

Mina B-17, Capanema, PA

Expressivo Registro de uma
Paleolaguna do Cenozóico Brasileiro

SIGEP 121

Vladimir de Araújo Távora^{1,2}
Eric Sandro Ferreira da Silveira^{1,3}
João Marinho Milhomem Neto^{1,4}

O SÍTIO PALEONTOLÓGICO e paleoambiental Mina B-17, localizado no município de Capanema, nordeste do estado do Pará, guarda o mais expressivo registro de uma paleolaguna do Cenozóico do Brasil. É considerado como parte de um sistema deposicional similar ao hoje existente na margem equatorial entre os estados do Amapá e Maranhão. A seção geológica de aproximadamente 20m de espessura é composta por uma alternância de litofácies carbonáticas de coloração cinza e arenitos, depositados em ambiente de plataforma lagunar de baixa energia, com relativas flutuações do nível do mar, conectado com mar aberto e sistema estuarino. A grande abundância faunística, sugere ambiente eutrófico, bem oxigenado, de águas límpidas, pouco agitadas, baixa taxa de sedimentação e afetado por ação de ondas. Na paleofauna, destaca-se o registro de um bioma balanóide, composto por quatro espécies, cujos representantes estão preservados tridimensionalmente, em posição de vida e com vestígios do biócromo. Este é o único registro fossilífero de cirrípedes balanomorfos da América do Sul. Considerando que a atividade mineradora na Mina B-17 revela continuamente novas fontes para a pesquisa científica, a medida tomada tem sido o salvamento do patrimônio fossilífero, sempre que uma nova frente é aberta, com sistemáticas coletas por paleontólogos das instituições públicas de pesquisa do Estado do Pará.

Palavras-chave: sitio paleontológico; cirrípedes balanomorfos; Cenozóico; Formação Pirabas; paleolaguna

B-17 Mine, Capanema, State of Pará, Brazil –
Expressive Record of a Cenozoic Brazilian Palaeolagoon

The B-17 Mine palaeontological and paleoenvironmental site, located in the Capanema district, northeastern of Pará State, guards the most expressive occurrence of the Brazilian Cenozoic paleolagoon. It can be considered similar as part of the recent depositional system, found in the equatorial margin among the Amapá and Maranhão states. The stratigraphic section has about 20m of thickness and is composed by alternance of the gray carbonatic lithofacies and sandstones, deposited in lagoonal environment, with low energy and fluctuations of sea level, connected with open sea and an estuarine system. The faunistic abundance suggests eutrophic and well oxygenated environment with clear and calm waters, low sedimentation rate, affected by waves. The most important data concerning the paleofauna is the record of the balanoid biome, constituted by four species, whose specimens are 3D preserved in life position and with biochrome vestiges. This is the only fossiliferous record of the balanomorph cirripedia of the South America. Taking in consideration that the limestone mine activities in the area continuously reveals new data, it is developed rescue actions to avoid the lost of the paleontological heritage, such as frequent specific fieldtrips and new paleontological researches.

Key words: palaeontologic site; balanomorph cirripedia; Cenozoic; Pirabas formation; palaeolagoon stratigraphy; Gondwana; Serra do Rio do Rastro

INTRODUÇÃO

A Formação Pirabas (Maury, 1925), miocênica, ocorre descontinuamente nos estados do Pará, Maranhão e Piauí, sendo que suas principais ocorrências estão registradas no nordeste do estado do Pará. O arranjo de seus depósitos evidencia domínio geral de padrão prográdacional, revelado pela superposição de fácies progressivamente mais costeiras, associadas à sistema deposicional contendo ilhas barreiras. Devido seu abundante e variado conteúdo fossilífero conter formas típicas de determinados subambientes possibilitou sua divisão em três fácies ecológicas: Castelo (mar aberto), Capanema (laguna) e Baunilha Grande (mangue), cujas áreas de ocorrência mais significativas são a Ilha de Fortaleza, a Mina B-17 e a Ilha de Baunilha, respectivamente.

