Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**Análise Batimétrica e Sedimentológica no Estudo Parcel do Carpinteiro, uma
Peleolinha de Praias Pleistocênica na Antepraia atual do Rio Grande do Sul, Brasil**

Francisco Seguiguch de Carvalho Buchmann, Marcos Seeliger, Letícia Zanella,

Lauro S. P. Madureira, Luiz José Tomazelli, Lauro Julio Calliari

Pesquisas em Geociências, 28 (2): 109-115, maio/ago., 2002.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20274>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio/ago., 2002.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Análise Batimétrica e Sedimentológica no Estudo do Parcel do Carpinteiro, uma Paleolinha de Praias Pleistocênica na Antepraia atual do Rio Grande do Sul, Brasil

FRANCISCO SEGUIGUCH DE CARVALHO BUCHMANN^{1,2}, MARCOS SEELIGER³, LETÍCIA R. C. ZANELLA⁴,
LAURO S. P. MADUREIRA⁴, LUIZ JOSÉ TOMAZELLI⁵ & LAURO JULIO CALLIARI³

¹ Programa de Pós Graduação em Geociências – UFRGS; ² Museu Oceanográfico – FURG; ³ Laboratório de Oceanografia Geológica – FURG
⁴ Laboratório de Tecnologia Pesqueira – FURG; ⁵ Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – UFRGS

(Recebido em 10/01. Aceito para publicação em 05/02)

Abstract - The "Parcel do Carpinteiro" outcrop is a Pleistocene relict nearshore shoal located at the modern shoreface of Rio Grande do Sul, Brazil. The present work describes the results of the integration of high resolution bathymetry, 3.5 kHz eco-sounding, side scan sonar, autonomous diving and sedimentological sampling in the study of this submarine feature. Characterized by the occurrence of coquina and sandstone facies, strongly cemented by calcium carbonate, the structure is densely colonized by fauna (corals, bryozoans, sponges and poliquetae) and flora (coralline algae). Similar sandstones in other parts of Brazil (Southeast and Northeast coast) date from the Holocene, and are composed by 70 to 80 % of siliciclastic sands and 20 to 30 % of carbonate cement. In the study area, as well as in the rest of the coast of Rio Grande do Sul, the sandstones are mainly Pleistocene and composed by 20 to 40 % of siliciclastic sands and 60 to 80 % of carbonate cement. The analysis of the sedimentary structures, textures and composition of the facies suggests a depositional environment of high energy, probably near the surf zone. Recrystallization of the coquinas indicates sub aerial exposition after the deposition. The presence of ridge-and-furrows structures along the outcrop suggests that the shoal was reworked by waves during sea level stabilization before its subsequent drowning. It was observed that the associated gravel banks do not present cementation or recrystallization indicating at least two distinct genetic processes, one during the Pleistocene and another during the last Post-Glacial Transgression.

Keywords - beach-rocks, Pleistocene shorelines, sea-level changes.

INTRODUÇÃO

Segundo Hopley (1986), o termo arenito de praia (*beach rock*) é muito usado para descrever uma grande gama de sedimentos litificados que ocorrem na zona litorânea. Estes sedimentos apresentam uma granulometria diversa, desde areia fina a grandes blocos, podendo formar não só arenitos como também conglomerados de praia. Mineralogicamente eles variam de areia quartzosa de origem terrígena a areias carbonáticas biogênicas, produto do retrabalhamento de moluscos, algas calcárias e corais. A formação dos arenitos de praia é um assunto ainda muito polêmico sendo que diversos autores têm sugerido mecanismos diferentes na descrição do ambiente deposicional e dos processos de cimentação.

O *Parcel do Carpinteiro* (32° 16' S e 51° 47' W) é um alto topográfico submerso, composto por coquinas e arenitos de praia fortemente cimentados e situado na antepraia do Rio Grande do Sul, próximo à desembocadura da Lagoa dos Patos (Fig. 1). Esta feição topográfica, com topo e base posicionados a -15 e -25 m, respectivamente, é limitada por uma escarpa com 10 m

de desnível. Este trabalho descreve os resultados obtidos pela integração de vários métodos de pesquisa empregados no estudo desta feição morfológica, interpretada como uma paleolinha de praia, de idade pleistocênica, atualmente afogada. Estes métodos incluem: batimetria de detalhe, índice de reflexão da superfície de fundo (IRSF), sonar de varredura lateral (SVL), mergulho autônomo e análises sedimentológicas.

