SE. O preenchimento desta bacia se processou pela instalação de depósitos marinhos carbonáticos de águas rasas e quentes (Formação Pirabas), os quais dão lugar gradativamente a depósitos regressivos de natureza siliciclástica (Grupo Barreiras), indicando forte soerguimento da borda da bacia e inibição da deposição de carbonatos em subambientes de planície de maré, estuário e plataforma interna. As estruturas que controlaram o desenvolvimento da Formação Pirabas e do Grupo Barreiras são falhas normais NW-SE e inclinadas para NE, e falhas transcorrentes NE-SW que funcionaram como zonas de transferência. Essa evolução é entendida como decorrente do último episódio de manifestação extensional na margem equatorial brasileira, relacionado ao evento de separação América do Sul- África.

CIRRÍPEDES DA FORMAÇÃO PIRABAS

BEURLLEN (1958) apresentou a descrição de uma espécie de cirrípede, procedente da Formação Pirabas, município de Capanema. As feições morfológicas reconhecíveis no único exemplar disponível permitiram ao autor situá-lo no grupo multiforme e cosmopolita de *Balanus (Megabalanus) tintinnabulum* (Linnaeus, 1758). Devido as particularidades do fóssil da Formação Pirabas, Beurlen propôs que o mesmo constituía um novo táxon, *Balanus (Megabalanus) transversostriatus* Beurlen, 1958, o primeiro fóssil do subgênero *Megabalanus* Hoek, 1913 no continente americano.

BRITO (1972) estudou exemplares de cirrípedes balanomorfos da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) no Estado do Pará, atribuídos por BEURLEN (1958) à espécie *Balanus (Megabalanus) transversostriatus* Beurlen, 1958, e catalogados nas coleções paleontológicas da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional de Produção Mineral, Museu Nacional e Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. As análises taxonômicas revelaram uma quase identidade entre *B.(M.) transversostriatus* Beurlen e *B.(M.) tintinnabulum* (Linnaeus), comum na Região Caribeana e litoral brasileiro, com diferenças no máximo subespecíficas ou de variedade. Assim sendo foi proposto um novo status para o táxon fóssil, *B.(M.) tintinnabulum transversostriatus* Beurlen.

BRITO (1977a) relatou que em coletas fossilíferas realizadas em estratos da Formação Pirabas, Estado do Pará, foram coletados alguns exemplares de cirrípedes balanomorfos, representantes de duas formas abundantes na região caribeana atual, *Balanus improvisus* Darwin, 1854 e *Balanus eburneus* Gould, 1841. Ambos são coloniais, toleram águas salobras ou poluídas e comumente estão associados com *Balanus tintinnabulum* (Linné). Desta forma confirmou-se o ambiente em que viveram no mar de Pirabas, águas rasas de fundo de baía, correspondente à ecofácies Capanema.

Em BRITO (1977b) foram descritas duas novas espécies de cirrípedes balanomorfos na Formação Pirabas, atribuídos ao gênero *Balanus*, *B. improvisus* Darwin e *B. eburneus* Gould. Os exemplares relativamente bem preservados, são procedentes do afloramento Tauari, município de Capanema, localizado no quilômetro 195 da antiga ferrovia Belém-Bragança. Com amplas tolerâncias ambientais e considerável distribuição geográfica, os táxons registrados confirmaram as condições ambientais da ecofácies Capanema, já ditas acima. Estes cirrípedes estão quase sempre associados a *Balanus tintinnabulum* (Linnaeus).

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Utilizam-se no presente estudo a nomenclatura morfológica, termos aplicados nas descrições e classificações sistemáticas adotadas por NEWMAN *et al.* (1969) e FARRAPEIRA-ASSUNÇÃO (1990), além de outras bibliografias complementares específicas, tais como HENRY & MCLAUGHLIN (1975, 1986). Os espécimens estão depositados no acervo paleontológico do Museu de Geociências da Universidade Federal do Pará, sob as numerações MG-4000-I até MG-4088-I.

Phylum ARTHROPODA Siebold & Stanius, 1845
 Sub Phylum MANDIBULATA Clairville, 1798
 Classis CIRRIPEDIA Burmeister, 1834
 Ordo THORACICA Darwin, 1854
 Sub Ordo BALANOMORPHA Pilsbry, 1916
 Familia BALANIDAE Leach, 1817
 Sub Familia BALANINAE Leach, 1817

Genus *Balanus* da Costa, 1778
Balanus dentivarians Henry, 1974
 (Fig.2)

Diagnose – Concha cônica, com orifício estreito e denteado. Rádios muito estreitos, tubíferos, estriados transversalmente, com ápices finos e oblíquos. Carena, carenolaterais, rostró e rostrólaterais com superfície irregular, paredes tubíferas que externamente são marcadas por costelas longitudinais bem desenvolvidas. Superfície externa ornamentada por estrias transversais paralelas entre si. Ala com ápice horizontal, margem sutural septada e estrias subhorizontais. Paries não visíveis.