Amplamente registrada em todo o nordeste paraense e noroeste do estado do Maranhão, a ecofácies Capanema apresenta ocorrência mais expressiva dentro dos limites do município de Capanema, sendo que o sítio paleontológico e paleoambiental Mina B-17, representa o mais completo e contínuo registro de uma paleolaguna cenozóica marinha brasileira, a paleolaguna Capanema da Formação Pirabas, que guarda uma rica e variada associação fossilífera de paleoinvertebrados, paleovertebrados e microfósseis. A seção colunar da Mina B-17 possui cerca de 20 metros de espessura, e apresenta pluralidade litológica e variações do conteúdo biótico, que definem ambiente de plataforma lagunar/restrito sob forte influência de processos de marés em ambientes canalizados, típicos de estuários, sujeito a variações de batimetria, salinidade, substrato e conteúdo de matéria orgânica, relacionadas com flutuações cíclicas do nível do mar de Pirabas, já reconhecidas em grande parte das seções da Formação Pirabas já estudadas anteriormente, tais como na Ilha de Fortaleza e praias do Atalaia e Maçarico- municípios de São João de Pirabas e Salinópolis, respectivamente (Góes *et al.*, 1990; Távora *et al.*, 2002), localidade Aricuru- município de Maracanã (Távora & Fernandes, 1999), Nova Canindé e planície costeira- município de Bragança (Araújo, 2003; Silva, 2004), todas no nordeste do Estado do Pará, bem como seções aflorantes na região noroeste do litoral maranhense (Rossetti, 2000). Este ambiente acha-se geneticamente relacionado com outros depósitos comuns a sistemas estuarinos, tais como delta de maré, baía/laguna estuarina, planície de maré e mangue, englobados na seqüência Pirabas/Barreiras, cujo sistema deposicional deveria incluir um complexo de vales incisivos separados por áreas de interflúvios, aproximando-se bastante da configuração da atual margem equatorial localizada entre os estados do Amapá e Maranhão (Rossetti *et al.*, 1990; Rossetti, 2000; Rossetti & Góes, 2004).

O abundante registro fossilífero corrobora a estreita afinidade da Formação Pirabas com outras unidades litoestratigráficas sincrônicas do sul dos Estados Unidos, América Central e norte da América do Sul (Venezuela e Colômbia), todas incluídas na Província Biogeográfica Caribéana de Woodring (1966, 1974, 1978). Na paleofauna, destaca-se o registro de um bioma balanóide, único testemunho fóssil de cirrípedes balanomorfo na América do Sul. Foram recuperados 89 exemplares, preservados tridimensionalmente em posição de vida, e com vestígios da coloração original (biócromo).

A atividade de exploração e exploração na Mina B-17 foi iniciada em 1996, quando foram expostos os primeiros pacotes sedimentares da ecofácies Capanema naquele ponto, bem mais espessos e completos do que os já expostos em outras minas exploradas pela Cimentos do Brasil S/A, hoje esgotadas. A pesquisa paleontológica tem sido executada por pesquisadores da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi desde 1998, configurando-se como uma importante fonte de pesquisa geológica e paleontológica da Formação Pirabas. A medida que as atividades exploratórias avançam, são ampliados também os dados pertinentes à ecofácies Capanema, pois surgem na superfície exposições de horizontes estratigráficos antes abaixo do nível de base da Mina, ou ainda exposições mais completas de horizontes pouco testemunhados anteriormente.

Desta forma, a importância científica do sítio paleontológico e paleoambiental Mina B-17, justifica-se no fato de guardar o mais expressivo e completo registro de uma paleolaguna do Cenozóico marinho brasileiro, cujas variações qualitativas e quantitativas aliadas às variações de aporte terrígeno revelam flutuações relativas do nível do mar, sistema deposicional relacionado com outros depósitos comuns a sistemas estuarinos atuais. Também o registro único na América do Sul de um bioma balanóide, preservados em posição de vida e com vestígios de seu biócromo, justifica a tomada desta Mina B-17 como referência para a ciência brasileira.

