

**OCORRÊNCIA E ORIGEM DE BOLAS DE LAMA NAS PRAIAS DA
ENSEADA DE JURUJUBA (BAÍA DE GUANABARA) – NITERÓI-RJ**
*OCCURRENCE AND ORIGIN OF MUD BALLS ALONG THE BEACHES OF
JURUJUBA SOUND (GUANABARA BAY) – NITERÓI-RJ*

José Antônio Baptista Neto¹
Maria Augusta Martins da Silva²

RESUMO

O objetivo deste trabalho é relatar a ocorrência, bem como determinar a origem, de bolas de lama freqüentemente encontradas nas praias de São Francisco e Charitas, no fundo da Enseada de Jurujuba (setor leste da Baía de Guanabara), após ressacas ou fortes tempestades. As bolas de lama apresentam, principalmente, as cores preta, cinza-clara, ou esverdeadas. São de diversos tamanhos e cobertas por biodetritos, quartzo ou outros fragmentos. Os estudos mineralógicos e geoquímicos permitiram a correlação entre as bolas de lama e a sequência sedimentar descrita nos testemunhos coletados na Enseada de Jurujuba. As bolas de lama cinza-clara e esverdeadas tem sua origem associada à camada de lama inferior existente à cerca de 3 metros de profundidade, dentro da sequência sedimentar da Enseada. As bolas de lama pretas são provenientes da camada de lama superior, depositada nos últimos três (3) mil anos. As dragagens realizadas na Enseada, na década de setenta, chegaram a atingir a camada de lama inferior, a qual passa a ser remobilizada pela ação das ondas e correntes durante períodos de ressaca ou tempestades.

ABSTRACT

This paper studies at the occurrence and origin of armoured mud balls on São Francisco and Charitas beaches - Jurujuba Sound (eastern Guanabara Bay), frequently found in the region after storms. The mud balls are mainly black, light grey and greenish, of various sizes, and covered by biodetritus, quartz or other fragments. The mud balls are similar to ones previously studied on a variety of modern environments including marine and lacustrine shorelines. Armoured mud balls can potentially become preserved in the geological record, thus the understanding of the modern environments of formation will aid the reconstruction of paleoenvironments. Mineralogical and geochemical studies allow the correlation between the mud balls and

1 Departamento de Geologia da Universidade Federal Fluminense – Av. Litorânea s/n, CEP: 24210-310, Gragoatá, Niterói-RJ/Brasil.
2 Departamento de Geografia/FFP da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. E-mail: jneto@igeo.uff.br

the sedimentary sequence described in cores collected in the sound. The source of mud for the light grey mud balls is with the lower mud layer, that occurs at around 3 meters within the sedimentary sequence, while the black balls originate from the upper muddy sequence that was deposited in the last 3 thousand years. The dredging carried out in the area in the 70's penetrated the lower mud layers, which made the mud available to be remobilized by wave and current action during periods of surges or storms.

INTRODUÇÃO

O nome bola de lama “ornamentada” (armoured mud balls) foi aplicado por Bell (1940) para grandes bolas de argila subesféricas ornamentadas por cascalho fino ou biodetritos, encontradas em Las Posas Barrancas, California, cuja origem e morfologia foi intensamente investigada por Bell (1940). As bolas de lama são encontradas, principalmente, em fluxos de água de alto gradiente, especialmente naqueles do tipo torrencial (Glazek

& Radwanski 1962, Baluk & Radwanski 1962), mas também têm sido encontradas em ambiente praias (Kugler & Saunders 1958, Fagerstrom 1967, Villwock & Martins 1972 e Martins et al. 1979), ambiente estuarino (Dardis & Plumstead 1988), ambiente lacustre (Dickas & Lunking 1968), canais submarinos (Stanley 1964), fundo oceânico (Goldschmidt 1994), encostas (Fritz & Harrison 1984), ambientes urbanos (Ojakangas & Thompson 1977) e são comuns em depósitos glaciais pleistocênicos (Leney & Leney 1957), onde foram denominadas bolas de “till”.

