

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E COMPARAÇÃO ENTRE AS DESEMBOCADURAS DE ICAPARA E CANANÉIA, SISTEMA ESTUARINO-LAGUNAR DE CANANÉIA-IGUAPE ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Roberto L. Barcellos¹; Katia S. Jaworski²; Evelyn Da R. M. Pereira²; Patrícia B. P. K. Cardoso²; Beatriz B. Eichler²; Valdenir V. Furtado¹.

¹ Laboratório de Sedimentologia (DOF), Instituto Oceanográfico (USP). Praça do Oceanográfico, 191. Cidade Universitária, São Paulo (SP), Brasil. CEP: 05508-900. E-mail: rlb@usp.br e vfurtado@usp.br

² Laboratório de Micropaleontologia (DOF), Instituto Oceanográfico (USP). Praça do Oceanográfico, 191. Cidade Universitária, São Paulo (SP), Brasil. CEP: 05508-900. E-mail: katia_simonej@hotmail.com, evelinda@ceres.io.usp.br, pkfourie@ceres.io.usp.br e bbeichler@usp.br

RESUMO

O presente trabalho têm como objetivo a comparação do processo sedimentar atual entre as regiões adjacentes às desembocaduras de Icapara e de Cananéia, localizadas no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, estado de São Paulo. O estudo foi efetuado com base nas características dos sedimentos, através dos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957). Os outros parâmetros utilizados foram a caracterização composicional e distribuição espacial da matéria orgânica (carbono orgânico, nitrogênio e enxofre totais e razões C/N e C/S), conteúdos de carbonato biodetrítico, bem com a avaliação da microfauna bentônica de foraminíferos e tecamebas. As regiões das desembocaduras de Icapara e de Cananéia apresentam distinções marcantes em relação à morfologia de fundo e aportes de água doce, conseqüentemente, apresentam diferenciações na circulação hidrodinâmica e nas características dos parâmetros sedimentares observados (granulometria, teores de matéria orgânica e de carbonato biodetrítico). Isto reflete-se, também, nas características das associações faunais de foraminíferos bentônicos e tecamebas observadas para ambas as áreas.

ABSTRACT

The aim of this work is the comparison of modern sedimentary processes between Icapara and Cananéia inlets, located in Cananéia-Iguape estuarine lagoonal system, São Paulo state, Brazil. The study was based in sedimentary characteristics, through Folk & Ward (1957) statistics parameters, the characteristics and distribution of sedimentary organic matter (organic carbon, total nitrogen and sulphur, and C/N and C/S ratios), calcium carbonate contents and the evaluation of benthic foraminifers and thecamoebians. The inlet's regions of Icapara and Cananéia present marked differences related to bottom morphology and fresh water inputs. Consequently, presents differences in hydrodynamic circulation and in the characteristics of observed sedimentary parameters (grain size, organic matter contents and calcium carbonate), that also reflects in the observed associations of foraminifers and thecamoebians for both areas.

Palavras-chave: sedimentação estuarina, matéria orgânica sedimentar, foraminíferos bentônicos e tecamebas

1- INTRODUÇÃO

Estudos que utilizam de forma integrada diferentes parâmetros, tais como características texturais e composicionais dos sedimentos de fundo, origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar, avaliação das associações de foraminíferos bentônicos e tecamebas, visando a análise das características ambientais e morfossedimentares de áreas submersas, vêm sendo efetuados de forma crescente e com resultados positivos em diversas regiões do globo (Hilton, 1995). O presente trabalho tem como objetivo a comparação do processo sedimentar atual entre as regiões adjacentes às desembocaduras de Icapara e de Cananéia, localizadas no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. O estudo foi efetuado com base nas características dos sedimentos, através dos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957). Os outros parâmetros utilizados foram a caracterização composicional e distribuição espacial da matéria orgânica (carbono orgânico, nitrogênio e enxofre totais e razões C/N e C/S), conteúdos de carbonato biodetrítico, bem com a avaliação da microfauna bentônica de foraminíferos e tecamebas.

2-ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, localizado no litoral sul do estado de São Paulo (figura 1). Este sistema é composto por 4 corpos d'água lagunares (Mar Pequeno, Mar de Cananéia, Mar de Cubatão e Baía de Trapandé), e de duas desembocaduras principais, as Barras de Cananéia e de Icapara, sendo separado do oceano pela Ilha Comprida. O sistema faz parte da maior planície costeira de São Paulo (2.500 km²), cuja origem é relacionada à flutuações quaternárias do nível do mar (Suguio & Martin, 1978). Manguezais bem desenvolvidos estão presentes (200 km²) e feições sedimentares são encontrados nos domínios dos canais. A ocupação humana é maior na porção norte do sistema, área em que impactos ambientais já são observados.

