

Comparação entre os métodos de interpolação (*Krigagem e Topo to Raster*) na elaboração da batimetria na área da folha Touros - RN

Jordão Douglas de Lima Nogueira ¹
Ricardo Farias do Amaral ¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN/LEGEO
Caixa Postal 1524 - 59072-970 - Natal - RN, Brasil
jdlnoqueira@oi.com.br, ric@ufrnet.br

Abstract. The region known as "Reef Region of Cape of São Roque" is considered by the Ministry of Environment as a scientifically little explored area. It corresponds to the transition segment between the eastern and northern portions of the continental shelf off the coast of the state of Rio Grande do Norte, equivalent to submerged area (continental shelf) in this map SB-25-CV-II (Folha Touros; reference to IBGE, on the scale 1:100,000). The bathymetry is a science that seeks to shape the surface below the water level at sea or in rivers or lakes or in other aquatic bodies, through geostatistics tools. Advances in computing allow to obtain a greater range of interpolations methods, like as kriging, the inverse distance weighting (IDW), global polynomial interpolation, interpolation polynomial functions and radial basis function (spline). Among the methods used were "Topo to Raster" tool, included in the ArcGIS/ArcToolbox, application more precisely, the Spatial Analyst extension, and geostatistical analysis by Kriging, also included in that application, which that enabled to obtain more success in the form of representating the area under study. The analysis of these tools, by means of satellite imagery of the Landsat 7, showed that the "Topo to Raster" technique presented results with more information for preparation of bathymetric surfaces, particularly in relation to the evidence of the transversal structures along the coast line.

Palavras-chave: bathymetry, methods of interpolation, Topo to Raster function, batimetria, métodos de interpolação, Topo to Raster function.

1. Introdução

Este artigo é parte integrante do esforço para o levantamento batimétrico e faciológico da plataforma continental rasa do estado do Rio Grande do Norte, que está sendo realizado, pelo Laboratório de Estudos Geoambientais do Departamento de Geologia da UFRN – LEGEO/UFRN, através de convênio entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a Fundação Northeriograndense de Pesquisa e Cultura (FUNPEC) com vistas à avaliação do potencial dos constituintes granulados marinhos que ocorrem na área de estudo (Projeto GranMar/RN).

A topografia da plataforma continental e o seu conteúdo sedimentar superficial estão sendo estudados através de compilação de dados preexistentes, coleta de dados batimétricos, amostragem de sedimentos e operações de mergulho. Os dados estão sendo organizados e trabalhados em um ambiente de um Sistema de Informações Geográficas.

2. Área de estudo

A área objeto deste artigo corresponde ao segmento de transição entre a porção oriental e a setentrional da plataforma continental ao largo do Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1), correspondendo à área submersa (plataforma continental) presente na carta SB-25-V-C-II (Folha Touros; referencial do IBGE, na escala 1:100.000). A região conhecida como "Região Recifal de Cabo de São Roque" e é considerado pelo Ministério do Meio Ambiente como uma área pouco explorada cientificamente.