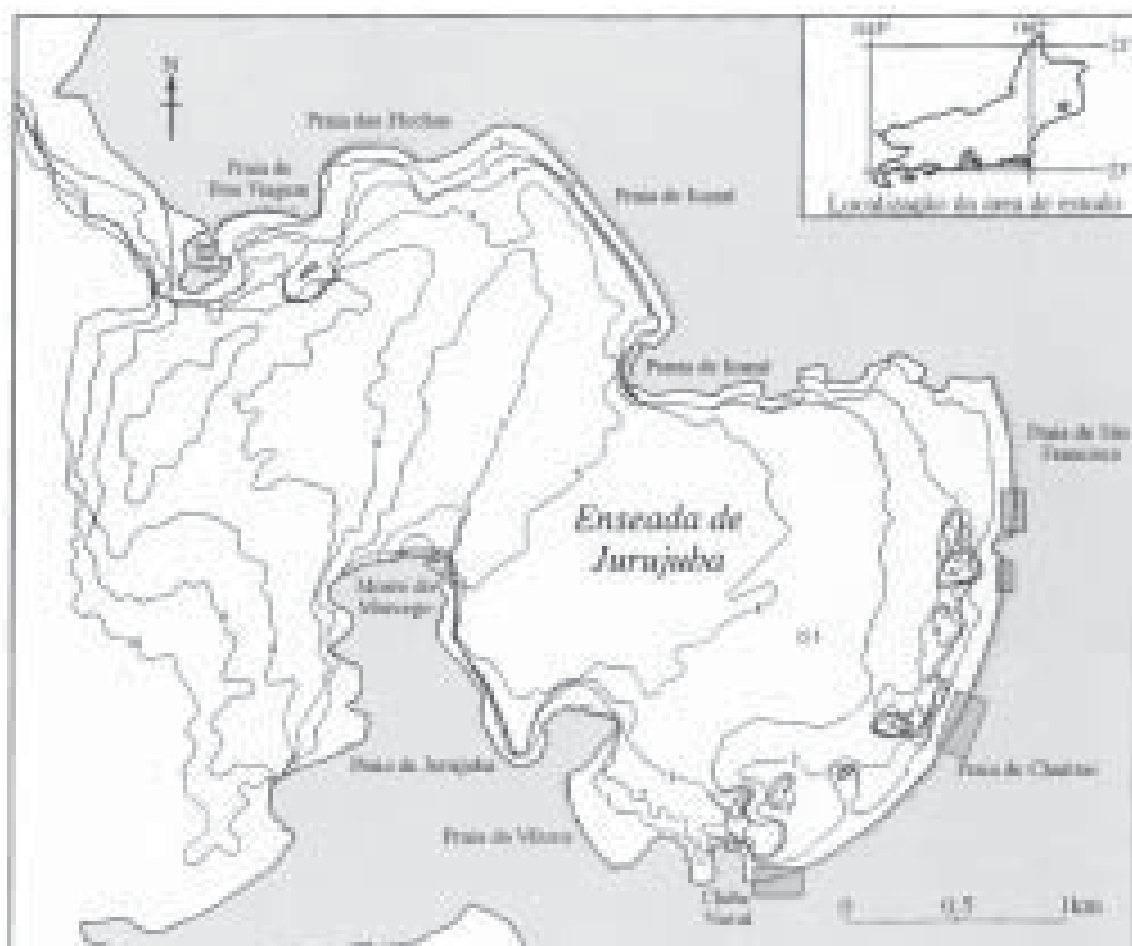


Figura 1: Localização das áreas de ocorrência de bolas de lama nas praias de São Francisco e Charitas, Enseada de Jurujuba (setor leste da Baía de Guanabara). Areas of occurrence of mud balls along São Francisco and Charitas beaches, Enseada de Jurujuba (eastern Guanabara Bay).



Figura 2: a) Exemplo do modo de ocorrência e tipos de bolas de lama na praia de Charitas; b) detalhe da fotografia anterior. a) *Examples of distribution and types of mud balls on the Charitas beach; b) Detail of the previous picture.*

Segundo Bell (1940), a ocorrência de bolas de lama já havia sido previamente descrita na Formação Patuxent do Cretáceo (EUA) e na Formação Pico do Plioceno (EUA), sob o nome de “pudding balls”.

A ocorrência de bolas de lama em alguns trechos das Praias de Charitas e São Francisco/Niterói (figuras 1 e 2), tem sido bastante freqüente. A Enseada de Jurujuba é uma área de hidrodinâmica muito baixa (Baptista Neto & Silva 1996, Baptista Neto et al. 1996, Baptista Neto 1993), não correspondendo, com isso, àquelas áreas cuja dinâmica, referidas em trabalhos anteriores, são favoráveis a formação de bolas de lama.