Fig.2- *Balanus dentivarians* Henry, 1974. Escala=1cm.

Ocorrência – Recente- oeste da América Central e México até o Equador na América do Sul (HENRY & McLAUGHLIN, 1975). Fóssil- ecofácies Capanema da Formação Pirabas, Estado do Pará, Brasil.

Material – Um espécimen isolado (MG-4000-I).

Medidas – Diâmetro 16mm e altura 20mm.

Observações – No espécimen foram encontrados vestígios da cor original em todos os compartimentos de sua concha.

Balanus eburneus Gould, 1841
(Fig.3)

Diagnose – Concha cônica a cilíndrica, orifício espesso e irregular. Rádios moderados a largos, sólidos com ápices irregulares, ornamentados por estrias transversais. Carena, carenolaterais, rostro e rostralaterais com superfície irregular, paredes tubíferas, sendo que somente a carena e carenolaterais ornamentados por linhas delicadas, horizontais, paralelas e regularmente espaçadas. Paries não visíveis.

Ocorrência – Recente - golfo da Califórnia, Carolina do Norte e Flórida (EUA), golfo do México, região caribeana, Guianas, Colômbia e Brasil (Rio de Janeiro até São Paulo); sudeste da Europa, mares Mediterrâneo, Negro e Cáspio; oeste da África, Índia, Japão, Havaí

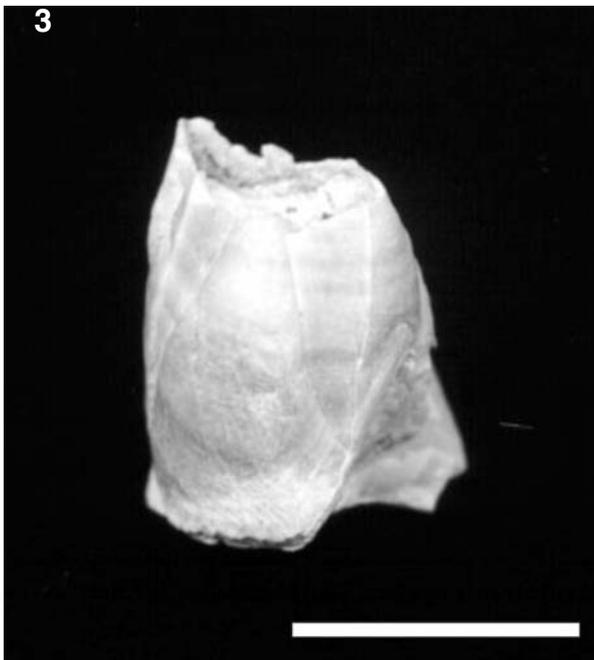


Fig.3- *Balanus eburneus* Gould, 1841. Escala=1cm.

(SOUTHWARD, 1975; HENRY & McLAUGHLIN, 1975; YOUNG, 1994). Fóssil- ecofácies Capanema da Formação Pirabas, Estado do Pará, Brasil.

Material – 30 espécimens, sendo 16 solitários e 14 colônias com dois a 11 indivíduos (MG-4001-I até MG-4030-I).

Medidas – Diâmetro 9mm, altura 10mm (em média). Maior exemplar examinado com 18mm de diâmetro e 12mm de altura.

Observações – Foram encontrados vestígios de coloração original em 13 indivíduos, localizados nos rádios e regiões apicais do rostro e rostralaterais.

Balanus improvisus Darwin, 1854
(Fig.4)

Diagnose – Concha cônica, achatada, com orifício grande e delicadamente denteado. Rádios muito estreitos, sólidos, estriados transversalmente, com ápice horizontal a subhorizontal. Carena, carenolaterais rostro e rostralaterais com superfície lisa, paredes tubíferas, contendo costelas delicadas. Paries não visíveis.

Ocorrência – Recente - Carolina do Norte e Flórida (EUA), golfo do México, região caribeana, Guianas e Brasil (Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul); mares Escocês e Báltico até oeste da África; mares Mediterrâneo, Cáspio e Vermelho; Nova Escócia até a Patagônia; de Oregon até o Peru; Japão e Austrália (SOUTHWARD, 1975; HENRY & McLAUGHLIN, 1975; YOUNG, 1994). Fóssil-ecofácies Capanema da Formação Pirabas, Estado do Pará, Brasil.

