

# Utilização de Modelos Digitais de Elevação na Representação do Relevo Submerso e Emerso na Zona Costeira Amazônica.

Francisco Ribeiro da Costa<sup>1</sup>  
Pedro Walfir Martins e Souza Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará - UFPA  
Centro de Geociências, LAIT, Caixa Postal 8608, 66075-110, Belém-PA, Brasil.  
{frc, walfir}@ufpa.br

**Abstract.** This work deals with the construction of a Digital Elevation Model in the Amazonian Coastal Zone from the digitalização of bathymetric letters of the DHN and project GEBCO and its integration to the topographical data of SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) showing the main morphologic elements of deep oceanic and the its relation with coastal environment.

**Palavras-chave:** Batimetria, modelo digital de elevação, Zona Costeira Amazônica Digital Elevation Model,

## 1 – INTRODUÇÃO

A geração e Utilização de Modelo Digital de Terreno do fundo oceânico integrados a Sistemas de Informações Geográficas (SIG'S) são ferramentas extremamente úteis na caracterização morfológica deste meio. Alguns trabalhos nesse sentido têm sido realizados no Brasil, entre eles podemos citar os de (Bonetti Filho et al., 1994; Bonetti Filho, 1995,). Estes trabalhos versam sobre a utilização de Modelos Digitais de Terreno em Oceanografia Geológica, mais precisamente na modelagem de dados batimétricos, cada um a sua maneira buscou associar as feições morfológicas de fundo a processos fluviais e/ou marinhos.

Neste contexto este trabalho tem por objetivo à geração e análise de modelos batimétricos tridimensionais, na plataforma continental da Zona Costeira Amazônica (ZCA) com base em cartas batimétricas, para a caracterização morfológica do fundo oceânico desta área, o qual possibilitara mediante novos levantamentos, uma futura análise temporal dos processos de erosão e sedimentação nesta região.

A ZCA está inserida no contexto das regiões tropicais úmidas situadas entre 4° N e 4°S (Fig. 1). Os trópicos úmidos são caracterizados por precipitação alta e constante (> 1.500 mm/ano), altas temperaturas (> 20°) com baixa variação térmica e elevada nebulosidade (NITTROUER et al. 1995). Nesta região destaca-se a influência do Rio Amazonas que despeja um volume de água médio de 6,3 trilhões m<sup>3</sup>/ano, o que representa aproximadamente 16% de toda a água doce descarregada nos oceanos (OLTMAN, 1968), apresentando uma descarga líquida máxima de 220 mil m<sup>3</sup>/s (RICHEY et al., 1986) e de sedimentos estimada em 1,2 bilhão de ton/ano (MEADE et al., 1985). É também o maior rio em termos de material dissolvido (solutos) com uma descarga de 290 milhões de ton/ano (DEGENS et al., 1991). Em função de sua magnitude, o Rio Amazonas é responsável pela formação de um sistema de dispersão que despeja uma enorme quantidade de água, partículas e solutos na plataforma continental (NITTROUER et al., 1995). Estes são transportados por correntes e ondas ao longo da costa, e são responsáveis pela formação de uma das mais extensas costas lamosas de todo o planeta (ALLISON et al., 2000; KJERFVE et al., 2002). Estas feições são possíveis de ser caracterizadas na modelagem tridimensional da batimetria.

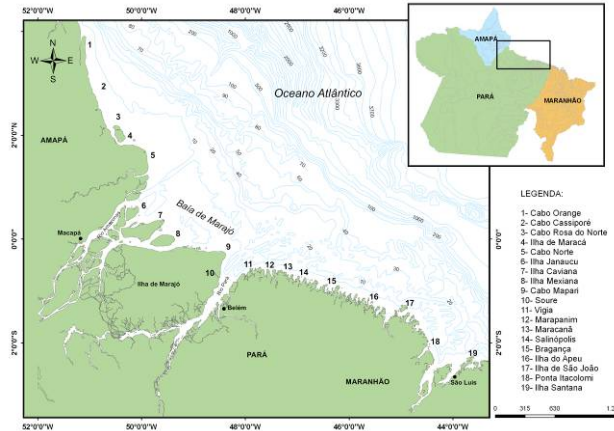


Figura 1 – localização da área de estudo – Zona costeira Amazônica

## 2 – MATERIAL E MÉTODO

Para a geração do modelo digital de elevação do fundo oceânico foram utilizadas as cartas náuticas editadas pela DHN/Marinha do Brasil, para a plataforma continental e do Projeto GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) para o oceano profundo, como fonte de informação batimétrica.