ANTECEDENTES

A ocorrência de arenitos de praia no litoral brasileiro foi citada originalmente por Darwin (1841). Até a primeira metade do século XX, todos os trabalhos abordando este tema foram realizados no litoral nordeste. O primeiro trabalho descritivo sobre os arenitos de praia (entre os estados do Ceará e Bahia) foi feito por Branner (1904). Maury (1934) mencionou a presença de *Anomalocardia brasiliiana* (molusco bivalve) nos arenitos de praia de Areia Preta, Natal (RN), enquanto Mendonça (1966) estudou a fauna de invertebrados fósseis do arenito de praia de Tibau,

Em respeito ao meio ambiente, este número foi impresso em papel branqueado por processo parcialmente isento de cloro (ECF).

situada no limite entre os estados de Rio Grande do Norte e Ceará. Andrade (1955), Mabesoone (1964), Oliveira (1978a, 1978b) e Coutinho & Farias (1979) discutiram a origem e a idade dos arenitos do nordeste.

Trabalhos mais recentes, como o de Oliveira *et al.* (1990), descrevem a geometria, petrografia, sedimentologia, diagênese e a idade dos arenitos de praia da região sul de Pernambuco. Na área estudada as rochas ocorrem como duas linhas paralelas: uma, mais externa, com até 8 km contínuos de extensão e outra, mais próxima da costa, com até 420 m de extensão. A porção siliciclástica compreende 75% do arcabouço e o cimento carbonático, que representa, em média, 11% da rocha, ocorre na forma de franjas de calcita ou aragonita fibrosa, calcita criptocristalina (micrítica) e calcita microespática e espática. As estruturas sedimentares presentes (cruzadas acanaladas e plano-paralelas de baixo ângulo) indicam como ambiente deposicional o estirâncio ou parte superior da ante-praia. As idades obtidas através de C_{14} permitem supor dois eventos deposicionais, um a 6.25 ka, para o arenito próximo ao continente, e outro a 4.7 ka, para o arenito distante da costa. Assis *et al.* (1990) realizaram estudos petrográficos e isotópicos nos arenitos de praia do sul de Pernambuco. Os arenitos apresentam-se em três linhas paralelas, com 7 km de extensão, 2 m de largura e 4m de espessura, com um mergulho médio de 12°, no sentido do mar. Apresentam estruturas plano-paralelas e estratificação cruzada. A linha próxima do continente fica praticamente emersa na maré baixa e estende-se continente a dentro sob os terraços marinhos holocênicos. As outras linhas mais afastadas da costa, posicionam-se, respectivamente, a 0.9 km e 1 km, com apenas 1/3 a 2/3 de sua porção aflorante na baixa mar. O arcabouço da rocha é formado por siliciclastos (70 a 80%) e bioclastos (5%), com 20 a 30% de cimento carbonático.

Segundo Martin *et al.* (1999) na costa da Bahia bancos de arenitos de idade holocênica são observados nas regiões de Santa Cruz de Cabralia, Porto Seguro (Branner, 1904; Martin *et al.*, 1980) e ao sul de Caraíva onde existem importantes bancos de arenitos, cuja composição é bastante similar a dos sedimentos dos terraços holocênicos. São reconhecidas areias predominantemente quartzosas, com teores variados de grãos biotetríticos, apresentando estratificações cruzadas planar e acanalada. Em bancos de arenitos do norte do Estado da Bahia, com as mesmas características, os tipos de cimento encontrados indicam origem nitidamente marinha (Apoluceno *et al.*, 1996). O ambiente de

formação desses arenitos, levando-se em consideração as estruturas sedimentares presentes, seria a zona de baixa praia e/ou de antepraia (Bigarella, 1975).

Na região sudeste, observações preliminares sobre arenitos de praia foram feitas por Macedo (1971) relatando a presença de arenitos submersos em frente à praia dos Bandeirantes, a oeste da baía de Guanabara. Muehe (1982) e Muehe & Ignarra (1984) registram um arenito de praia submerso na praia de Itapuaçu, RJ. Este apresenta-se de forma paralela à linha de costa com 2500 m de extensão, com cerca de 100 m de largura e 2,5 m de profundidade na extremidade norte, e 20 m de largura e 7,3 m de profundidade na extremidade sul. Entre os extremos, a profundidade se mantém entre 4 e 5 m, e a largura em torno de 30 a 40 m. As estruturas sedimentares mergulham em direção ao continente. Na plataforma continental de Macaé, RJ, Dias *et al.* (1982) mapearam anomalias de relevo com expressões topográficas lineares e contínuas de até 5 m em relação ao fundo adjacente, entre as profundidades de 96 e 100 m, interpretando-as como arenitos de praia.