A propagação da onda de maré é o principal processo que dirige a circulação hidrodinâmica no sistema e promove as misturas entre as águas oceânicas e estuarinas. Embora de importância secundária, o aporte de água doce e a ação de ventos também contribuem para este processo (Bonetti Filho *et al.*, 1996). As marés de sizígia apresentam uma amplitude média de 1,20m (Mesquita & Harari, 1983) e o sistema pode ser considerado como um estuário subordinado a um regime de micromarés, predominantemente, semi-diurnas. Miyao

et al. (1986) observaram, em condições de sizígia, para Baía de Trapandé e para a região entre o Valo Grande e Barra de Icapara, velocidades máximas de correntes junto ao fundo de 0,5m/s (enchente) e 0,6m/s (vazante) e de 0,6m/s (enchente) e 0,7m/s (vazante), respectivamente. A salinidade varia com o tempo, sendo associada ao aporte fluvial e ao ciclo de maré, variando de 0 a 34 (UPS). O Rio Ribeira de Iguape, que é o maior rio do litoral de São Paulo (bacia de 24.000 km²), é o maior contribuinte de material terrígeno para o sistema estuarino, principalmente em sua porção central e norte, onde localiza-se a Barra de Icapara. A porção sul do sistema, onde localiza-se a Barra de Cananéia, por sua vez, é associada a uma pequena bacia hidrográfica (1.340 km²), fornecendo um aporte limitado de água doce e sedimentos finos, exceto em eventos de alta pluviosidade.

A morfologia de fundo dos canais foi analisada, através de perfis batimétricos, em Tessler & Furtado (1983). Do Valo Grande até a Barra de Icapara, o Mar Pequeno apresenta configuração retilínea, com canal mais profundo de circulação menos evidente e mais raso (cerca de 5m). Na Barra de Icapara as profundidades atingem 8m (Tessler, 1982). A região da Barra de Cananéia apresenta morfologia de fundo bem distinta, com profundidades que atingem até 22m no contato do sistema com o oceano. A Baía de Trapandé, que apresenta largura de até 3 km, possui um canal mais profundo de circulação (> 10m) deslocado em direção da Ilha do Cardoso, ligando a desembocadura ao Mar de Cubatão. Baixas profundidades são observadas junto à Ilha de Cananéia (Tessler & Furtado, 1983). Outra feição de destaque na região é o canal artificial do Valo Grande, construído no século XIX, junto à cidade de Iguape e separando-a do continente, tem cerca de 2,5km de comprimento e liga o Rio Ribeira de Iguape diretamente ao Mar Pequeno. O canal que tinha originalmente 4m de largura e 2m de profundidade, apresenta hoje 250m de largura por 7m de profundidade, escoando cerca de 70% do fluxo desse curso fluvial no sistema (GEOBRÁS, 1966).

Em relação à composição textural dos sedimentos (Tessler, 1982; Barcellos & Furtado, 2003), os dados observados indicam que na maioria do sistema estuarino ocorre um domínio de sedimentos arenosos (80% das amostras), de acordo com a classificação de Shepard (1954).

Para todo o sistema, a distribuição de carbono orgânico e nitrogênio total é concordante com a distribuição de lama, com maiores teores estando associados, em geral, à áreas de baixa hidrodinâmica de correntes. Os teores de enxofre total apresentam uma distribuição mais aleatória, com altos valores localizados próximos de núcleos com baixos teores (Barcellos & Furtado, 2003).

De acordo com trabalhos sobre microorganismos indicadores ambientais efetuados, para a área de estudo (Eichler, *et al.*, 1995; Eichler Coelho *et al.*, 1996, 1997; Bonetti & Eichler, 1997), a variação espacial de salinidade é o fator mais determinante para a distribuição das associações destes organismos no sistema estuarino-lagunar.

3-METODOLOGIA

Foram coletadas no verão de 2002, através de um pegador de mandíbulas tipo Petersen modificado, 19

amostras de sedimentos superficiais, sendo 8 para o norte do sistema (Barra de Icapara/Iguape) e 11 no sul do sistema (Barra de Cananéia/Baía de Trapandé). Para a obtenção dos conteúdos de C, N e S, e razões C/N e C/S, foi utilizado um analisador automático LECO®CNS-2000. A granulometria dos sedimentos foi obtida através de um analisador de partículas a laser Malvern, modelo 2000. Os dados de salinidade de fundo foram medidos com um CTD, a localização das amostras determinadas através de um GPS e as profundidades através de uma ecossonda. Uma parcela da camada superficial do sedimento coletado foi utilizada para as análises microfaunísticas, sendo corado no momento da coleta. Foi retirada uma alíquota de 50 cc³ (Debenay, 1991) de cada amostra, sendo esta lavada, peneirada, tratada e triada para posterior identificação.