O objetivo deste trabalho é contribuir para esclarecer os mecanismos de formação de bolas de lama em um ambiente de hidrodinâmica baixa, bem como entender a proveniência dessas bolas de lama.

METODOLOGIA

Para este trabalho, analisamos amostras retiradas de bolas de lama no intuito de identificar as fontes a partir das quais foram formadas. Além disso, com o objetivo de comparação, foram analisadas amostras de testemunhos coletadas na Enseada de Jurujuba por Baptista Neto *et al.* (submetido). As amostras das bolas de lama e dos testemunhos foram analisadas quanto a mineralogia das frações silte e argila, em um difratômetro de raio-X automático da Siemens, modelo D 5000, e quanto a composição geoquímica das frações menores que 0,063 mm dos sedimentos através de espectrofotometria de absorção e emissão atômica (Perkin Elmer, modelo 3100), utilizando-se digestão e remoção dos cations da fração orgânica, em HCl/HNO₃ em bomba de teflon. A concentração de matéria orgânica nessas amostras foi determinada através de titulação seguindo método proposto por Walkley-Black (1934).

TRABALHOS ANTERIORES

Testemunhos coletados na zona costeira da Enseada de Jurujuba indicam a existência de três camadas sedimentares principais, nos três metros superficiais (figura 3): camada de lama inferior, formada por uma lama plástica de coloração cinza clara (med light gray), camada intermediária, formada por sedimentos arenosos, localmente lamosos, laminados e com presença de biodetritos; e a seqüência superior, que conforme descrito em Baptista Neto et al. (1999) e Silva & Viviers (no prelo) foi depositada nos últimos 3 mil anos, e é formada por camadas alternadas de lama de coloração preta (black) e areia.

RESULTADOS

Segundo Bell (1940), as bolas de lama em ambiente costeiro, na maioria dos casos, tem origem na erosão de depósitos lamosos em falésias próximas as áreas de ocorrência das mesmas ou pelo retrabalhamento do fundo submarino pela ação das ondas. Observa-se na região em estudo, durante e após períodos de mar agitado, a ocorrência de grande quantidade de bolas de lama nas praias. Essas bolas de lama se distribuem ao longo da região estudada, mostrando uma direta relação com áreas submarinas dragadas na década de setenta, quando do projeto de alargamento das praias de Charitas e São Francisco.

As bolas de lama, encontradas nessas praias, apresentam cores que variam de “black” a “med light gray” e “light green” (segundo a tabela de Goddard et al. 1984). O tamanho das bolas varia de grânulo até seixos de até 30 cm de comprimento do eixo maior.

As frações silte e argila de amostras retiradas do testemunho 1 (figuras 3 e 4) e de bolas de lama analisados por difratometria de raio-X, indicam a existência de quatro grupos de minerais: quartzo, illita/mica, caulinita e K-feldspato; além desses, alguns minerais aparecem como traços, como é o caso da sepiolita, esmectita e feldspato, tanto sódico como cálcico. Através da análise dos difratogramas, observa-se que o quartzo é o mineral predominante em todas as amostras analisadas, seguido por illita/mica, caulinita e K-feldspato. No entanto, observam-se diferenças da camada de lama superior do testemunho para a camada inferior, o mesmo sendo observado nas bolas pretas em relação as bolas cinza-claras ou cinza-esverdeadas.

Na camada inferior do testemunho 1, assim como nas bolas cinza-claras ou cinza-esverdeadas, observa-se um teor baixo de illita/mica e caulinita, e um teor alto de quartzo. No entanto, esses valores de illita/mica e caulinita aumentam em direção a camada do topo do testemunho; esses teores mais elevados de minerais de argila são os mesmos encontrados nas bolas de lama pretas (figura 5). Essa diferença é relacionada a forte influência da granulometria, pois na parte basal deste testemunho há uma ocorrência maior da fração silte e menor quantidade da fração tamanho argila, e a fração siltica é composta basicamente de quartzo. Já na camada de lama superior ocorre também silte quartzoso, porém há uma maior ocorrência de feldspato e a lama é altamente micácea, bem como observa-se e um aumento significativo da fração argilosa de composição illita/mica e caulinita.