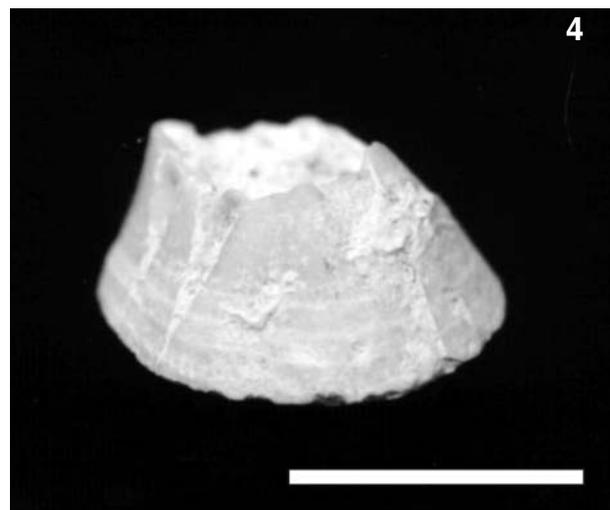


Fig.4- *Balanus improvisus* Darwin, 1854. Escala=1cm.

Material – 9 espécimens, sendo oito solitários e uma colônia com dois indivíduos (MG-4031-I até MG-4039-I).

Medidas – Diâmetro 9mm, altura 6mm (em média). Maior exemplar examinado com 10mm de diâmetro e 8mm de altura.

Observações – Foram encontrados vestígios da coloração original nos rádios de cinco espécimens.

Genus *Megabalanus* Hoek, 1913

Megabalanus tintinnabulum (Linnaeus, 1758)

(Fig.5)

Diagnose – Concha cilíndrica a cônica, orifício moderadamente estreito a largo, subcircular a subtriangular. Rádios amplos, tubíferos, com ápices largos, estriados transversalmente. Carena, carenolaterais, rostro e rostralaterais com superfície irregular, paredes tubíferas e costelas longitudinais bem marcadas. Ala com margem sutural septada e ornamentada por estrias subhorizontais. Paries não visíveis.



Fig.5- *Megabalanus tintinnabulum* (Linnaeus, 1758). Escala=1cm.

Ocorrência – Recente - em todo o mundo. Fóssil-ecofácies Capanema da Formação Pirabas, Estado do Pará, Brasil.

Material – 49 espécimens, sendo 45 solitários e quatro colônias com dois a seis indivíduos (MG-4040-I até 4088-I).

Medidas – Diâmetro 8mm, altura 14mm (em média). Maior exemplar examinado com 25mm de diâmetro e 32mm de altura.

Observações – Foram encontrados vestígios de coloração original em 14 exemplares nos compartimentos de suas conchas.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A PALEOFAUNA ESTUDADA

O estudo sistemático da fauna de cirrípodes balanomorfos da ecofácies Capanema da Formação Pirabas revelou a existência de quatro espécies do grupo no antigo mar de Pirabas. Todas elas são viventes atualmente em ambientes marinhos transicionais de pequenas profundidades.

Este fato corrobora os dados obtidos com os demais grupos sistemáticos registrados na Formação Pirabas, onde a paleofauna guarda um aspecto moderno, muito próximo da fauna marinha encontrada na costa brasileira atual.

Foram confirmadas as espécies *Balanus eburneus* e *B. improvisus*, assinaladas por BRITO (1977b). Também a espécie *M. tintinnabulum* foi corroborada, só que caracterizada no gênero *Megabalanus*, anteriormente considerada como pertencente ao gênero *Balanus*.

Além disso, foi reconhecida pela primeira vez na Formação Pirabas e como fóssil no Brasil, *Balanus dentivarians*, que ocorre atualmente no oeste da América Central e México, até o Equador na América do Sul (HENRY & McLAUGHLIN, 1975).

TAFONOMIA

Os cirrípodes balanomorfos da ecofácies Capanema da Formação Pirabas estão preservados tridimensionalmente em biocalcirruditos, sob a forma de restos inalterados. Variações no tamanho dos cirrípodes na tafocenose estão relacionados com diferentes estágios ontogenéticos, sugerindo evento de mortandade em massa. A preservação em posição de vida sugere que foram soterrados vivos por rápida deposição de sedimentos, devido ao aumento brusco na taxa de sedimentação, associados a eventos de tempestade (RODRIGUES *et al.*, 2003).

As feições preservacionais aqui utilizadas para o estudo tafonômico destes crustáceos restringem-se às visíveis macroscopicamente. Desta forma os processos físico-químicos e biológicos que atuaram durante a formação destes fósseis serão tratados de maneira qualitativa. São descritas e discutidas a seguir as feições preservacionais, agrupadas nas categorias sedimentológicas, estratigráficas e tafonômicas.