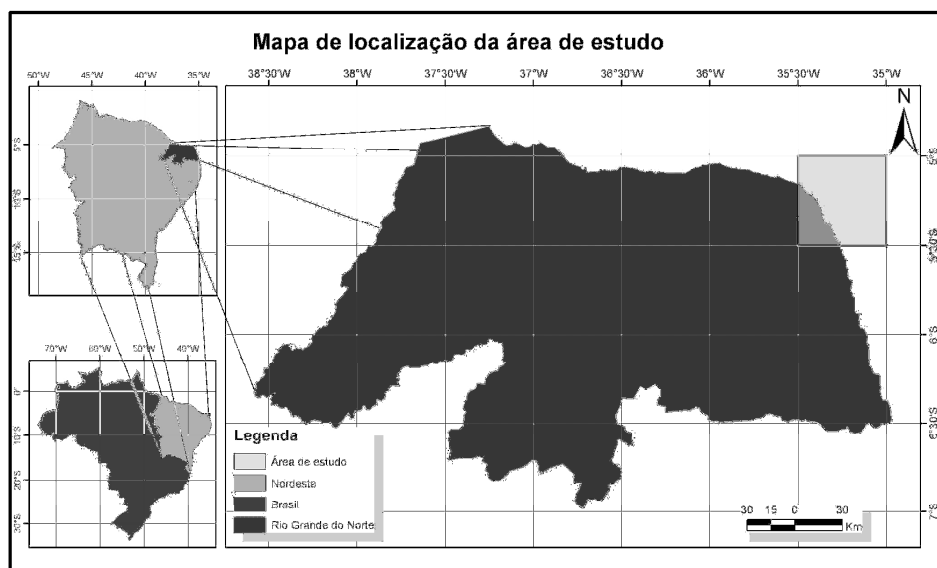


Figura 1 – Mapa de localização da área em estudo.

Corresponde à região marinha que inclui a plataforma rasa em frente à linha de costa que vai desde o Cabo de São Roque até o Cabo Calcanhar. É uma região que apresenta águas límpidas na maior parte do ano e, por isso, sob intensa pressão de uso e ocupação. Os três municípios adjacentes à área de trabalho são Maxaranguape, Rio do Fogo e Touros, que têm uma área conjunta de aproximadamente 1.200km², com uma população de cerca de 40.000 habitantes, 12.000 dos quais, morando nas sedes dos municípios (dados de 1999).

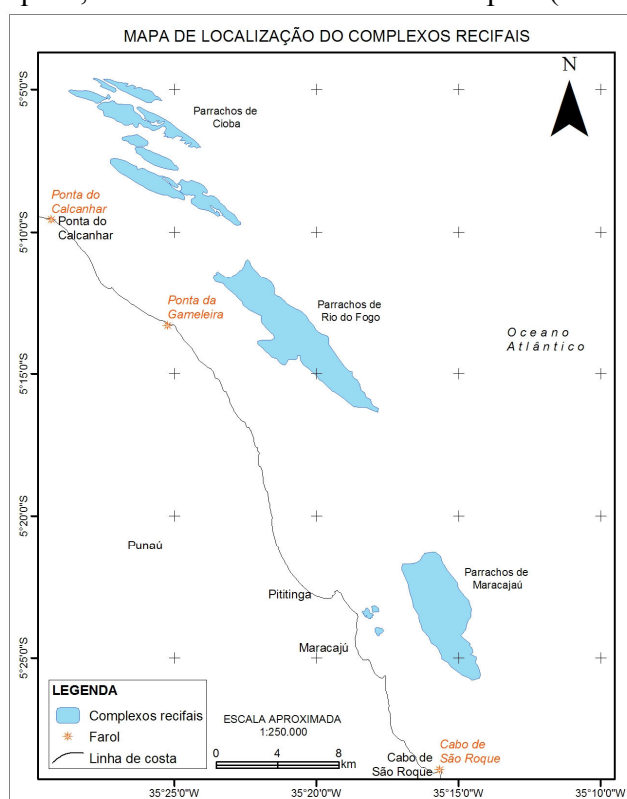


Figura 2 – Mapa de localização da área em estudo (detalhes dos complexos recifais).

3. Batimetria

A batimetria é área da topografia que se destina em modelar a superfície abaixo do nível d'água, no mar ou em rios ou lagoas ou em outros cursos de água. Os resultados dos

levantamentos batimétricos são representados por modelos digitais da superfície do fundo das águas (MDT), perfis longitudinais e transversais de profundidade das águas, cotas isoladas de profundidade entre a superfície da água e seu fundo, seqüências de curvas de igual profundidade, as isobatimétricas, semelhante às curvas de nível.

Os levantamentos batimétricos são cruciais para a navegação em qualquer corpo aquoso, além de serem necessários para as modelagens hidrodinâmicas e acompanhamento de processos de erosionais ou de assoreamento.