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição de sedimentos na região da Barra de Icapara apresenta uma considerável variabilidade textural, com predominância de termos arenosos. Estes sedimentos arenosos acompanham o canal principal de circulação, conforme anteriormente observado por Tessler (1982). Os sedimentos mais lamosos estão, por sua vez, associados a desembocaduras de cursos d'água (Valo Grande, rios e gamboas) e a locais de circulação mais restrita, como em baixios ou na retaguarda de ilhas sedimentares. Os teores de carbonato biodetrítico foram baixos, sendo inferiores a 10%. Excetua-se a estação 1A, localizada na Barra de Icapara, cujo conteúdo (23,40%) deve-se, provavelmente, à maior influência marinha na área. Os teores de matéria orgânica apresentam razoável correlação com as lamas ($r^2 = 0,68$), sendo observados, em geral, maiores teores nos sedimentos com granulometria mais fina. Os valores encontrados variaram de baixos a médios, refletindo a heterogeneidade textural e ambiental da área. Observou-se, ainda, um enriquecimento relativo de enxofre em amostras localizadas em ambientes sujeitos a uma menor dinâmica de correntes junto ao fundo. Segundo Barcellos & Furtado (2003), em áreas abrigadas parece ocorrer um crescimento exponencial do enxofre, em relação aos conteúdos carbono e nitrogênio, devido aos processos de decomposição anaeróbica da matéria orgânica. As razões C/N foram, em geral, indicativas de matéria orgânica de origem predominantemente continental (valores acima de 12, de acordo com Saito *et al.*, 1989), sendo o valor médio observado para este conjunto de amostras de 13,73. A influência marinha, no entanto, é observada para amostras localizadas no canal principal de circulação, a via principal de penetração da cunha salina pelo sistema nas preamars. As razões C/S, por sua vez, variaram dependendo do tipo de ambiente. Valores indicativos de condições tendendo a anóxicas foram observados em amostras localizadas em duas gamboas. Valores indicativos de condições oxidantes (acima de 10, segundo Borrego *et al.*, 1998) foram observados em amostras localizadas no canal principal de circulação, bem como em desembocaduras fluviais. Destaca-se o valor da amostra localizada na desembocadura do Valo Grande (23,06), que pode estar associado à oxidação dos

sedimentos pelo fluxo água doce do Rio Ribeira de Iguape. A média dos valores encontrados para este parâmetro foi de 11,55.

Na região da Barra de Cananéia e adjacências a distribuição de sedimentos apresenta relativa homogeneidade, com quase total predomínio de sedimentos arenosos, principalmente na região mais próxima da desembocadura do sistema. Sedimentos mais finos são observados no Mar de Cananéia e junto às Ilhas do Cardoso e de Cananéia, na Baía de Trapandé. Os conteúdos de carbonato biodetrítico foram baixos e apresentaram distribuição sem padrão definido. Os teores de matéria orgânica apresentaram boa correlação com as lamas ($r^2 = 0,83$). Baixos teores são observados em toda a área da desembocadura, bem como em parte da Baía de Trapandé e na feição sedimentar arenosa localizada em toda porção a SE da Ilha de Cananéia. Teores médios a altos são encontrados nas áreas onde ocorrem os sedimentos finos. De forma distinta do norte do sistema, as razões C/N foram indicativas de matéria orgânica de origem mista (valores entre 8 e 12, de acordo com Saito *et al.*, 1989), decorrente da maior influência marinha na região, representada pelo valor médio de 11,17. As razões C/S foram mais baixas nessa área, apresentando, no geral, valores próximos ou abaixo de 3,0 (média de 5,07), indicativos de condições ambientais anóxicas segundo Borrego *et al.* (1998). Este fato associa-se, possivelmente, à uma menor dinâmica de correntes junto ao fundo para a região da Barra de Cananéia, em relação à de Icapara, conforme observado por Miyao *et al.* (1986). Essa distinção no padrão hidrodinâmico de correntes é decorrente das diferenças em relação à topografia de fundo e morfologia entre cada área estudada. Na Barra de Cananéia ocorre um espalhamento das correntes geradas pela ação da maré devido à forma de “bacia” da Baía de Trapandé, atenuando o fluxo de correntes. Na região da Barra de Icapara, além da influência do caudal do Rio Ribeira de Iguape, o canal lagunar é longo e estreito, o que acarreta em um incremento das velocidades de corrente.