Para a geração do Modelo Digital de Elevação continental, serão utilizados dados do Radar interferométrico da SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) da Nasa (RABUS et al., 2003).

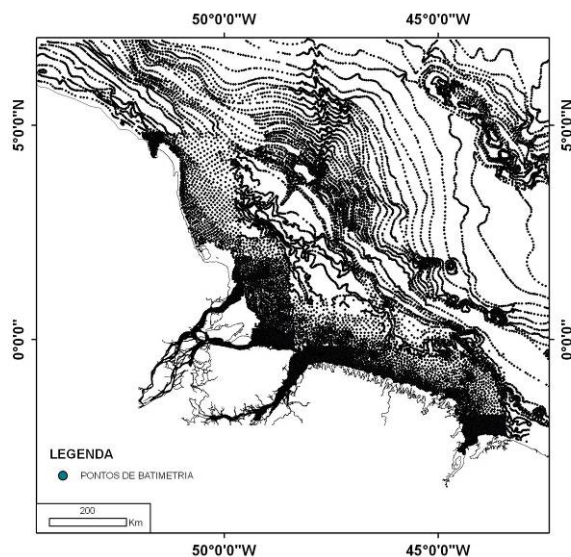
As cartas foram digitalizadas e as informações de profundidade extraídas para confecção da malha. A digitalização das cartas e do contorno da costa e dos bancos de areia foi feita na tela em carta náutica escanerizadas em scanner de rolo.

Foram digitalizadas 28 cartas náuticas da ZCA indo do Cabo Orange à ilha de Santana para a plataforma continental e carta para o oceano profundo do projeto GEBCO. A projeção utilizada é a Mercator. No quadro 01 é apresentado o conjunto total cartas digitalizadas e suas respectivas escalas.

Para a geração do DEM foram utilizadas as cotas batimétricas que uma vez digitalizadas foram transformadas em uma tabela com atributos X, Y, Z para cada carta digitalizada (latitude e longitude, decimal, profundidade referida ao nível de redução local). Posteriormente montou-se um mosaico com 51.855 pontos (fig. 2)

Para o processo de geração das grades, foi utilizado o programa *Surfer for Windows* o qual tem disponíveis vários interpoladores dentre eles: o inverso da distância, kriging, vizinho mais próximo, método de Shepard, mínima curvatura, função de base radial, triangulação com interpolação linear, etc. O interpolador utilizado neste trabalho para a geração das grades foi o inverso do quadrado da distância com uma malha regular de 250 metros, este interpolador possui as seguintes características principais: este método utiliza um interpolador de média ponderada e que pode ser exato ou suavizante (smoothing) em relação à concordância com os pontos originais de observação.(FRANKE, 1982). Para mais detalhes sobre o Software *Surfer for Windows* ver SURFER (1999)

Posteriormente o arquivo grid gerado no *Surfer* foi tratado no software *Global Mapper* onde foi possível a integração deste aos dados do SRTM (RABUS et al., 2003) além do fatiamento das classes de batimetria divididos por ordem de profundidade.



**Figura 2 – Mapa de pontos utilizada na geração do MDT Batimétrico**

**QUADRO 01 – Cartas náuticas utilizadas**

Numeração da Carta	Escala da Carta	Numeração da Carta	Escala da Carta
40	1: 1 159 563	243	1: 80 000
100	1: 300 000	244	1: 80 000
110	1: 80 000	300	1: 300 000
200	1: 300 000	302	1: 100 000
201	1: 80 000	304	1: 80 000
202	1: 80 000	305	1: 80 000
203	1: 80 000	306	1: 80 000
204	1: 80 000	310	1: 200 000
205	1: 25 000	312	1: 50 000
206	1: 10 000	316	1: 50 000
210	1: 200 000	400	1: 300 000
230	1: 200 000	410	1: 135 000
241	1: 80 000	412	1: 30 000
242	1: 80 000	414	1: 15 000
		GEBCO CARTA 212	1:10.000.000

### 3 – RESULTADOS.

Foi gerado para toda a ZCA um MDT integrado da batimetria e topografia mostrando os principais elementos de relevo nesta região. Na figura 3 é possível observar as grandes feições batimétricas como o cone de deposição dos sedimentos do rio Amazonas acumulados na quebra da plataforma continental a baixa variação da topografia e da batimetria na zona costeira e na plataforma continental próximo à costa.