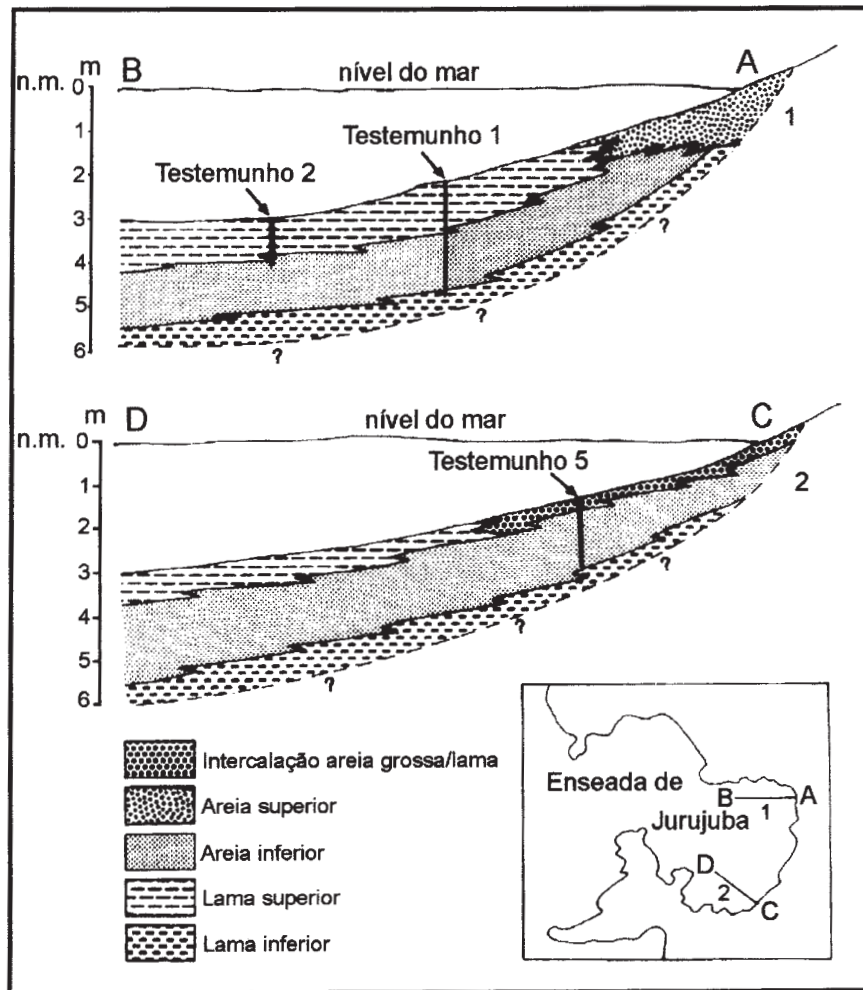


Figura 3: Diagrama esquemático da estratigrafia da região costeira, da Enseada de Jurujuba (Baptista Neto et al. 1999). Schematic diagram illustrating nearshore stratigraphy of the Jurujuba Sound.