LOCALIZAÇÃO

A Mina B-17 (01°02'48''S-47°09'18''W), localiza-se no município de Capanema, Zona Fisiográfica Bragantina, nordeste do Estado do Pará (Fig. 1). O acesso se dá por via terrestre, partindo-se de Belém pela rodovia federal BR-316, por cerca de 220 km, até a cidade de Capanema, de onde toma-se a rodovia estadual PA-124 (Capanema-Salinópolis), por aproximadamente 17 km, até uma estrada vicinal na margem direita, seguin-

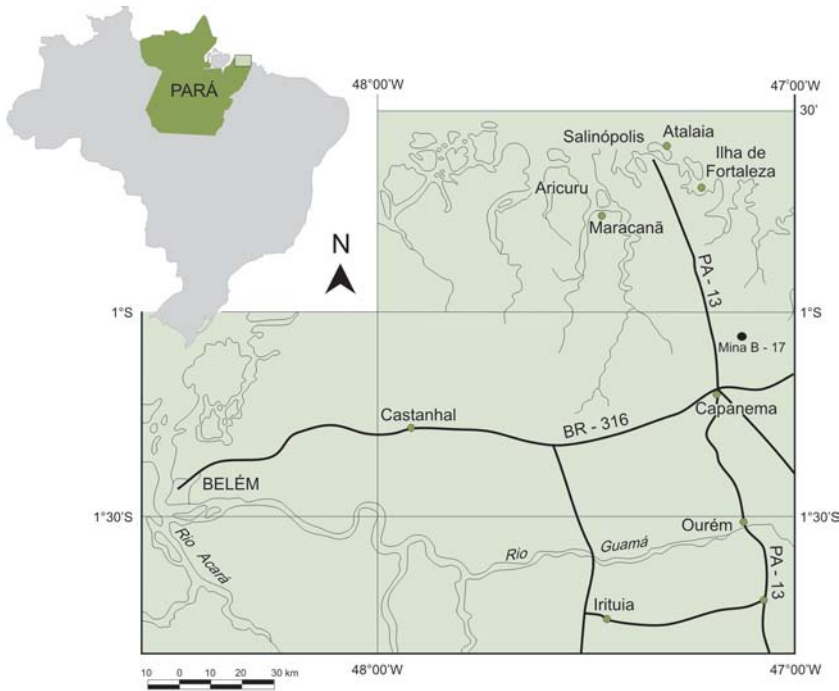


Figura 1 - Mapa de localização da Mina B-17.

Figure 1 - Location map of Mine B-17.

do-se placas indicativas, quando prossegue-se mais 7 km, chegando-se à Mina B-17, cuja empresa de mineração Cimentos do Brasil S/A (CIBRASA), detém o direito de lavra da pedreira.

DESCRIÇÃO DO SÍTIO

A Mina B-17 é uma mineração de calcário, em franca atividade desde 1996. Observam-se diversas bancadas abertas para a exploração do calcário, cujos estratos correspondem à ecofácies Capanema da Formação Pirabas (Figs. 2 e 3). De acordo com informações da empresa CIBRASA, a Mina B-17 tem ainda uma sobrevida de pelo menos 50 anos de lavra ativa, sendo considerada uma das maiores reservas brasileiras de matéria prima para fabricação de cimento. Com cerca de 20 metros de espessura, o topo da seção, cerca de aproximadamente 3 metros, correspondem à Formação Barreiras, cuja composição química e mineralógica não favorece seu aproveitamento industrial, fazem deste pacote superior apenas rejeito, que é retirado para que os níveis de calcários imediatamente subjacentes, possam ser beneficiados.

A Formação Pirabas no Estado do Pará, representa o melhor documento paleontológico do Cenozóico marinho brasileiro. Junto com a Formação Barreiras, constituindo a chamada Seqüência Pirabas/Barreiras, 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 (Formação Barreiras), indicando forte sobrecumprimento 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 funciona-

ram 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 (Costa *et al.*, 1993).