As figuras 4, 8 e 10 mostram o fatiamento da batimetria na zona costeira, de 0 a 40m, de 40 a 100m na quebra da plataforma e de 100 a 4700m, mar profundo, e interessante observar que essas fatias apresentam características distintas.

A fatia de 0-40 metros (Fig. 4) mostra principalmente a área onde há um grande acumulo de sedimentos lamosos (REMAC, 1979) e caracterizados por uma baixa declividade (Fig. 5) e a forte influencia dos canais fluviais. (fig. 6, 7 e 8).

A fatia de 40 – 100 metros (Fig. 9) mostra a transição para uma zona de alta declividade gradando ate a quebra da plataforma na isobata de 100 metros (Fig. 10).

A fatia >100 (Fig. 11) inclui a zona de oceano profundo contendo nesta o cone de deposição de amazonas e o alto ceará (*Ceará Rise*) (Fig 12).

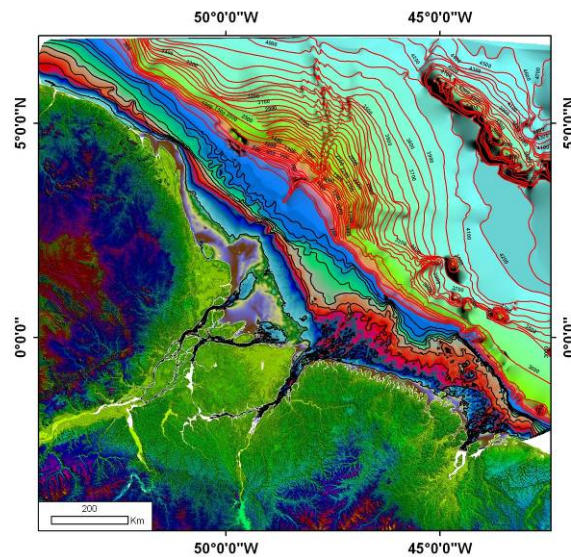


Figura 3 - Modelo digital de Terreno integrado da Batimetria e topografia (SRTM) da Zona Costeira Amazônica.

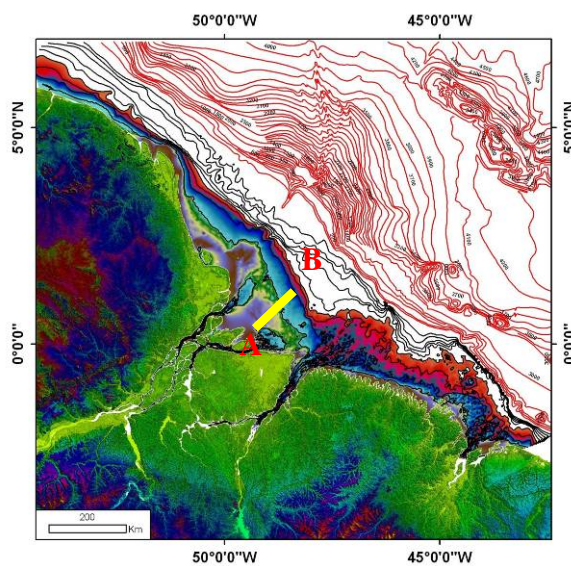


Figura 4 – MDT mostrando o fatiamento de 0 a 40 metros de profundidade.

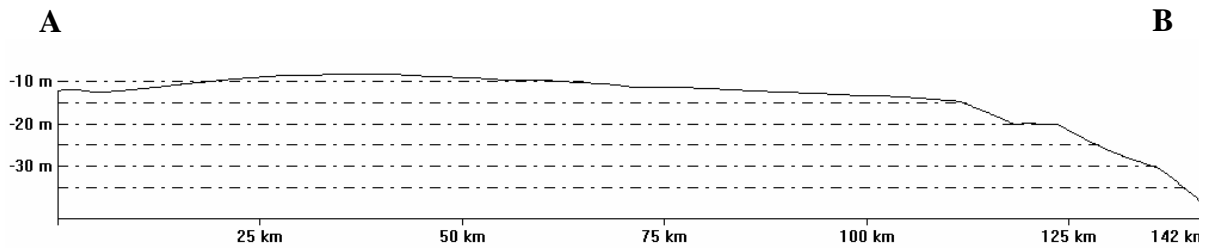


Figura 5 – Perfil mostrando a baixa declividade no fatiamento de 0 a 40 metros, ver localização na figura 04.