A coleta de dados batimétricos na plataforma continental nordestina data pelo menos da época das grandes navegações, no século XIV. Branner (1904), *apud* Amaral (2008), fez a batimetria de boa parte da plataforma continental oriental do Rio Grande do Norte, até as proximidades da cidade do Natal.

Os levantamentos batimétricos anteriores a 1966 deram apenas uma vaga idéia da forma da margem continental brasileira. Em 1969, Barreto e Milliman (1969), *apud* Amaral (2008), reuniram dados batimétricos exploratórios da Petrobrás e do *U.S. Hydrographic Office* em Relatório Interno da primeira empresa (Coutinho, 1976).

A primeira base de informação sistemática e constante, sobre a batimetria da plataforma continental do Nordeste do Brasil, foi preparada a partir dos dados levantados pela Diretoria de Hidrografia e Navegação e publicados nas cartas náuticas, editadas por aquele órgão. Estas cartas delimitaram a área de plataforma e apresentaram um grande número de medidas de profundidade. No entanto, concentram suas medições nas proximidades das zonas portuárias. Algumas seções batimétricas foram feitas durante a operação Norte/Nordeste 1, pelo Navio Oceanográfico Almirante Saldanha, entre as cidades de Recife e Cabo Orange, resultando em uma caracterização geomórfica inicial da plataforma (Mabessone e Coutinho, 1970).

4. Interpolação

Os avanços computacionais e o aprimoramento de técnicas de mapeamento que nós vivenciamos nos permitem uma avaliação cada vez mais precisa da qualidade dos atributos mapeados. Um exemplo disso é nos métodos de interpolação de dados que são utilizados para determinar modelos de representação espacial.

Esses modelos representam fenômenos que têm valores em todos os pontos de sua extensão. Os valores dos infinitos números de pontos, em toda a superfície, são derivados de um conjunto limitado de amostras valores, sendo esses baseados em medições diretas, como a valores de altura para uma elevação da superfície.

Dentre dos diversos métodos de interpolação utilizados, podemos citar *Krigagem*, ponderação do inverso da distância (IDW), interpolação polinomial global, interpolação polinomial local e funções de base radial (*spline*).

A *Krigagem*, entendida como um estimador que se baseia numa série de técnicas de análise de regressão, sejam essas lineares ou não, procura minimizar a variância estimada a partir de um modelo prévio levando em consideração a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço (Landim, 2003). Existem várias formas sendo as mais usuais a *Krigagem* ordinária, universal, indicativa e a *Cokrigagem*.

A função *Topo to Raster* foi baseado nos trabalhos desenvolvidos por Hutchinson (1998,1999) em seu programa ANUDEM. O êxito dessa técnica se dá por permitir que arquivos, como curvas de níveis, cursos de rios e delimitações de bacias, possam ser utilizados durante a interpolação, diminuindo os possíveis erros que venha a serem cometidos pelo método.

Essa técnica de interpolação foi desenhada com o objetivo específico de converter dados vetoriais em modelos hidrológicos de elevação de terreno exatos. O método se utiliza da eficiência computacional da interpolação local, como ponderação do inverso da distância, sem

perder a continuidade superficial dos métodos global de interpolação, como *Krigagem* e *spline*.

5. Metodologia

O mapa batimétrico foi elaborado através dos dados pré-existentes retirados a partir da vetorização da carta náutica 803 – Carta do canal de São Roque – disponibilizada pela diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil. Essa carta teve sua última atualização em 25/05/2007 e possui exatos 1293 pontos cotados, com profundidades que variam de 0,20 até 36,0 metros, distribuídos aleatoriamente por toda área de estudo (Figura 2).