Na região sul, Figueiredo Jr. (1975), Calliari & Abreu (1984) e Calliari *et al.* (1994), utilizando registros de sonar de varredura lateral, descreveram altos topográficos submersos (parcéis) na costa do Rio Grande do Sul, com ênfase no Banco do Albardão e Parcel do Carpinteiro.

Importantes diferenças podem ser observadas na comparação dos arenitos de praia existentes nas regiões nordeste e sul do Brasil (Rio Grande do Sul). De maneira geral, os arenitos de praia da região nordeste apresentam uma composição predominante siliciclástica (70 a 80 %) e bioclastos (5%), com 20 a 30% de cimento carbonático (Assis *et al.*, 1990; Oliveira *et al.*, 1990). Segundo Soares *et al.* (2000), os arenitos de praia coletados no Rio Grande do Sul contêm 20 a 40 % de siliciclásticos e 60 a 80 % de cimento carbonático. As datações por radiocarbono dos arenitos de praia do nordeste indicam uma idade holocênica (Oliveira *et al.*, 1990). Já no Rio Grande do Sul, alguns arenitos de praia foram formados no Pleistoceno, apresentando idades, determinadas por termoluminescência, em torno de 120 ka (Buchmann *et al.*, 2000). Estas ocorrências foram associadas ao evento responsável pela formação do sistema deposicional Laguna-Barreira III, proposto por Villwock *et al.* (1986). Datações recentes de C_{14} em corais fósseis no Rio Grande do Sul, apóiam esta afirmação (Buchmann *et al.*, 2001).

Buchmann & Tomazelli (1999, 2000) e Buchmann *et al.* (1999) analisaram mais detalhadamente estas ocorrências que aparecem como altos topográficos na antepaia do Rio Grande do Sul, utilizando equipamento de mergulho autônomo para visualização das estruturas sedimentares e coleta de amostras, datação por radiocarbono e termoluminescência. Estes autores relacionaram estes altos com períodos de estabilização do nível relativo do mar durante o Pleistoceno Superior.

METODOLOGIA

A batimetria de detalhe e os dados acústicos utilizados neste trabalho foram coletados em 1999 e 2000 por uma ecossonda EK-500 da marca Simrad, com transdutor operando na frequência de 38 kHz acoplado ao casco do navio oceanográfico Atlântico Sul, a 3,5 m da superfície. Foram obtidos 6157 pontos de sondagem, posicionados por GPS, e os dados filtrados dos ecogramas, pulso a pulso, foram a profundidade e dureza. O espaçamento entre as linhas de amostragem batimétrica variou entre 100 e 500 m. A dureza relativa refere-se ao parâmetro BSBS (*bottom surface backscattering strength*) ou Índice Relativo de Reflexão Acústica da Superfície de Fundo expresso em decibéis negativos (– dB). O BSBS refere-se à razão entre a quantidade de energia que atinge o fundo e a quantidade de energia retro-espalhada pelo mesmo (Figueiredo & Madureira, 1999). Os registros de sonar de varredura lateral (SVL) foram coletados com EGG SMS-960.

Um total de 96 amostras para análise sedimentológica, posicionadas por GPS, foram obtidas durante os anos de 1993 e 1994, com o uso de um amostrador “Phips Under Way” a bordo do navio oceanográfico Atlântico Sul (Calliari *et al.*, 1999). Em laboratório foi determinada a distribuição granulométrica da fração grossa (com e sem carbonato) através de peneiragem e da fração fina por pipetagem. O teor de carbonato das amostras foi determinado pela dissolução com ácido clorídrico 10%.

A visualização *in situ* da feição topográfica foi efetuada a partir de mergulhos autônomos, realizados com o apoio da Corveta “Baiana”, da Marinha do Brasil, durante o ano de 2000. As observações das estruturas sedimentares presentes no afloramento rochoso foram concentradas onde o desnível apresentava-se mais acentuado. Para tal, foi utilizado uma poita de concreto de 50 kg sinalizada com uma bóia e

referenciada por GPS. Com um cabo-guia ligado aos mergulhadores foi possível aplicar técnicas de navegação submarina num raio de 100 m para as observações das estruturas sedimentares. As amostras de rocha foram retiradas com a utilização de uma marreta e talhadeira especialmente adaptada ao ambiente submarino. O uso de um profundímetro permitiu situar as amostras na coluna batimétrica. As espessuras das camadas foram medidas com uma trena.