A seção geológica da Mina B-17 é composta por uma alternância de litofácies carbonáticas de coloração cinza, entre margas, calcilitos, biocalcarenitos



Figura 2 - Vista geral da Mina B-17, mostrando parte da seção carbonática e arenitos no topo, ao fundo, enquanto os níveis abaixo cinza claros, correspondem a algumas das litofácies carbonáticas, do total de cerca de 20m da seção completa.

Figure 2 - General view of Mine B-17, showing part of the carbonatic section and sandstones (top, on the back). The pale gray levels correspond to different carbonatic lithofacies from the 20m section left.



Figura 3 - Mina B-17: parte de sua seção colunar, onde se observam bancadas abertas para a exploração do calcário. Trata-se de biocalcarenitos não estratificados, arenitos finos e calcários.

Figure 3 - Mine B-17: part of the geologic section on the mine walls opened to limestone exploration, exposing massive fossiliferous carbonatic sandstones fine-grain sandstones and limestones.

não estratificados, biocalciruditos e argilitos, além de arenitos maciços no topo da seção (Fig. 4). Esta pluralidade litológica corresponde a diferentes tipos de substratos, que variam entre *firmgrounds* e *softgrounds* (Brenchley & Harper, 1998). Os paleoinvertebrados adaptaram-se muito bem a estas mudanças. As formas sésseis (biválvios pectinídeos, ostreídeos e plicatulídeos) e incrustantes (briozóários) são típicas dos *firmgrounds*. Já os crustáceos decápodes, biválvios epifaunais vágeis e infaunais, preferem substratos mais moles (*softgrounds*). A litologia e os paleoinvertebrados, com sua dominância e diversidade, caracterizam o ambiente deposicional da ecofácies Capanema como plataforma restrita/lagunar, de baixa energia, com relativas flutuações do nível do mar, que teve conexão com mar aberto e com um sistema estuarino. A comunicação com mar aberto é atestada pela ocorrência de foraminíferos planctônicos, diatomáceas centradas, nanofósseis calcários e dentes de tubarões, todos típicos de ambientes neríticos.

A grande abundância faunística de paleoinvertebrados na ecofácies Capanema da Formação Pirabas, constituída por corais anermatípicos, moluscos biválvios 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 briozóários 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

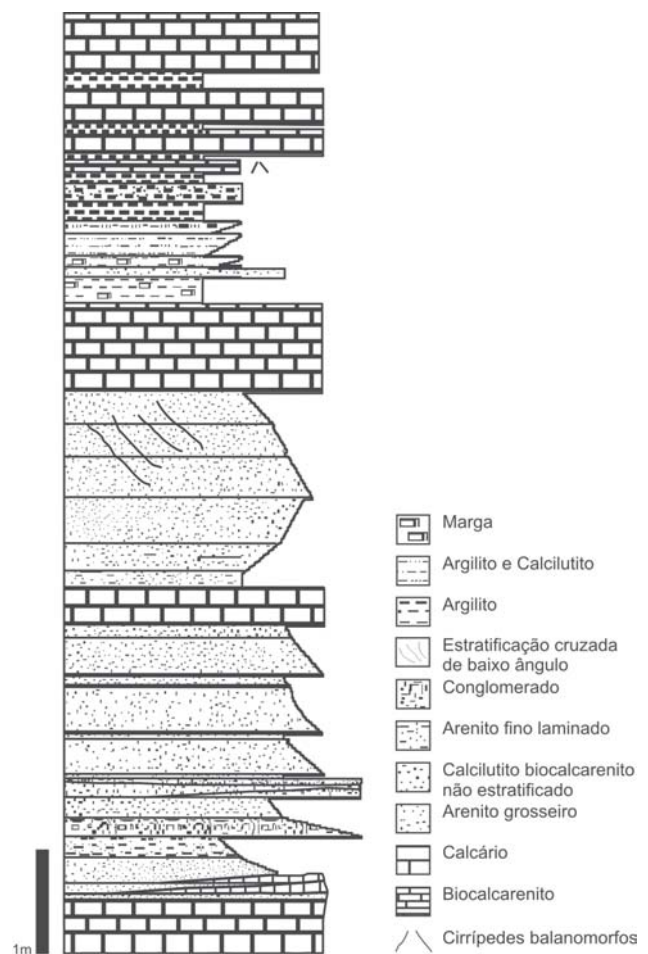


Figura 4 - Seção geológica da Mina B-17 (modificado de Costa, 2004).