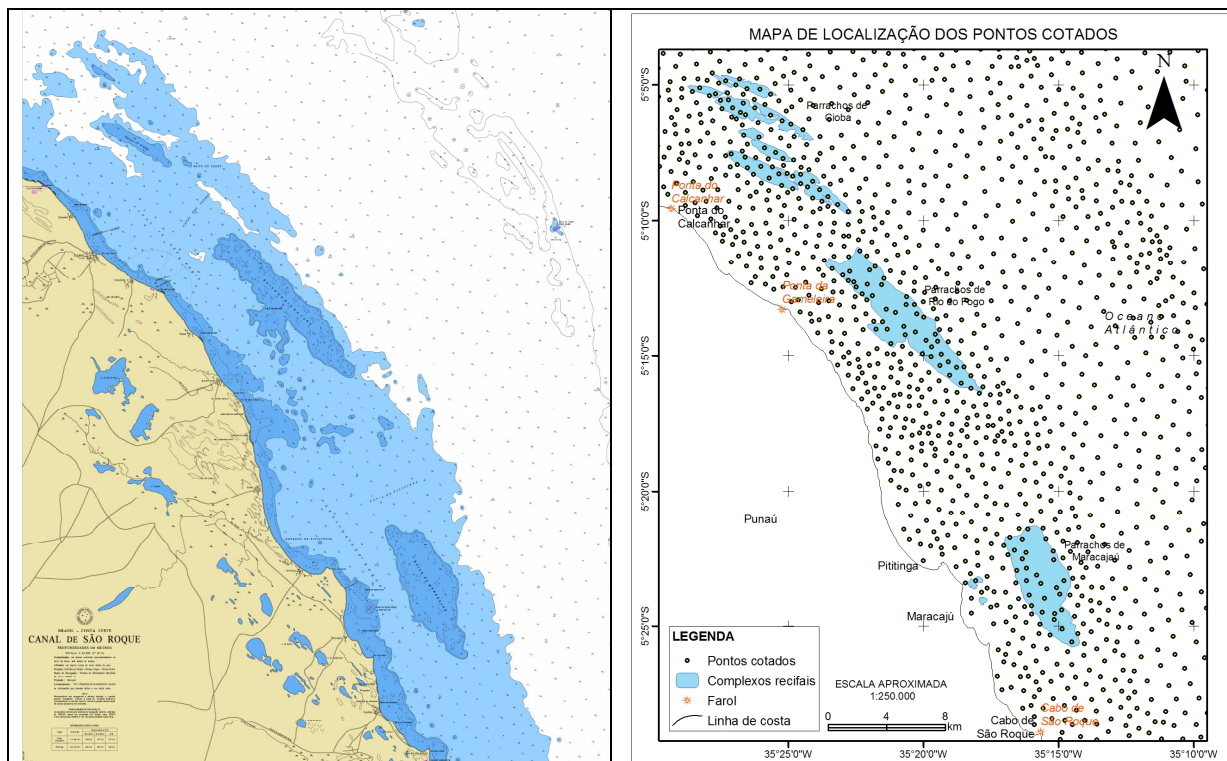


Figura 3 - Mapa de pontos de profundidade utilizados, à direita, e Carta Náutica 803, à esquerda.

Além dessas especificações, os dados inseridos na carta têm por informações espaciais o sistema de coordenadas geográficas, com projeção de Mercator e datum Córrego Alegre - MG. O mapa tem por escala 1: 50.000 e formato *raster* .KAP (*Nautical Chart Format*), formato esse que é aceito pelo programa ArcGIS 9.2 da *Esri*.

Os pontos cotados foram vetorizados para um arquivo *shapefile* que, posteriormente, passou por uma série de testes de interpolação, aonde se procurou encontrar o melhor método de representação da área submersa do projeto, comparando-os. Dentre os métodos usados as ferramentas *Topo to Raster*, incluída no aplicativo *ArcGIS/ArcToolbox*, mais precisamente, na extensão *Spatial Analyst*, e a análise geostatística por *Krigagem Ordinária*, também incluída no mesmo aplicativo, foram as que lograram mais êxito na forma de representação.