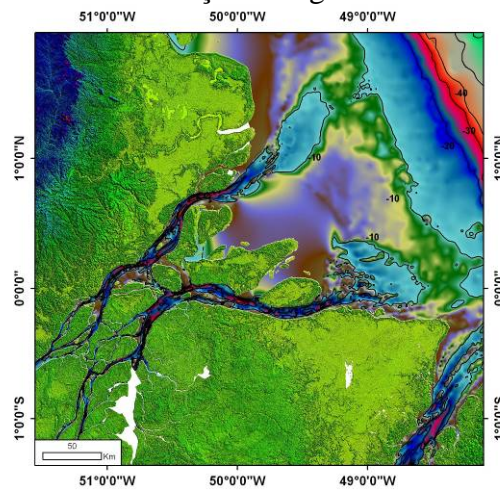


Figura 6 – Foz do Amazonas, mostrando a forte influência dos canais fluviais e a área plana no encontro com o oceano caracterizado pela diminuição da velocidade de correnteza.

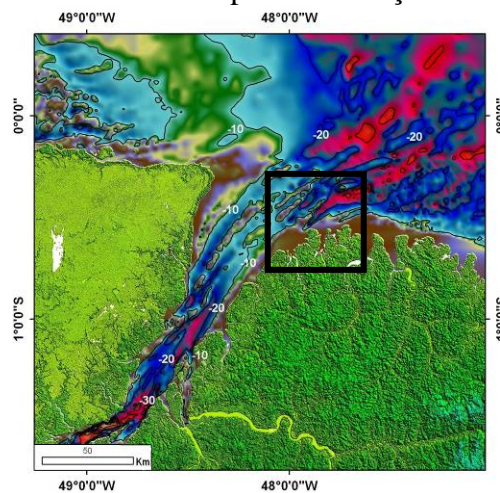


Figura 7 – Saída da baía do Marajó, mostrando a forte influência dos canais fluviais, em detalhe área locada pela CDP para a implantação do porto de Espadarte no município de Curuçá.

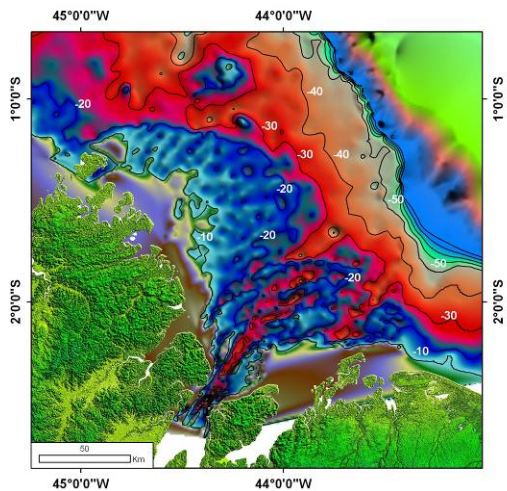


Figura 8 – Saída da baía do São Marcos, mostrando a forte influencia dos canais fluviais.

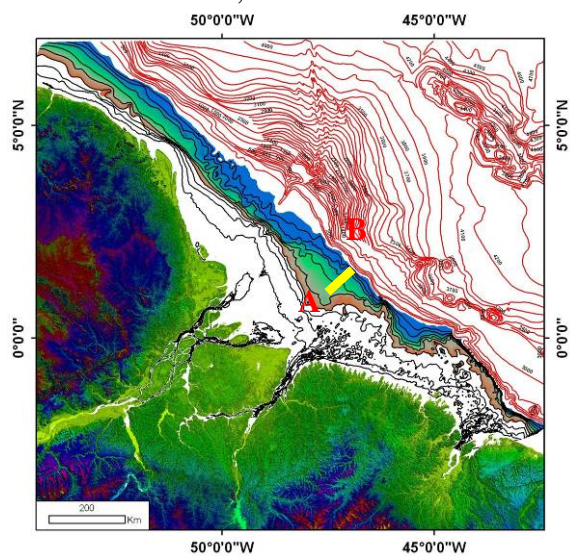


Figura 9 – MDT mostrando o fatiamento de 40 a 100 metros de profundidade. **A** **B**