FEIÇÕES SEDIMENTOLÓGICAS

O grau de empacotamento observado no biocalcirrudito e sua relação com os cirrípedes é do tipo fracamente empacotado a disperso (KIDWELL & HOLLAND, 1991), ou seja, a concentração é suportada pela matriz que exibe bioclastos esparsamente distribuídos. A concentração fossilífera apresenta-se predominantemente constituída por bioclastos em várias classes de tamanho, podendo ser considerada como polimodal, no aspecto do grau de seleção. Estes dados refletem baixo grau de retrabalhamento e transporte.

FEIÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

A concentração fossilífera ocorre em camada de 32cm de espessura considerada como uma feição tridimensional, com reconhecida estrutura interna simples, por não exibir variação vertical ou lateral das feições tafonômicas (KIDWELL *et al.*, 1986). Os bioclastos encontram-se concordantes com a matriz que os envolve, ou seja, ocorrem com o plano de simetria disposto horizontalmente em relação ao substrato (STANLEY, 1970). Estas observações indicam que a concentração fossilífera se formou em um único evento e que o seu soterramento ocorreu *in situ*.

FEIÇÕES TAFONÔMICAS

A descrição e discussão das feições tafonômicas foram realizadas com base nos trabalhos de TORELLO & SIMÕES (1994) e KLEIN & SIMÕES (1998), separadas em cinco categorias distintas.

A) Composição taxonômica

A composição taxonômica das concentrações fossilíferas marinhas está relacionada com as características ecológicas da comunidade original, da sucessão e condensação faunística, bem como de sua história bioestratinômica e diagenética (TORELLO & SIMÕES, 1994). A assembléia poliespecífica (SIMÕES & HOLZ, 2000) de cirrípedes balanomorfos da ecofácies Capanema da

Formação Pirabas, que ocorre na jazida B-17 da CIBRASA, é única no registro fossilífero brasileiro, estando composta por quatro espécies viventes hoje em dia em várias regiões do globo, a saber, *Megabalanus tintinnabulum*, *Balanus dentivarians*, *B. eburneus* e *B. improvisus*.

B) Biofábrica e estrutura interna

Segundo KIDWELL & BOSENCE (1991), a denominação biofábrica corresponde ao arranjo tridimensional dos fósseis na matriz. Em seção, os bioclastos podem estar dispostos de maneira concordante, oblíqua, perpendicular, imbricada, empilhada ou aninhada.

No afloramento estudado os cirrípedes ocorrem em uma camada de biocalcirrudito com espessura de 32cm e sem aparente estruturação interna. Os contatos inferior e superior são bruscos, com seqüências de margas também sem estruturação interna, ricas em microfósseis (foraminíferos e ostracodes) e sem macrofósseis. A concentração fossilífera é monotípica, onde os bioclastos são suportados pela matriz, tridimensionalmente arranjados. Estes correspondem a bioclastos fracamente empacotados a dispersos (KIDWELL & HOLLAND, 1991).

Cerca de 94% dos cirrípedes balanomorfos estudados estão orientados verticalmente em relação ao substrato, indicando soterramento abrupto desses organismos, sem perturbação do fundo. Espécimens orientados horizontalmente e achatados lateralmente perfazem 6% da associação e podem representar bioclastos antigos, restos de cirrípedes já mortos, disponíveis no substrato, que foram soterrados juntos com os vivos, já que todos ocorrem no mesmo horizonte estratigráfico.

C) Transporte

Na concentração fossilífera, os bioclastos não apresentam evidências de transporte, por apresentarem várias classes de tamanho e disposição concordante ao plano horizontal. A ocorrência associada de formas juvenis e adultas sugere baixa seleção hidráulica. Os constituintes do paleobioma balanóide estão preservados em posição de vida indicando evento de sedimentação episódica, com alta energia, sem perturbação do substrato. Devido ao aumento na taxa de sedimentação, as carapaças sofreram rápido soterramento, preservando os restos esqueléticos *in situ*, o que define uma assembléia parautóctone.

D) Abrasão, fragmentação e bioerosão

Os vestígios de fragmentação, abrasão e desgaste por transporte são raros, enquanto também não

foram verificadas feições de bioerosão ou incrustação dos bioclastos. Os restos de cirrípedes balanomorfos apresentam tanto suas feições morfoanatômicas proeminentes quanto as delicadas, sugerindo que os mesmos não ficaram expostos na interface água/sedimento, sendo pois soterrados rapidamente, em um curto intervalo de tempo, por um evento de alta taxa de sedimentação.

E) Cor

Os pigmentos orgânicos que dão cor aos invertebrados são denominados biocromos e estão concentrados normalmente nas camadas mais externas da concha e no perióstraco. A pigmentação resulta da degradação dos hormônios, estoque de produtos não aproveitados durante a digestão, ou ainda por acumulação de carotenóides por ação metabólica (HOLLINGWORTH & BARKER, 1991).