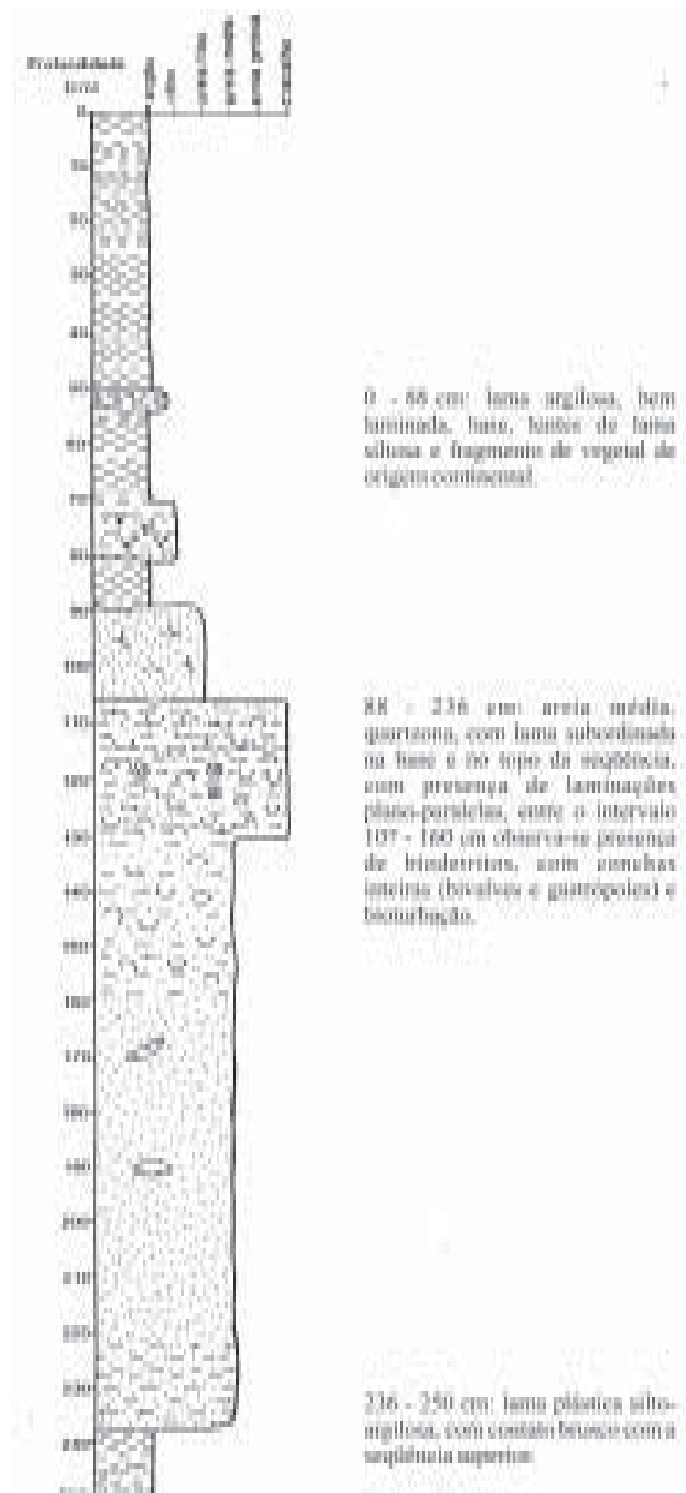


Figura 4: Descrição do testemunho 1, utilizado neste trabalho como exemplo da coluna sedimentar da região costeira da Enseada de Jurujuba.
Description of core nº 1 used in this paper as an example of the nearshore sedimentary sequence of the Jurujuba Sound.