O êxito na forma de representação foi obtido com base na observação de imagem de satélite (Sensor ETM/Landsat 7 – banda 1), observando-se as seguintes premissas:

- melhor identificação dos corpos recifais já mapeados na área
- melhor identificação de feições paralelas à costa
- melhor identificação de possíveis canais de fluxo transversais

Na geração dos mapas utilizaram-se os parâmetros:

- Tamanho da célula – 25 m x 25 m

- Execução de drenagem – executar com bacia (Apenas para a função Topo to Raster).

Os outros parâmetros foram mantidos como *default* do programa *ArcGIS 9.2*.

6. Resultados e discussões

Os mapas gerados são apresentados a seguir (Figura 4). As propriedades cartográficas foram mantidas as mesmas da carta náutica, exceto a escala que em todos os mapas foram utilizado 1:250.000. As curvas batimétricas têm o intervalo de 5 m, tendo a linha de costa o nível zero.

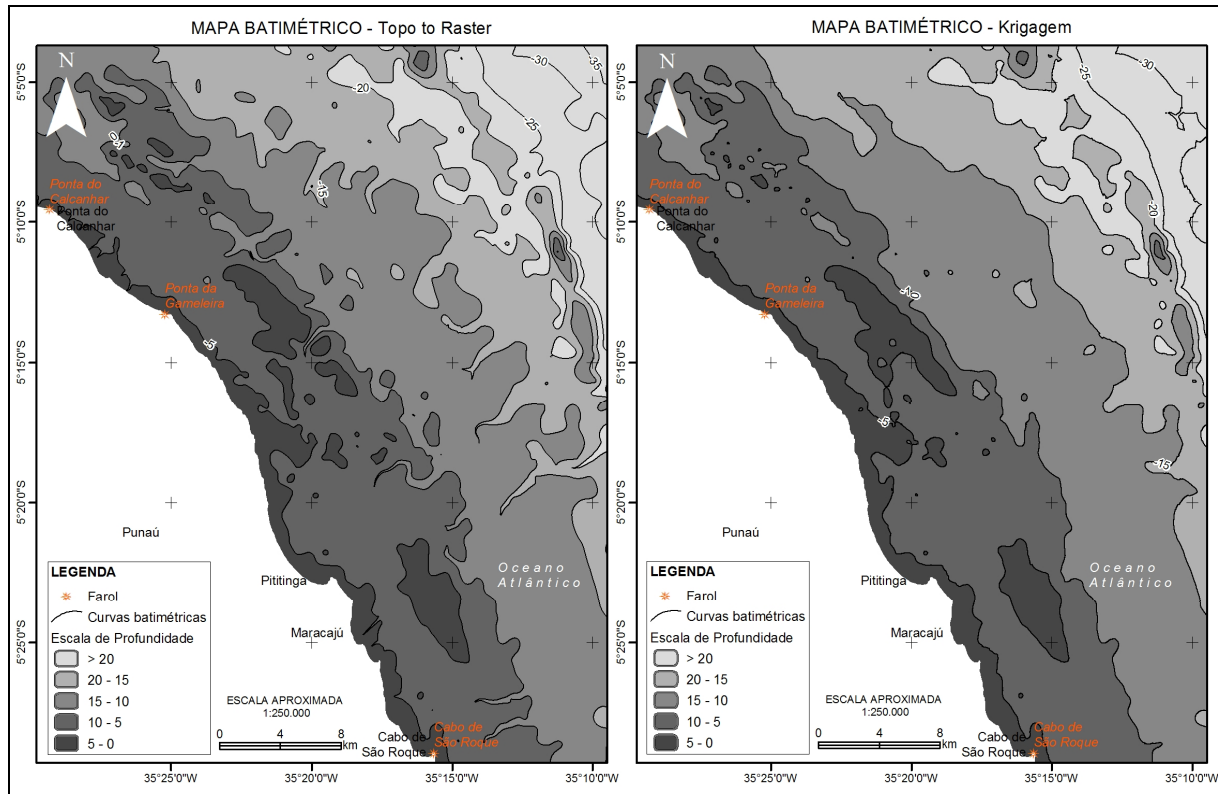


Figura 4 – Mapa batimétrico interpolado a partir do método de *Krigagem*, à direita, e a partir do método *Topo to Raster*, à esquerda.