Os biocromos existentes em tecidos duros são: melanina, tetrapirola, omócromo, pterina, quinona e pigmentos naptazarinos, sendo que os dois primeiros são os estáveis. A melanina é produzida por oxidação e subsequente polimerização do aminoácido tirosina. É insolúvel em solventes orgânicos ou à base de ácidos, estando freqüentemente aderida à proteínas e varia desde a coloração amarela até a negra. Ocorre tanto em partes duras quanto em tecidos moles da maioria dos componentes do reino animal. Enquanto isso, a tetrapirola, apesar de possuir alto grau de estabilidade termodinâmica, é solúvel em muitos líquidos de percolação durante a diagênese dos fósseis (HOLLINGWORTH & BARKER, 1991).

A preservação da cor em partes duras fossilizadas ocorre em conchas cujos constituintes sejam estáveis quimicamente e assim a mineralogia original seja mantida. A camada da cor representa um composto orgânico residual. Os fatores controladores da preservação da cor original são a química e estabilidade do biocromo, a rapidez do recobrimento e sua história tafonômica, assim como a mineralogia original da concha (HOLLINGWORTH & BARKER, 1991).

As camadas com os biocromos são perdidas quando os restos sofrem transporte, ação bacteriana, perfuração por algas endolíticas ou prolongada exposição à luz solar. A preservação da cor original dos fósseis indica que os mesmos foram recobertos rapidamente (HOLLINGWORTH & BARKER, 1991).

Em vários espécimens da tafocenose estudada foram encontrados vestígios do biocromo, provavelmente melanina, localizado nos rádios (manchas avermelhadas) e de maneira mais suave

nos parietais (manchas púrpuras). Com a preservação da cor natural sugere-se que estes fósseis sofreram rápido soterramento.

As evidências bioestratinômicas acima descritas sugerem que a concentração fossilífera de cirrípedes balanomorfos é parautóctone, ou seja, não sofreu transporte, e que foi soterrada rapidamente, por evento de sedimentação episódica.

FEIÇÕES DIAGENÉTICAS

Após o sepultamento os restos de organismos podem sofrer deformações pós-deposicionais, advindas principalmente da compactação dos sedimentos e fenômenos tectônicos. Durante a compactação os bioclastos ficam sujeitos a deformações verticais e fraturamento. O achatamento do fóssil é a feição que caracteriza esta deformação por compactação dos sedimentos (MENDES, 1988). No material analisado foram observados três espécimens com carapaça comprimida, como resultado da pressão litostática durante a litificação dos sedimentos onde foram depositados. Estes exemplares não estavam concordantes ao plano horizontal, portanto não foram preservados em posição de vida e representam restos de cirrípedes já mortos antes do evento de soterramento rápido que dizimou a assembléia de cirrípedes viventes na época. Desta forma, a deformação pós-deposicional corrobora a disposição discordante em relação aos demais membros da tafocenose, já que apenas assim estando poderia sofrer achatamento ventral durante o processo diagenético.

FEIÇÕES ANTRÓPICAS

A fragmentação observada em alguns espécimens foram oriundas durante a coleta ou no desmanche da sequência sedimentar que os continha, por ocasião da extração do calcário para beneficiamento.

Os dados acima descritos permitem separar os cirrípedes balanomorfos estudados em duas classes tafonômicas, segundo os critérios adotados por RODRIGUES *et al.* (2003):

Classe tafonômica 1 – preservação em posição de vida, formas solitárias ou coloniais completos a raramente pouco fragmentados, tridimensionais e verticalmente arranjados em relação ao plano de acamamento com abertura orientada para o topo da camada e com vestígios do biocromo.

Classe tafonômica 2 – formas solitárias completos a pouco fragmentados, achatados lateralmente e horizontalmente orientados em relação ao plano de acamamento e sem vestígios do biócromo.

IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

A grande abundância faunística de paleoinvertebrados na ecofácies Capanema da Formação Pirabas, constituída por corais anermatípicos, moluscos bivalvíos e gastrópodes, crustáceos decápodes, cirrípedes balanomorfos, e equinóides, sugere ambiente marinho eutrófico e bem oxigenado, de águas rasas, límpidas e pouco agitadas. Os corais anermatípicos atestam ambiente com baixa taxa de sedimentação (FERNANDES, 1981), enquanto o predomínio de briozoários lunulitiformes (*Lunulites* Lamarck, 1801, *Cupuladria* Canu & Bassler, 1919), incrustantes (*Steginoporella* Smitt, 1873) e foliáceos flexíveis (*Flustra* Linné, 1761) sugerem águas quentes e ambiente de vida afetado por ação de ondas (TÁVORA *et al.*, 2002; RYLAND, 1970). As associações de moluscos, crustáceos decápodes e equinóides, associadas com foraminíferos bentônicos e ostracodes, são formadas por táxons predominantemente eurihalinos, que suportam grandes variações de salinidade.