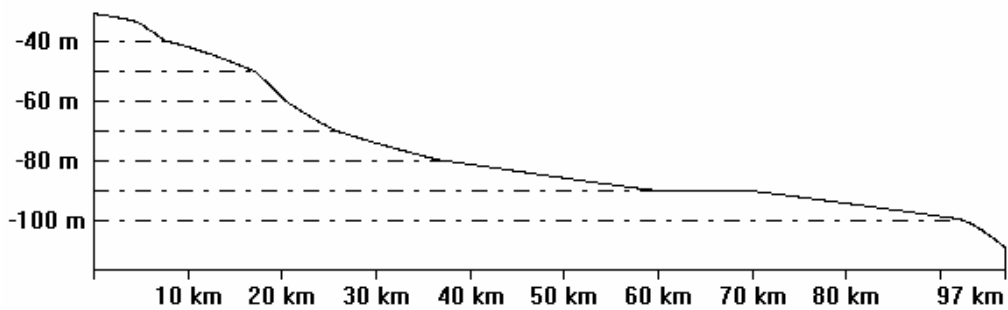


Figura 10 – Perfil mostrando a gradação da declividade no fatiamento de 40 a 100 metros de profundidade, ver localização na figura 9.

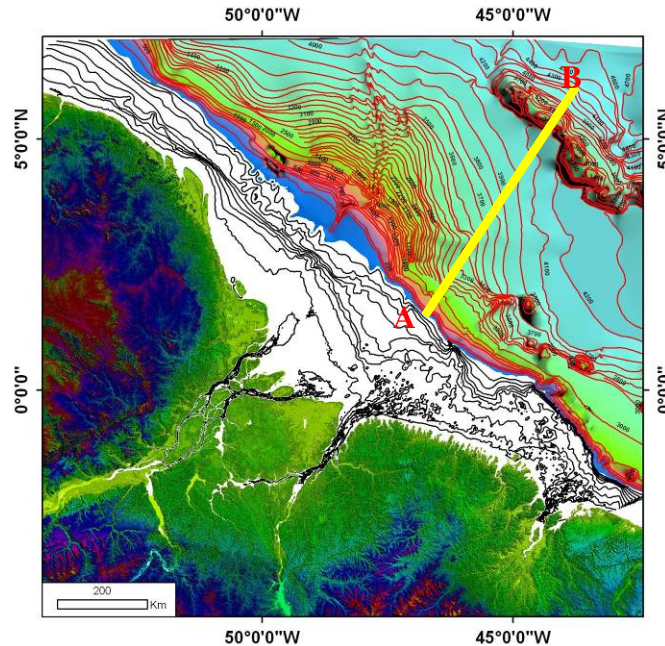


Figura 11 – MDT mostrando o fatiamento de 100 a 4700 metros de profundidade.

A

B

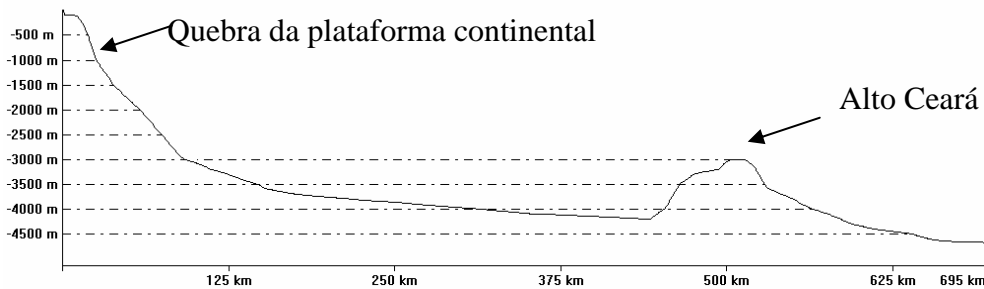


Figura 12 – Perfil mostrando a gradação da declividade no fatiamento de 100 a 4700 metros de profundidade, ver localização na figura 11.

#### 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração de dados batimétricos para a geração de MDT's e uma poderosa ferramenta na caracterização morfológica do fundo oceânico, no caso da ZCA buscou-se ter uma visão sinóptica da modelo geométrico de fundo e observou-se que os principais rios que deságuam nesta zona influenciam fortemente na sua conformação geométrica.