A identificação dos organismos presentes nas amostras contou com o auxílio da Fundação Zoobotânica, Laboratório de Paleontologia do Museu Oceanográfico (FURG), e Departamento de Invertebrados do Museu Nacional (UFRJ).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A batimetria de detalhe (Fig. 1) permitiu definir a morfologia dos três conjuntos de afloramentos que formam o Parcel do Carpinteiro (Cabeço do Norte, Cabeço do Meio e Cabeço do Sul). A análise comparativa do BSBS e SVL, associada à sedimentologia das áreas adjacentes possibilitou estimar a extensão lateral do afloramento. Observou-se que o Parcel do Carpinteiro representa a porção distal de uma grande feição alongada no sentido NE-SW (Fig. 2A). De acordo com a análise sedimentológica, o banco biodetrítico associado, orientado no sentido N-S (Fig. 2B), é composto basicamente por conchas desarticuladas de moluscos bivalves. O grau de fragmentação e o arredondamento dos bioclastos sugere o retrabalhamento destes na zona de arrebentação (Figueiredo Jr, 1975). A presença de fósseis de organismos marinhos (tubarões e crustáceos) e ossos de mamíferos terrestres extintos (ordens Artiodactyla e Edentada) associada ao cascalho biodetrítico indica o retrabalhamento de diversas fácies, provavelmente de diferentes idades.

A interpretação do BSBS associada com a descrição das amostras sedimentológicas evidenciou a distribuição do cascalho biodetrítico nas depressões entre os altos topográficos (Fig. 3). Os valores do BSBS entre –3 e –8 identificam os depósitos de cascalho biodetrítico inconsolidados, onde –3 representa a fração mais grossa, e –8 representa a fração menos grossa do cascalho. Os valores do IRSF entre –9 e –12 identificam os afloramentos de arenitos e coquinas do Parcel do Carpinteiro.

Através das observações “in loco” durante os mergulhos observou-se que o Parcel do Carpinteiro

Figura 1 - Localização e batimetria de detalhe do Parcel do Carpinteiro.

Figura 2 - (A) Batimetria das áreas adjacentes e (B) Distribuição de carbonato biodetrítico (%) das áreas adjacentes ao Parcel do Carpinteiro (modificado de Calliari *et al.*, 1999). Os losângulos vazados representam os pontos das amostras sedimentológicas.

Figura 3 - Interpretação do Índice de Reflexão da Superfície do Fundo sobre o Parcel do Carpinteiro. Legenda: Cascalho biodetrítico (-3 a -8); lajes de arenitos e coquinas (-8 a -10); areias com biodetrito (-10 a -13); linha tracejada = linhas de navegação e amostragem e linha contínua = batimetria de detalhe.

apresenta-se como lajes de coquinas e arenitos fortemente cimentados por carbonato de cálcio recristalizado. Todo o conjunto encontra-se colonizado superficialmente por uma fauna (corais, briozoários, esponjas, poliquetas, crustáceos, etc) e flora (algas coralíneas) incrustantes. Perfuradores de substratos rochosos também são abundantes.

Os padrões sonográficos (SVL) dos afloramentos apresentam alternância de faixas claras e escuras (Fig. 4). Durante os mergulhos autônomos observou-se que as camadas claras representam estratos sedimentares compostos por camadas de coquinas, fortemente cimentadas e recristalizadas, dispostas paralelamente entre si, numa forma escalonada e apresentando um mergulho suave em direção mar afora, e as camadas escuras representam sombras no registro sônico. Cada estrato tem espessura aproximada de 1 m e apresenta uma distribuição textural granocrescente. As escarpas apresentam marcas de ravinamento eqüidistantes que cortam perpendicularmente o

afloramento, e que são atualmente inativas. As ravinas não foram reconhecidas nos registros do SVL.