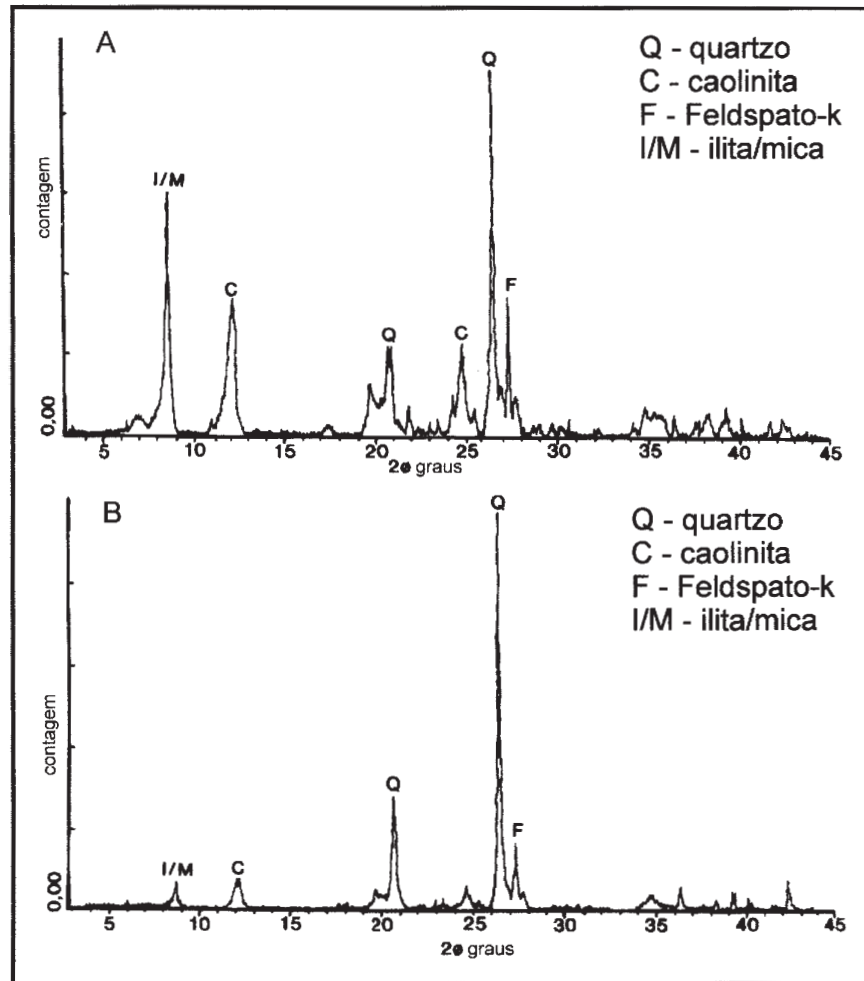


Figura 5: Diagrama com os resultados da difração de raio-X referentes às amostras coletadas nas camadas de lama de topo (A) e da parte basal (B) do testemunho 1, coletado na Enseada de Jurujuba. Diagram presenting the X-ray results relative to samples collected from the upper layer (A) and lower layer (B) of core n.º 1, Jurujuba Sound.

Análises geoquímicas e de concentração de matéria orgânica mostraram uma forte relação entre os sedimentos do testemunho 1 e as bolas de lama. Através destas análises é possível observar que há um enriquecimento dos elementos traços e de matéria orgânica em direção ao topo do testemunho, o mesmo sendo observado em relação aos bolas pretas. Tal resultado era de se esperar, uma vez que nessa camada superior se dá a maior influência das atividades antrópicas através do *input* de esgoto doméstico e industrial. Baptista Neto (1993) e Baptista Neto & Silva (1996) indicam, através de análises geoquímicas dos sedimentos de fundo, que a Enseada de Jurujuba é uma área bastante poluída, com altas concentrações de elementos traços Pb, Ni, Zn, Cu e Co.

A comparação dos teores dos elementos Pb, Ni, Co, Zn, K, Cu, Fe e Na (tabela 1) reforça a correlação entre

os dois tipos de bolas de lama e os sedimentos da Enseada de Jurujuba. A tabela 1 apresenta claramente a forte relação entre os teores desses elementos e da matéria orgânica das bolas de lama cinza-claras com aqueles encontrados nas amostras da camada inferior, sendo que o mesmo é notado entre as bolas pretas e camadas superiores do testemunho 1 (tabela 1). É interessante notar, em particular, o comportamento do elemento Na (tabela 1). Os maiores teores desses elementos são observados nos sedimentos atuais com forte influência marinha. Na camada de lama inferior, assim como nas bolas de lama cinza-claras a baixa concentração do elemento Na pode ser indicativo de que este elemento tenha sido substituído por um outro, ou também de que essa lama não tenha sido depositada em um ambiente marinho.

Tabela 1: Concentrações de matéria orgânica e de elementos traços nas bolas de lama e no testemunho 1, coletado na Enseada de Jurujuba. *Organic matter and trace elements concentrations in the mud balls and the core n° 1 collected in Jurujuba Sound.*

A concentração de matéria orgânica é o melhor indicativo da origem das bolas de lama na Enseada de Jurujuba. Neste local, a concentração mais elevada nos sedimentos de fundo atuais, assim como nas bolas de lama preta (tabela 1), é indicativo de ambiente de fundo de baía, de baixa dinâmica, e redutor.

CONCLUSÕES

Por meio de observações feitas neste estudo e suplementado por estudos anteriores sobre o desenvolvimento de bolas de lama, foi possível chegar as seguintes conclusões sobre a origem e ocorrência de bolas de lama na área de estudo:

A Enseada de Jurujuba, em condições naturais, não é propícia a formação de bolas de lama, uma vez que a área apresenta uma hidrodinâmica muito baixa e um fundo predominantemente lamoso. No entanto, a in-

terferência antrópica, através de dragagem realizada na Enseada, propiciou condições de formação de bolas de lama.

As bolas de lama, na Enseada de Jurujuba, são formadas através da remoção de blocos de material lamoso das paredes das cavidades, em diferentes profundidades espalhadas pela área. Esses blocos são rolados no fundo, na região de "nearshore", principalmente em períodos de maior ação das ondas e correntes (ressacas, tempestades), onde são moldados e adquirem uma capa de partículas mais grossas (que podem ser biodetritos, quartzo ou fragmentos de rocha entre outros).

Análises mineralógicas e geoquímicas indicam que as bolas de lama são formadas à partir de duas camadas de lama que ocorrem em diferentes profundidades e que, de acordo com outros artigos citados neste trabalho, podem ter sido depositadas em ambientes distintos.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos Drs. Bernard J. Smith e John McAlister pelas análises de laboratório, ao Dr. Luiz Gambôa pela leitura crítica e a revisão dos Drs. Rodolfo Angulo e Sidnei P.