A foz do Amazonas com extensa área com baixa declividade, variando poucos metros em centenas de quilômetros evidencia o impacto da quebra de velocidade do Rio que antes confinado em canais estreitos contrasta com a grande área de escape na foz. Sendo ainda fortemente influenciado pelas marés que funcionam como um selo hidráulico ajudando na contenção e fazendo que haja uma forte sedimentação de lama na foz.

A foz do rio Pará mostra canais bem definidos com bancos de areia bem definidos, nesta área apresenta-se como alternativa para implantação de um porto de grande calado maior que 20 metros, sendo um dos maiores do Brasil.

A foz da baía de São Marcos assim como a foz do Rio Pará canais bem definidos com, nesta área está implantado o porto com maior calado do Brasil, porto de Itaqui, o único porto capaz de receber navios cargueiros com calado acima de 14 metros.

Esse trabalho e uma contribuição a discussões no que diz respeito a integração de informações em formato digital em ambiente SIG, visto a tendência em se monitorar áreas de importância ambiental e zonas costeiras para a conservação/preservação dos recursos naturais.

## 5 - AGRADECIMENTOS

Este trabalho é contribuição do Projeto PIATAM mar (Potenciais Impactos Ambientais do Transporte de Petróleo e Derivados na Zona Costeira Amazônica) financiado pela Petróleo Brasileiro S.A. (Convênios UFPA/COPPETEC/ FADESP 953)

## 6 - BIBLIOGRAFIA

Allinson, M.A.; Lee, M.T.; Ogston, A.S.; Aller, R.C. Origin of Amazon banks along the northeastern coast of South America. *Marine Geology*, v. 163, p. 241-256. 2000.

Bonetti Filho, J. *Transporte de Sedimentos por Suspensão nas Proximidades da Barra de Cananéia SP*. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico USP, 1995.

Bonetti Filho, J.; Almeida, T. I. R.; Conti, L. A. & Furtado, V. V. Landsat - TM and Digital Terrain Model Applications in the Study of Abiotic Parameters as a Proposal to Coastal Monitoring. *SELPER*, 10(3-4):9498, 1994. Correia, I. C. S.; Baitelli; R.; Santos, H. N. & Ade, M.

DEGENS, E.T.; KEMPE, S.; RICHEY, J.E. Summary: biogeochemistry of major world river. In: Degens, E.T.; Kempe, S.; Richey, J.E. [Eds.], *Biogeochemistry of Major World Rivers*. New York, John Willey & Sons, 1991. p. 323-347.

Kjerfve, B., Perillo, G. M. E., Gardner, L. R., Rine, J. M., Dias, G. T. M., and Mochel, F. R. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: HEALY,

T. R.; WANG, Y.; HEALY, J-A. [Eds.], *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Functions*. Amsterdam, Elsevier, 2002. p. 479-532.

Meade, R.H.; Dunne, T.; Richey, J.E.; Santos, U.M.; Salati, E. Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon River of Brazil. *Science*, v. 228, p. 488-490. 1985.

Nittrouer, C.A.; Brunskill, G.J.; Figueiredo, A.G. Importance of tropical coastal environments. *Geo-Marine Letters*, v. 15, p. 121-126. 1995.

Oltman, R.E. Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon River. Washington DC, U.S. Geological Survey. 1968. 16p.

Rabus, B.; Eineder, M.; Roth, A.; Bamler, R. 2003. The shuttle radar topography mission - A new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v. 57, p. 241-262. 2003.

FRANKE, R. **Scattered data interpolation: test of some methods, mathematics of computations**. Vol. 33, n. 157, 1982, pp. 181-200.

REMAC, 1979 – Margem continental norte – mapa faciológico dos sedimentos superficiais da plataforma, e da sedimentação quaternária no oceano profundo. Rio de Janeiro, PETROBRAS, CENPES, DINTEP, série projeto REMAC n 8

SURFER. **User's Guide**. Golden Software Inc. USA, 1999.

Richey, J.E.; Meade, R.H.; Salati, E.; Devol, C A.H.; Nordin, F.; Santos, U. Water discharge and suspended sediment concentrations in the Amazon River, 1982-1984. *Water Resources Research*, v.22, p. 756-764. 1986.