Ao observar os mapas gerados percebe-se as variações de relevo em cada um deles. Em ambos, as distâncias das cotas batimétricas não apresentaram grandes variações, assim como a delimitação da linha de costa. As diferenças entre estes dois métodos podem ser observadas ao se analisar as linhas batimétricas geradas em cada um dos modelos junto com a imagem de satélite (Figura 5).

A superfície gerada pela *Krigagem* cria uma forma de relevo mais uniforme, evidenciada pela delimitação dos complexos recifais (Figura 5-A), aonde percebe a diferença entre as duas imagens, e a forma mais suave das linhas batimétricas. Devido esse fato, esse método é o mais utilizado na geração de superfícies de interpolação. Em compensação, esse método não permite avaliar detalhes de estruturas discretas apresentadas no relevo como os possíveis canais de fluxo, submersos, transversais a linhas de costas.

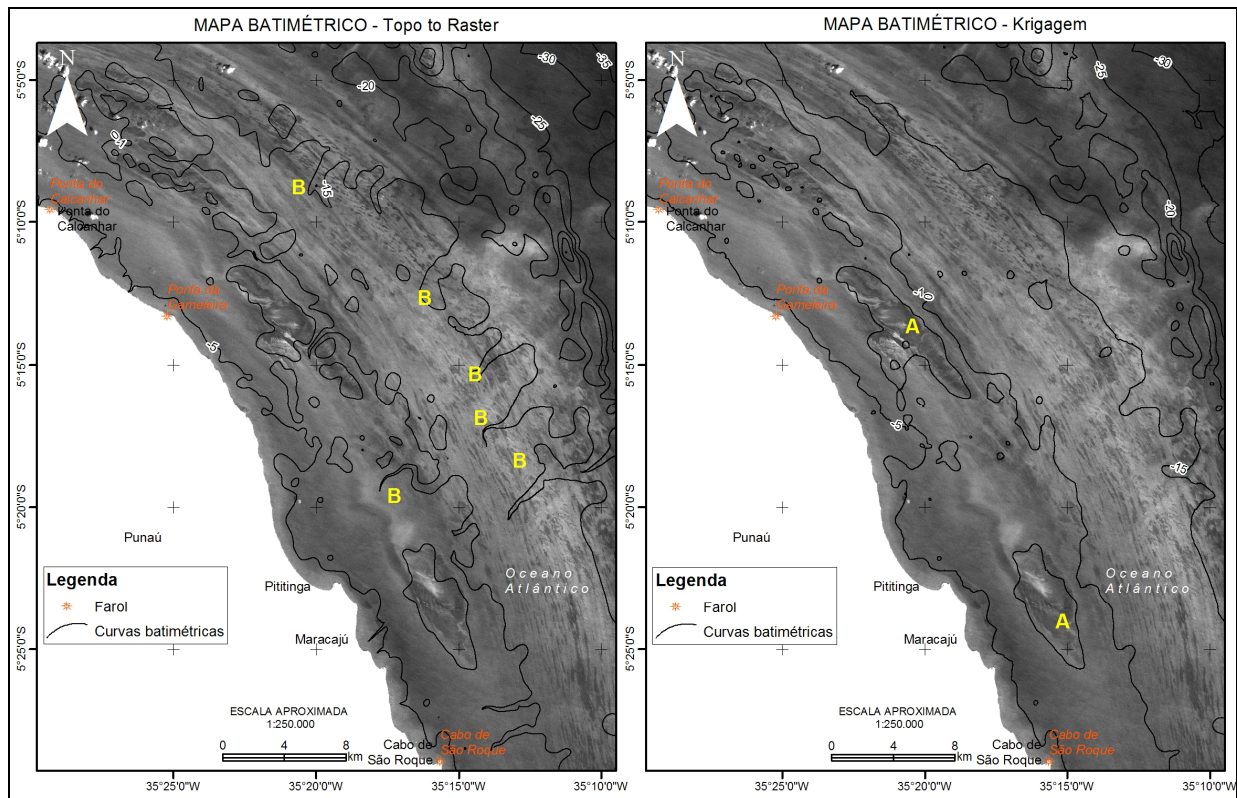


Figura 5 – Linhas batimétricas geradas pelos métodos de *Krigagem*, à direita, e a partir do método *Topo to Raster*, à esquerda, ambos com a imagem de satélite de fundo. As letras, que são citadas no texto, indicam os aspectos a serem resultados em cada uma das figuras.

Esses canais foram bem delimitados pela interpolação do método *Topo to Raster* (Figura 5-B) e podem ser explicados pelas correntes de refluxo causado pela variação da maré no local. Vale salientar que essas informações, de como são geradas essas estruturas transversais à linha de costa, dependem ainda de sua validação de em campo.

7. Conclusões

Conclui-se diante do exposto que a ferramenta *Topo to Raster* apresentou resultados com mais informações para elaboração de superfícies batimétricas, principalmente no tocante ao evidenciamento das estruturas transversais a linha de costa. Porém, para mais inferências sobre estruturas, é necessário à realização dos trabalhos de campo comprovando os dados.

Recomenda-se ainda, que as variáveis do método interpolação sejam estudadas mais a fundo para que se possa obter melhores resultados.

Agradecimentos