Rostirolla, que muito contribuíram para a redação final deste trabalho. Agradecemos ainda, o apoio da FAPERJ e do CNPq aos nossos projetos.

REFERÊNCIAS

- Baluk W. & Radwanski A. 1962. Armored mud balls in streams in the vicinity of Nowy Sacz (Polish Carpathians). *Acta Geol. Polonica*, **12**: 341-366.
- Baptista Neto J.A. 1993. *Sedimentologia e Geomor-fologia da Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara) – Niterói/RJ*. Inst. Geoc. Universidade Federal Fluminense, Niterói, Dissertação de Mestrado, 131 p.
- Baptista Neto J.A. & Silva M.A.M. 1996. Caracterização dos sedimentos de fundo e dinâmica sedimentar da Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara) – Niterói/RJ. *Revista Pesquisas*, **23 (12)**: 7-16.
- Baptista Neto J.A. & Silva M.A.M. & Figueiredo Júnior. A. G. 1996. Sísmica de alta frequência e o padrão de distribuição de sedimentos na Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara) – RJ/Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, **14 (1)**: 51-57.
- Baptista Neto J.A. Smith B.J. & McAlister J.J. Sedimentological evidence of human impact on a nearshore environment: Jurujuba Sound, Rio de Janeiro State, Brazil. *Applied Geography*, **19 (2)**: 153-177.
- Bell H.S. 1940. Armored mud balls: Their origin, properties, and role in sedimentation. *Journal of Geology*, **48 (1)**: 1-31.
- Dardis G.F. & Plumstead E. 1988. Mudball genesis in a sub-tropical estuarine environment, Mbashee River mouth, Transkei, Southern Africa. In: Dardis G.F. & Moon B.P. (eds.) *Geomorphological Studies in Southern Africa*. Rotterdam, Balkema, 435-443.
- Dickas A. B. & Lunking W. 1968. The origin and destruction of armoured mud balls in a freshwater lacustrine environment, Lake Superior. *Journal of Sedimentary Petrology*, **38**: 1366-1370.
- Fagerstrom J. A. 1967. Development, flotation, and transportation of mud crusts – neglected factors in sedimentology. *Journal of Sedimentary Petrology*, **37 (1)**: 73-79.
- Fritz W.J. & Harrison S. 1983. Giant armoured mud boulder from the 1982 Mount St. Helens mudflows. *Journal of Sedimentary Petrology*, **53**: 131-133.
- Glazer J. & Radwanski A. 1962. Armored mud balls in the Podmachocice Ravine (Holy Cross Mountains, central Poland). *Acta Geol. Polonica*, **12**: 367-376.
- Goddard E.N., Trask P.D., Ford R.K., Rove O.N., Singewald J. T. & Overbeck R. M. 1984. Rock-color chart. *Geological Society of America - U.S.A.*
- Goldschmidt P.M. 1994. Armoured and unarmoured till balls from the Greenland Sea floor. *Marine Geology*, **121**: 121-128.
- Leney G.W. & Leney A. T. 1957. Armored till balls in the Pleistocene outwash of south-eastern Michigan. *Journal of Geology*, **65**: 105-106.
- Kugler H.G & Saunders J.B. 1958. Occurrence of armored mud balls in Trinidad, West Indies. *Journal of Geology*, **67**: 563-565.
- Martins L.R., Martins I.R., Villwock J.A. & Calliari L.J. 1979. Ocorrência de lama na praia do Cassino-RS. *Anais DHN*, 5-22.
- Ojakangas R. W. & Thompson J. A. 1977. Modern armoured and mud balls in an urban environment. *Journal of Sedimentary Petrology*, **47**: 1630-1633.
- Silva M.A.M. da Viviers M.C. (no prelo). Mudanças ambientais da Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara) no Quaternário, Rio de Janeiro, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.
- Stanley D.J. 1964. Large mudstone nucleus spheroids in submarine channel deposits. *Journal of Sedimentary Petrology*, **34**: 672-676.
- Villwock J.A. & Martins L.R. Depósitos lamíticos de pós-praia, Cassino (RS). *Revista Pesquisas*, **1(1)**: 69-85.
- Walkley A. & Black I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, **37**: 29-38.

Recebido em 1 jun. 1998.

Aceito em 1 jun. 1999.