Figure 4 - Geological section of the Mine B-17 (modified from Costa, 2004).

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).

Bioma Balanóide

A fauna de cirrípedes balanomorfos da ecofácies Capanema da Formação Pirabas é composta por quatro espécies, todas viventes atualmente em ambientes marinhos transitórios de pequenas profundidades (Fig.5). 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* Gould e *B. improvisus* Darwin, assinaladas por Brito (1977). Também a espécie *M. tintinnabulum* (Linnaeus) 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* Henry, que ocorre atualmente no oeste da América Central e México, até o Equador na América do Sul (Henry & McLaughlin, 1975).

Os cirrípedes balanomorfos ocorrem em uma camada de biocalcirudito com 32cm de espessura, rico em paleoinvertebrados, principalmente corais

anermatípicos, briozoários e crustáceos decápodes, considerada como uma feição tridimensional, com estrutura interna simples, por não exibir variação vertical ou lateral das feições tafonômicas (Kidwell *et al.*, 1986). 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).

Os bioclastos encontram-se preservados sob a forma de restos inalterados, concordantes com a matriz que os envolve, ou seja, ocorrem com o plano de simetria disposto horizontalmente em relação ao substrato (Stanley, 1970). 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. A preservação em posição de vida sugere que foram soterrados vivos por rápida deposição de sedimentos, tendo sido formada em um único evento, devido ao aumento brusco na taxa de sedimentação, associados a eventos de tempestade (Rodrigues *et al.*, 2003). As variações no tamanho dos cirrípedes da concentração fossilífera, relacionam-se com diferentes estágios ontogenéticos, sugerindo também evento de mortandade em massa.

BIÓCROMO

Os pigmentos orgânicos que dão cor aos invertebrados são denominados biócromos 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 biócromos existentes em tecidos duros são: melanina, tetrapirrola, omócromo, pterina, quinona e pigmentos naptazarinos, sendo que os dois primeiros são os estáveis.

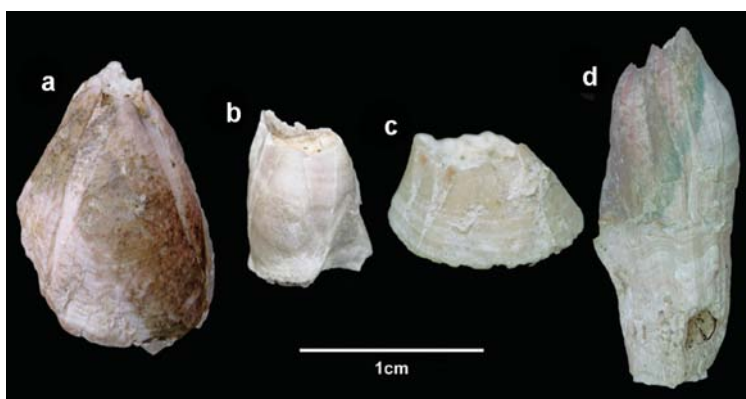


Figura 5 - Bioma balanóide da ecofácies Capanema da Formação Pirabas, preservados tridimensionalmente e em posição de vida, com vestígios do biócromo. (a) *Balanus dentivarians*; (b) *B. eburneus*; (c) *B. improvisus*; (d) *Megabalanus tintinnabulum*.

Figure 5 - Cirripedia biome of the Capanema ecofacies of the Pirabas Formation, preserved in 3D, life position and biocrome vestiges. (a) *Balanus dentivarians*; (b) *B. eburneus*; (c) *B. improvisus*; (d) *Megabalanus tintinnabulum*.

A melanina é produzida por oxidação e subsequente polimerização do aminoácido tirosina. É insolúvel em solventes orgânicos ou à base de ácidos, estando frequentemente 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 biócromo, a rapidez do recobrimento e sua história tafonômica, assim como a mineralogia original da concha (Hollingworth & Barker, 1991). As camadas com os biócromos 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 biócromo, 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.