As variações na composição taxonômica dos diversos grupos sistemáticos, principalmente baseando-se nas espécies estenohalinas, evidenciam que a salinidade oscilou entre normal, abaixo da normal e acima da normal. Os fósseis mais indicativos destas oscilações são os foraminíferos bentônicos associados com alguns bivalvíos (pectinídeos e heterodontídeos), que examinados em diferentes perfis de superfície e subsuperfície, mostram claramente variações entre salinidade normal e acima da normal. Em alguns destes perfis, foram também caracterizados níveis estratigráficos com salinidade abaixo da normal, a partir do registro de corais anermatípicos (FERNANDES, 1981) associados a crustáceos decápodes e, decisivamente, às espécies *Balanus eburneus* e *B. improvisus*, cirrípedes balanomorfos de pequeno tamanho, que suportam índices de valores absolutos entre 16 e 18‰ (TÁVORA & PONTES, 2002).

Pelo exposto, observa-se que a caracterização ambiental da ecofácies Capanema sugerida pelo seu conteúdo fóssil, está em concordância com o ambiente de vida atribuído para os cirrípedes atuais, que vivem preferencialmente em biótopos de águas rasas com salinidade normal a abaixo da normal, em clima tropical.

As feições sedimentológicas, estratigráficas e tafonômicas reconhecidas nos cirrípedes balanomorfos e na rocha que os contém permitiram supor que a concentração fossilífera em questão é parautóctone (KIDWELL & BOSENCE, 1991), tendo sido acumulada por ação de ondas de tempestade (FÜRSICH & OSCHMANN, 1993), configurando-se em um evento de mortandade em massa.

A boa e tridimensional preservação em posição de vida, o baixo grau de fragmentação, a coexistência de indivíduos pertencentes a diferentes estágios ontogenéticos, assim como o não reconhecimento de evidências de transporte (em 92% dos constituintes da tafocenose), abrasão, bioerosão e incrustação comprovam esta hipótese. Além disso a preservação do biócromo em alguns exemplares representa outro forte argumento para supor que os indivíduos tiveram morte catastrófica por terem sofrido soterramento rápido.

Os elementos agrupados na classe tafonômica 1 foram provavelmente preservados em depósitos abaixo do nível de base das ondas de tempestade, por se tratarem de indivíduos sésseis da epifauna, cuja preservação *in situ* implica necessariamente na ausência de correntes de fluxos junto ao substrato. TÁVORA *et al.* (2002), em estudos tafonômicos dos crustáceos decápodes procedentes deste mesmo afloramento da Formação Pirabas, reconheceram igualmente que a tafocenose de braquiúros foi gerada por um evento de mortandade em massa. As evidências encontradas nos cirrípedes balanomorfos confirmam esta hipótese.

REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, F.L., 1964. Geologia e fisiografia da região Bragantina (Estado do Pará). **Cadernos da Amazônia**, Manaus, 2:1-90.
- ACKERMANN, F.L., 1969. **Esboço para a Geologia entre a cidade de Belém – rio Gurupi e Atlântico – rio Guamá**. Belém: Imprensa Universitária, Universidade Federal do Pará, 79p.
- ACKERMANN, F.L., 1976. **A Formação Pirabas, sua evolução e interpretação**. Belém: Imprensa Universitária, Universidade Federal do Pará, 83p.
- ALMARAZ, J.S.U., 1977. **Aspectos geoquímicos e ambientais dos calcários da Formação Pirabas, Estado do Pará**. Porto Alegre, 198p. Tese (Doutorado em Geociências) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- ALMARAZ, J.S.U. & FORMOSO, M.L.F., 1971. Contribuição ao ambiente da Formação Pirabas-mineralogia das argilas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. **Anais**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, v.2, p.247-265.
- BEURLEN, K., 1958. Contribuição à Paleontologia do Estado do Pará. -Um balanomorfo da Formação Pirabas. II (Arthropoda-Crustacea). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série, Geologia**, Belém, **6**:1-6.
- BRITO, I.M., 1972. Contribuição à Paleontologia do Estado do Pará. Sobre um balanomorfo da Formação Pirabas (Crustacea-Cirripedia). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série, Geologia**, Belém, **18**:1-3.
- BRITO, I.M., 1977a. Novas ocorrências de cirrípedes balanomorfos na Formação Pirabas, Mioceno Inferior do Pará. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, **49**(2):353.
- BRITO, I.M., 1977b. Novas ocorrências de cirrípedes balanomorfos na Formação Pirabas, Mioceno Inferior do Estado do Pará. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, **49**(3):465-468.
- COSTA, J.B.S.; BORGES, M.S.; BEMERGUY, R.L.; FERNANDES, J.M.G.; COSTA JUNIOR, P.S. & COSTA, M.L., 1993. Evolução Cenozóica da Região de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará. **Geociências**, Rio Claro, **12**(2):373-396.
- DUARTE, L., 1967. Contribuição à Paleontologia do Estado do Pará. A flórua fóssil da Formação Pirabas. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, 1., 1967, Belém. **Atas**, Belém. v.1 (Geociências), p.145-149.
- FARRAPEIRA-ASSUNÇÃO, C.M., 1990. **Taxonomia e considerações ecológicas dos Cirripedia Balanomorpha do estuário do rio Paripe (ilha de Itamaracá - PE - Brasil)**. Recife, 380p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Curso de Mestrado em Oceanografia Biológica, Universidade Federal de Pernambuco.
- FERNANDES, A.C.S., 1981. Contribuição à Paleontologia do Estado do Pará. Um novo *Flabellum* (Anthozoa-Scleractinia) na Formação Pirabas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série, Geologia**, Belém, **24**:1-7.
- FERNANDES, J.M.G., 1988. Bioestratigrafia da Formação Pirabas, Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. **Anais**, Belém: Sociedade Brasileira de Geologia. v.6, p.2376-2382.
- FERNANDES, J.M.G. & TÁVORA, V.A., 1990. Estudo dos foraminíferos da Formação Pirabas procedentes do furo CB-UFPa-P1(85), município de Capanema, Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais**, Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Nordeste. v.1, p.470-475.
- FERREIRA, C.S., 1966. Características litopaleontológicas da Formação Pirabas, Estado do Pará. In: CONFERÊNCIA GEOLÓGICA DAS GUIANAS, 6., 1966, Belém. **Anais**, Rio de Janeiro: **Avulsos da Divisão de Geologia e Mineralogia**, **41**:101-111.
- FERREIRA, C.S., 1980. Correlação da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), N e NE do Brasil, com as Formações Chipola e Tampa da península da Flórida, USA. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 1., 1980, Buenos Aires. **Atas**, Buenos Aires: Asociacion Paleontologica Argentina. Tomo 3, p.49-55.
- FERREIRA, C.S., 1982. Notas estratigráficas sobre o Cenozóico marinho do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., 1982, Belém. **Anais**, Belém: Sociedade Brasileira de Geologia. v.1, p.84-88.
- FERREIRA, C.S. & CASSAB, R.C.T., 1985. Implicações faciológicas da família Pectinidae (Mollusca-Bivalvia) da Formação Pirabas, Oligo-Mioceno do norte e nordeste do Brasil. In: **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, MME-DNPM**, Série Geologia Nº 27, Seção Paleontologia e Estratigrafia Nº2, p.205-209.
- FERREIRA, C.S. & CUNHA, O.R., 1957. Contribuição à Paleontologia do Estado do Pará. Notas sobre a Formação Pirabas com a descrição de novos invertebrados fósseis. I. (Mollusca- Gastropoda). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série Geologia**, Belém, **2**:1-61.
- FERREIRA, C.S. & FRANCISCO, B.H.R., 1988. As relações da Formação Pirabas (Oligoceno- Mioceno), com as formações continentais terciárias no NE do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. **Anais**, Belém: Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte. v.2, p.761-764.
- FERREIRA, C.S.; VICALVI, M.A. & MACEDO, A.C.M., 1981. Nota sobre a seqüência sedimentar ao sul do rio Guamá, Estado do Pará. Evidências do Oligo-Mioceno marinho, através dos resultados preliminares da sondagem feita em Vila Mãe do Rio ("48"), BR-010, município de Irituia. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, **53**(1):208-209.
- FERREIRA-PENNA, D.S., 1876. Breve notícia sobre os sambaquis do Pará. **Archivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, **1**:85-89.
- FRANCISCO, B.H.R.; LOEWENSTEIN, P.; SILVA, O.F. & SILVA, G.G., 1971. Contribuição à Geologia da Folha de São Luís (SA-23) no Estado do Pará. III-Estratigrafia. IV- Recursos Minerais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova Série Geologia**, Belém, **17**:1-40.
- FÜRSICH, F.T. & OSCHMANN, W., 1993. Storm slll beds as tools in basin analysis: the Jurassic Kachchh, western India. **Journal of the Geological Society of London**, London, **150**:169-185.