Este artigo foi escrito com base no processamento e interpretação de dados de batimetria no âmbito do projeto GranMar (CPRM/UFRN/FUNPEC). Agradecemos a bolsa de Iniciação Científica concedida pelo projeto, bem como ao espaço de pesquisa e a todos os equipamentos laboratoriais necessários, disponibilizados pelo Laboratório de Estudos Geoambientais – LEGEO. Agradecemos também aos colegas e professores que integram a nossa equipe.

Referências Bibliográficas

- Amaral, R.F. et al. Levantamento Batimétrico e Faciológico da Plataforma Continental Rasa do Estado do Rio Grande do Norte. Folha Touros (SB-25-V-C-II). **Projeto avaliação do potencial mineral dos granulados marinhos da plataforma rasa do Nordeste**. Levantamento geológico marinho, escala 1:100.000 - Programa Geologia do Brasil. Diretoria de Geologia e Recursos Minerais – DGM / SGM / MME. Relatório Interno. 2008. 44p.
- Coutinho, P. N. **Geologia marinha da plataforma continental Alagoas – Sergipe**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE. Tese de Livre Docência, 1976. 119p.
- Hutchinson, M.F. **Calculation of hydrologically sound digital elevation models**. Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney, Australia.1988
- Hutchinson, M.F. **A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits**. Journal of Hydrology n° 106: 211-232. 1989.
- Landim, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 2. ed. Rev. E ampl. 253 p.
- Mabessone, J. M.; Coutinho, P. N. **Littoral and shallow marine geology of northern and nordeastem Brazil**. In: Instituto Oceanográfico, UFPE. Recife – PE. 12: 1-214. 1970.
- Santos, C. L. A.; Vital, H.; Amaro, V. E.; Kikuchi, R. K. P. **Mapeamento de recifes submersos na costa do Rio Grande do Norte, NE Brasil: Macau a Maracajau**. Rev. Bras. Geof. 2007, v. 25, suppl. 1, pp. 27-36. ISSN 0102-261X
- Tabosa, W. F.; Amaro, V. E; Vital, H. **Análise do ambiente costeiro e marinho, a partir de produtos de sensoriamento remoto na região de São Bento do Norte, NE Brasil**. Rev. Bras. Geof. 2007, v. 25, suppl. 1, pp. 37-48. ISSN 0102-261X.