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 detransporte (em 92% dos constituintes da tafocenose), abrasão, bioerosão e incrustação comprovam esta hipótese. Além disso a preservação do biócromo representa outro forte argumento para su-

por que os indivíduos tiveram morte catastrófica por terem sofrido soterramento rápido, 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.

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

As rochas da Mina B-17 constituem uma importante jazida de calcário e são, atualmente explotadas para a indústria de cimento, pela Cimentos do Brasil S/A (CIBRASA). A atividade mineradora traz grandes benefícios sociais e econômicos para a região onde se situa. As bacias de São José de Itaboraí (RJ) e Pernambuco-Paraíba (PE), minas de calcário e evaporitos, respectivamente estão hoje em dia inundadas por águas pluviais, impedindo o prosseguimento das pesquisas geológicas e paleontológicas nessas unidades geotectônicas. E por este motivo, a medida mais indicada para a preservação, e assim impedir a destruição completa do registro, seria o isolamento de uma parte da Mina B-17, para ser a referência da mais expressiva paleolaguna cenozóica brasileira. Entretanto, a realidade da referida Mina é bem distinta, pois a mesma tem pelo menos 50 anos a mais de sobrevida, e a atividade mineradora tem revelado novas frentes de pesquisa científica sucessivamente. Assim, o caráter ativo da mina é indispensável para nós pesquisadores. O isolamento de uma parte da Mina, engessaria a pesquisa, e em pouco tempo não se teria mais o que pesquisar. Pelo exposto, justifica-se que para o avanço da pesquisa geológica e paleontológica, a atividade de lavra deve continuar como é na atualidade. O que tem sido realizado como medida a salvar o patrimônio fossilífero encerrado nas rochas em questão consiste em um acordo entre os responsáveis pela mina e o Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal do Pará (LabPaleo/UFPa), onde sempre que há um desmonte, os paleontólogos são chamados para proceder coleta de exemplares, antes que os mesmos sejam destruídos ou soterrados nos rejeitos da mina. Para esta operação, que acontece a cada dois meses, são envolvidos o coordenador, bolsistas e laboratórios do LabPaleo/UFPa, que usufruem de todo o apoio da CIBRASA. O salvamento porém, deve ser melhor discutido, e envolver também outras instituições e órgãos públicos, em ações integradas, que salvaguardem os interesses econômicos da CIBRASA, que detém os direitos de exploração mineral da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, T.C.C. 2003. *Micropaleontologia da Formação Pirabas (Eomioceno) no Furo RKS-3, Planície Costeira de Bragança, Estado do Pará*. Belém, Trabalho de Conclusão de Curso- Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 58p.
- Brenchley, P.J.; Harper, D.A.T. 1998. *Paleoecology: ecosystems, environments and evolution*. Chapman & Hall, London, 402pp.
- Brito, I.M. 1977. Novas ocorrências de cirrípides balanomorfos na Formação Pirabas, Mioceno Inferior do Estado do Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, **49**(3):465-468.
- Costa, S.A.R.F. 2004. *A comunidade de tubarões (Chondrichthyes: Selachii: Galea) da Formação Pirabas, Neógeno da Amazônia Oriental*. Programa de Pós Graduação em Zoologia do Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará, Dissertação de Mestrado, Belém, 125p.
- Costa, J.B.S.; Borges, M.S.; Bemerguy, R.L.; Fernandes, J.M.G.; Costa Jr, P.S.; Costa, M.L., 1993. Evolução Cenozóica da Região de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará. *Geociências*, Rio Claro, **12**(2):373-396.
- Fernandes, A.C.S. 1981. Contribuição a 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.
- Fürsich, F.T.; Oschmann, W. 1993. Storm shell 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.
- Hollingsworth, 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 bioclastic fabrics. *Palaios*, Tulsa, **6**:426-434.
- Kidwell, S.M.; Fürsich, F.T.; Aiger, T. 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentration. *Palaios*, Tulsa, **1**:228-238.
- Mauzy, 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.
- 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.
- Rossetti, D.F. 2000. Influence of low amplitude/high frequency relative sea-levels changes in a wave-dominated estuary (Miocene), São Luis Basin, northern Brazil. *Sedimentary Geology*, **133**: 295-324.
- Rossetti, D.F.; Góes, A.M. 2004. Geologia. In: Rossetti, D.F. & Góes, A.M. (eds.), *O Neógeno da Amazônia Oriental*. Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Friederich Katzer, Belém, p.13-52.
- Rossetti, D.F.; Góes, A.M.; Truckenbrodt, W. 1990. A influência marinha nos Sedimentos Barreiras. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, série Ciências da Terra, Belém, **2**: 17-29.
- Ryland, J.S. 1970. **Bryozoans**. London: Hutchinson University Library, 175p.
- Silva, K.J. 2004. *Micropaleontologia da Formação Pirabas (Eomioceno) no Furo F-NC/05, Nova Canindé, Município de Bragança, Estado do Pará*. Belém. Trabalho de Conclusão de Curso- Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 63p.
- Stanley, S.M. 1970. Relation of shell form to life habitats in the Bivalvia (Mollusca). *Geological Society of America Memoir*, Boulder, **125**:1-296.
- 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 América Central*, San Jose, **22**:63-74.
- Távora, V.A.; Pontes, K.G.A. 2002. Paleoecologia dos cirrípides 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 ecofacies Capanema da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará, *Revista Brasileira de Geociências*, Brasília, **32**(2): 223-230.
- Woodring, W.P. 1966. The Panama land bridge as a sea barrier. *American Philosophy Society Proceedings*, Washington, **110**: 425-433.
- Woodring, W.P. 1974. Affinities of Miocene marine molluscan faunas on Pacific side of Central America. *Publicaciones Geológicas del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial*, **4**:179-188.
- Woodring, W.P. 1978. Distribution of Tertiary marine molluscan faunas in southern Central America. *Instituto Geológico Universidad Autonome*, **101**: 153-166.