Embora os dados não sejam conclusivos, a análise da variação textural, estruturas sedimentares e composição das fácies nos afloramentos sugere a gênese em um ambiente deposicional de alta energia, provavelmente próximo à zona de arrebenção. Os afloramentos estudados apresentam-se cimentados e recristalizados por carbonato de cálcio (calcita espática). A recristalização das coquinas indica que ocorreu uma exposição subaérea após a deposição do sedimento. As marcas de ravinamento perpendiculares às escarpas indicam que o afloramento sofreu novamente a ação das ondas, durante uma estabilização do nível do mar anterior ao seu subsequente afogamento. Foi observado que os bancos biodetríticos associados não apresentam cimentação ou recristalização indicando pelo menos duas gêneses distintas, uma durante o Pleistoceno e outra, no Holoceno, durante a última Transgressão Pós-Glacial.

Figura 4 - Registros do sonar de varredura lateral (SVR) sobre o Parcel do Carpinteiro. (A) Cabeço do Sul. (B) Cabeço do Sul. (C) Cabeço do Meio. As setas indicam a orientação dos recortes dos sonogramas.

A análise integrada dos diferentes métodos de obtenção de informações (batimetria de detalhe, BSBS, registros de sonar de varredura lateral e sedimentologia) mostrou-se útil para uma melhor caracterização desta antiga linha de praia que encontra-se atualmente submersa na antepraia e plataforma continental interna do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, G. O. 1955. **Contribuição para o estudo morfológico da costa pernambucana**. Recife, 84 p. Tese de Concurso, Universidade Federal do Recife.
- Apoluceno, D. M.; Andrade, E. J. & Dominguez, J. M. L. 1996. Origem dos bancos de arenito de Arembépe. Litoral norte do Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador, SBG, p. 181-184.
- Assis, H. M. B.; Amaral, R. F. & Manso, V. A. V. 1990. Caracterização dos "beach rocks" do litoral sul de Pernambuco com base em evidências petrográficas e isotópicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais...** Natal, SBG, v. 2, p. 635 - 646.
- Bigarella J. J. 1975. Reefs sandstone from northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 47: 395-409.
- Branner, J. C. 1904. The stone reefs of Brazil, their geological and geographical relations, with a chapter on the coral reefs. **Comparative Zoology Bulletin**, Harvard College, Cambridge, v. 44: 1-44 (Geological Serie nº 7).
- Buchmann, F. S. C. & Tomazelli, L. J. 1999. Fósseis da megafauna terrestre coletados na plataforma continental interna, RS, Brasil, e sua relação com a dinâmica costeira passada e atual. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7., 1999, Porto Seguro, BA. **Anais...** Porto Seguro, ABEQUA, viiabequa_zco025.pdf
- Buchmann, F. S. C.; Barletta, R. C.; Tomazelli, L. J. & Barreto, A. M. F. 1999. Novo afloramento pleistocênico na atual linha de costa do Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7., 1999, Porto Seguro, BA. **Anais...** Porto Seguro, viiabequa_zop030.pdf
- Buchmann, F. S. C.; Barletta, R. C.; Tomazelli, L. J. & Barreto, A. M. F. 2000. Datação por termoluminescência de um afloramento pleistocênico na atual linha de costa do Rio Grande do Sul, Brasil. In: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 13., 2000, Itajaí, SC. **Anais...** Itajaí, p. 65-67.
- Buchmann, F. S. C. & Tomazelli, L. J. 2000. Altos topográficos submersos (parécis) na antepraia do Rio Grande do Sul, Brasil, e sua influência na morfologia e dinâmica praial. SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PRAIAS ARENOSAS., 2000, Itajaí, SC. **Anais...** Itajaí, p. 174-174.
- Buchmann, F. S. C., Pires, D. O.; Alves, F. N. A. & Tomazelli, L. J. 2001. Corais fósseis do Pleistoceno e corais recentes na costa do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 8., 2001, Imbé, RS. **Anais...** Imbé, ABEQUA, p. 75.
- Buchmann, F. S. C. & Tomazelli, L. J. (no prelo). Relict Nearshore Shoals of Rio Grande do Sul, Southern Brazil: Origin and Effects on Nearby Modern Beaches. **Journal of Coastal Research**.
- Calliari, L. J. & Abreu, J. G. N. 1984. Litologia da plataforma continental interna adjacente do Rio Grande (R.S.), através da interpretação de registros de sonar de varredura lateral e amostragem superficial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, SBG, p. 1553-1564.