- GÓES, A.M.; ROSSETTI, D.F.; NOGUEIRA, A.C.R. & TOLEDO, P.M., 1990. Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra**, Belém, **2**:3-15.
- HENRY, D.P. & McLAUGHLIN, P.A., 1975. The barnacles of the *Balanus amphitrite* complex (Cirripedia - Thoraxica). **Zoologische Verhandelingen**, Leiden, **141**:1-254.
- HENRY, D.P. & McLAUGHLIN, P.A., 1986. The recent species of *Megabalanus* (Cirripedia: Balanomorpha) with special emphasis on *Balanus tintinnabulum* (Linnaeus) *sensu lato*. **Zoologische Verhandelingen**, Leiden, **235**:1-69.
- HOLLINGWORTH, N.T.J. & BARKER, M.J., 1991. Colour pattern preservation in the fossil record: taphonomy and diagenetic significance. In: DONOVAN, S.K. (Ed.) **The processes of fossilization**, New York: Columbia University Press, p.105- 119.
- KIDWELL, S.M. & BOSENCE, D.W.J., 1991. Taphonomy and time- averaging of marine shelly faunas. In: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E. (Eds.) **Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**. New York, **Topics in Geobiology**, Plenum Press, p.115- 209.
- KIDWELL, S.M. & HOLAND, S.M., 1991. Field description of coarse bioclastics fabrics **Palaios**, Tulsa, **6**:426-434.
- KIDWELL, S.M.; FURSICH, F.T. & AIGER, T., 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentration. **Palaios**, Tulsa, **1**:228-238.
- KLEIN, C. & SIMÕES, M.G., 1998. Tafonomia de pelecípodes da Formação Teresina (Permiano), Tiaraju, RS, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, **70**(3):617-625.
- MAURY, C.J., 1925. **Fósseis terciários do Brasil com descrição de novas formas cretáceas**. Rio de Janeiro: Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Monografia 4. 665p.
- MENDES, J.C., 1988. **Paleontologia Básica**. São Paulo: T.A. Queiroz Editor/EDUSP, 347p.
- NEWMAN, W.A.; ZULLO, V.A. & WITHERS, T.H., 1969. Cirripedia. In: MOORE, R.C. (Ed.) **Treatise on Invertebrate Paleontology**, Arthropoda 4, v.1, Part R. New York: The Geological Society of America and the University of Kansas, p.R206-R295.
- PETRI, S., 1957. Foraminíferos miocênicos da Formação Pirabas. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo**, São Paulo, **216**(16):1-79.
- RODRIGUES, S.C.; SIMÕES, M.G. & LEME, J.M., 2003. Tafonomia comparada dos Conulatae (Cnidaria), Formação Ponta Grossa (Devoniano), Bacia do Paraná, Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, Brasília, **33**(4):379-388.
- RYLAND, J.S., 1970. **Bryozoans**. London: Hutchinson University Library. 175p.
- SCHALLER, H.; VASCONCELOS, D.N. & CASTRO, J., 1971. Estratigrafia preliminar da bacia sedimentar da foz do rio Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. **Anais**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia. v.3, p.189-202.
- SIMÕES, M.G. & HOLZ, M., 2000. Tafonomia: processos e ambientes de fossilização. In: CARVALHO, I.S. (Ed.) **Paleontologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência. p.19-45.
- STANLEY, S.M., 1970. Relation of shell form to life habitats in the Bivalvia (Mollusca). **Geological Society of America Memoir**, Boulder, **125**:1-296.
- SOUTHWARD, A.J., 1975. Intertidal and shallow water Cirripedia of the Caribbean. **Studies on the Fauna of Curaçao and Others Caribbean Islands**, Mexico, **50** (163):1-55.
- TÁVORA, V.A. & FERNANDES, J.M.G., 1999. Estudio de los foraminíferos de la Formación Pirabas (Mioceno Inferior), Estado de Pará, Brasil y su correlación com faunas del Caribe. **Revista Geológica de America Central**, San Jose, **22**:63-74.
- TÁVORA, V.A. & PONTES, K.G.A., 2002. Paleoecologia dos cirripedes balanomorfos da Formação Pirabas (Eomioceno) – Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. **Anais**, João Pessoa: Sociedade Brasileira de Geologia. v.1, p.683.
- TÁVORA, V.A.; MESQUITA, N.; SOUZA, S.R.; CACELA, A.S.M. & TEIXEIRA, S.G., 2002. Sistemática e tafonomia dos crustáceos decápodes da ecofácies Capanema da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará, **Revista Brasileira de Geociências**, Brasília, **32**(2):223-230.
- TORELLO, F.F. & SIMÕES, M.G., 1994. Características tafonômicas da assembléia de *Pinzonella illusa* Reed, Formação Corumbataí (Neopermiano), Bacia do Paraná, Brasil. **Acta Geologica Leopoldensia**, São Leopoldo, **17**(39/1):159-173.
- YOUNG, P.S., 1994. Superfamily Balanoidea Leach (Cirripedia, Balanomorpha) from the Brazilian coast. **Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia**, Rio de Janeiro, **356**:1-36.