¹Laboratório de Paleontologia, Departamento de Geologia, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Caixa Postal 8608, Belém-PA; Bolsista do Programa de Educação Tutorial- PET/DEPEM/SESu/MEC

²vladimirtavora@oi.com.br,

³ericssilveira2@ig.com.br,

⁴milhomem@ufpa.br

■ Trabalho divulgado no site da SIGEP <<http://www.unb.br/ig/sigep>>, em 7/1/2007, também com versão em inglês.



VLADIMIR DE ARAÚJO TÁVORA

Graduado em Geologia pela Universidade Federal do Pará (1989), mestre (1992) e doutor (2000) em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal do Pará, ministrando as disciplinas da área de Paleontologia no curso de graduação em Geologia; tutor do grupo PET-Geologia desde 2003; membro da Sociedade Brasileira de Paleontologia, Paleontological Society e International Paleontological Association, e membro do Corpo Consultivo da Revista Brasileira de Geociências. Tem experiência na área de Microfósseis Calcários e Paleoinvertebrados, atuando principalmente em paleobiologia e tafonomia de corais, briozoários, moluscos e crustáceos decápodes.



ERIC SANDRO FERREIRA DA SILVEIRA

Técnico Industrial Químico pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará (2004), e graduado em Geologia pela Universidade Federal do Pará (2009). Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET/SESu/MEC) do curso de Geologia da Universidade Federal do Pará, e bolsista do PRH-06 da Agência Nacional do Petróleo-ANP, desenvolvendo pesquisa com geoquímica isotópica.



JOÃO MARINHO MILHOMEM NETO

Técnico em Mineração pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará (2002), e graduando em Geologia pela Universidade do Pará. Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET/SESu/MEC) do curso de Geologia da Universidade Federal do Pará, e atualmente é bolsista do PRH-06 da Agência Nacional do Petróleo-ANP, desenvolvendo pesquisa com isótopos estáveis de Carbono, Oxigênio e Estrôncio de rochas carbonáticas da Formação Itaituba, Bacia do Amazonas. Membro da Sociedade Brasileira de Geologia.