- Calliari L. J.; Esteves, L. S.; Oliveira, C. P. L.; Tozzi, H. A. M.; Pereira da Silva, R. & Cardoso, J. N. 1994. Padrões sonográficos e sedimentológicos de um afloramento de *beach rock* na plataforma interna do Rio Grande do Sul (COMEMIR/OSNLR). **Notas Técnicas**, 7: 27-32.
- Calliari, L. J.; Correa, I. C. S. & Asp, N. 1999. Inner shelf and beach shell resources in southern Brazil. In: L.R.Martins & C.I. Santana. (eds.) **Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin**. Porto Alegre. p. 39-49.
- Dias, G. T. M.; Gorini, M. A.; Gallea, C. G.; Mello, S. N.; Dellapiaza, H. & Castro, J. R. J. C. 1982. Bancos de arenitos de praia (beachrocks) na plataforma continental SE brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. **Anais...** Salvador, SBG, v. 4, p. 1540-1546.
- Coutinho, P. N. & Farias, C. C. 1979. Contribuição à origem dos recifes do nordeste. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9., 1979, Natal. **Atas...** Natal, p. 236-240.
- Darwin, C. H. 1841. On a remarkable bar a sandstone of Pernambuco on the coast of Brazil. London, Edinburgh, Dublin Philos. **Magazine and Journal Science**, 19: 257-261.
- Figueiredo Jr, A. C. 1975. **Geologia dos depósitos calcários biodetríticos da plataforma continental do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. 72 p. Dissertação de mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Figueiredo Jr, A. C. & Madureira, L. S. P. 1999. **Programa de avaliação do potencial sustentável de recursos vivos da Zona Econômica Exclusiva** - Relatório final dos dados geológicos. LAGEMAR, Universidade Federal Fluminense, RJ, 58 p.
- Hopley, D. 1986. Beach-rock as a sea-level indicator. In: Orson Van de Plassche (ed.) **Sea-level research. A manual for the collection and evaluation of data**. Norwich, Geo Books, 618 p.
- Mabessone, J. M. 1964. Origen and age of the sandstone reefs of Pernambuco (northeastern Brazil). **Journal of Sedimentary Petrology**, 34 (4): 715-726.
- Macedo, A. C. M. 1971. Testemunhos geológicos da evolução do litoral no Estado da Guanabara. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 43 (3/4): 832.
- Maury, C. Y. 1934. Fossil invertebrate from northeastern Brazil. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, 68: 123-179.
- Martin, L.; Bittencourt, A. C. S. P.; Vilas-Boas, G. S. & Flexor J. M. 1980. **Mapa geológico do Quaternário costeiro do Estado da Bahia**. 2 folhas. Escala 1/250 000, Texto explicativo, Secretaria de Minas e Energia, Salvador, BA.
- Martin, L.; Dominguez, J. M. L. & Bittencourt, A. C. S. P. 1999. **Roteiro de excursão "A zona costeira da costa do descobrimento"** In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7., 1999, Porto Seguro, BA, 15p.
- Mendonça, M. I. 1966. O recife de arenito de Tibau. **Arquivos do Instituto Antropológico**, 2: 343-346.
- Muehe, D. 1982. Evidence of landward translation of beach barriers east of Guanabara bay. I.G.U. Latin American Regional Conference. Rio de Janeiro. **Abstract**, p.91.
- Muehe, D. & Ignarra, S. 1984. Arenito de praia submerso em frente à praia de Itapuaçu - RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, SBG, p. 341-348.
- Oliveira, M. I. M. 1978a. Os "recifes" de Natal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais...** Recife, SBG, v. 2, p. 838-847.
- Oliveira, M. I. M. 1978b. **Os "recifes" de Natal**. Recife. 76 p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco.
- Oliveira, M. I. M.; Bagnoli, E.; Farias, C. C.; Nogueira, A. M. B. & Santiago, M. 1990. Considerações sobre a geometria, petrologia, sedimentologia, diagênese e idade dos "beachrocks" do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais...** Natal, SBG, v. 2, p. 621-634.
- Soares, A. D.; Buchmann, F. S. C. & Itusarry, M. E. G. S. 2000. Determinação da porcentagem de carbonato de cálcio e análise granulométrica da fração areia do icnofóssil Ophiomorpha (*Callichirus*) coletado na praia do Cassino - RS. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2000, Pelotas. **Resumos...** p. 147.
- Villwock, J. A.; Tomazelli, L. J.; Loss, E. L.; Dehnhardt, E. A.; Horn, N. O.; Bachi, F. A. & Dehnhardt, B. A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. In: Rabassa, J. (ed.). **Quaternary of the South America and Antarctic Peninsula**. A.A. Balkema, Rotterdam. 4: 79-97.