Em relação à distribuição de foraminíferos bentônicos e tecamebas, o norte do sistema apresenta características de ambiente confinado, decorrentes da forte influência do Rio Ribeira de Iguape na área. Os dados de salinidade de fundo obtidos durante as coletas (Barcellos & Furtado, 2003) indicam um forte gradiente horizontal deste parâmetro do Valo Grande (S: 0,27), passando pela estação 11 (S: 7,50), até a Barra de Icapara (S: 31,23), devido ao aporte de água doce trazido por este rio para o sistema e à ação das marés, criando condições locais de grande instabilidade ambiental. Observa-se, deste modo, a presença de espécie tipicamente marinha (*Pararotalia cananeiensis*) (Debenay *et al.*, 2001) restrita apenas à região da desembocadura de Icapara, uma baixa frequência de espécies de foraminíferos hialinos (observados somente nas estações 1A e 6 (*Cibroelphidium poyeanum*)) e um aumento gradativo de espécies aglutinantes (principalmente, *Miliammina earlandi* e *Miliammina fusca*) em direção ao Valo Grande. Não foi observada a presença de tecamebas na desembocadura do Valo Grande e nas amostras de canal, ocorrendo apenas em ambientes de circulação mais

restrita, como nas estações 11 e 14, localizadas junto a desembocadura de gamboas, representadas pelas espécies *Diffflugia oblonga* e *Diffflugia protaeiformes*. A estação 14 apresentou alto índice de dominância, sendo encontradas espécies associadas a ambientes confinados (baixa salinidade) (*Miliammina earlandi*) e ricos em matéria orgânica (*Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*), concordante as condições locais de circulação restrita associada a um aporte de material húmico trazido pela gamboa (rio) Candapuú.

A distribuição de microorganismos indicadores para o sul do sistema apresentou comportamento bem distinto em relação ao norte, indicado pela grande diversidade de espécies de foraminíferos, bem como pelo maior número de indivíduos: 515 X 90. A forte influência marinha que ocorre na Baía de Trapandé pode ser observada através da maior quantidade de espécies hialinas. A presença de espécies tipicamente marinhas tais como *Poroepionides lateralis*, *Bolivina doniezi*, *Pseudononion atlanticum*, em estações mais internas ao sistema (163), indicam que a influência marinha não se restringe somente a amostra localizada na desembocadura lagunar (158-A). Semelhante ao analisado por Eichler *et al.* (1995) e Debenay *et al.* (1998), ocorre um predomínio de espécies estuarinas aglutinantes em direção às porções mais internas do sistema (*Ammotium dilatatum*, *Pseudoclavulina curta*, *Ammoscalaria runiana*, *Warrenita palustris*), havendo uma dominância de espécies adaptadas a condições ambientais mais confinadas como *Gaudrina exilis*, em estações de coleta localizadas em baixios junto à Ilha do Cardoso (166 e 181) e com altos teores de matéria orgânica, especialmente de enxofre. Apesar destas duas amostras apresentarem características semelhantes, em relação aos parâmetros estudados, foram observados 300 indivíduos de *Ammonia tepida* na estação 166, enquanto que na estação 181 nenhum organismo desta espécie foi encontrado. A dominância de indivíduos de *Arenoparrella mexicana*, bem como a grande diversidade de espécies encontradas para a amostra 288, localizada no Rio Olaria, também pode estar associado à disponibilidade de matéria orgânica no local, conforme observado por Eichler *et al.*, (1995). Este rio corta o centro urbano de Cananéia e recebe parte dos efluentes domésticos, sem tratamento prévio, oriundos da cidade. A presença de tecamebas (*Diffflugia oblonga*) restringiu-se apenas à estação 188, localizada no canal de circulação principal da Baía de Trapandé, podendo evidenciar um processo de transporte junto ao fundo, a partir dos cursos fluviais locais, em direção à Barra de Cananéia.

5- CONCLUSÕES

As regiões das desembocaduras de Icapara e de Cananéia apresentam distinções marcantes em relação à morfologia de fundo e aportes de água doce, conseqüentemente, apresentam diferenciações na circulação hidrodinâmica e nas características dos parâmetros sedimentares observados (granulometria, teores de matéria orgânica e de carbonato biodetrítico). Isto reflete-se, também, nas características microfaunísticas observadas para ambas as áreas.

O norte do sistema apresenta características de ambiente sujeito a uma maior instabilidade devido a dois fatores principais: a influência do Rio Ribeira de Iguape e a morfologia do canal do Mar Pequeno. A influência fluvial pode ser observada através do valor médio da razão C/N: 13,73, da restrição da influência marinha à região da barra (indicada pela predominância de foraminíferos tipicamente marinhos somente para esta área) e pela brusca transição para espécies características de ambientes confinados em direção ao Valo Grande. A morfologia do canal lagunar parece ser determinante para o incremento das velocidades de correntes e que acarretam em valores de razão C/S (média: 11,55) indicativos de ambiente oxidante.

O sul do sistema apresenta características que indicam ocorrer uma maior influência marinha nos processos sedimentares, seja pelos organismos encontrados e seu gradativo aumento no grau de confinamento para porções mais internas ao sistema, ou pelos valores médios da razão C/N (11,17). A morfologia de fundo da desembocadura e Baía de Trapandé tem influência direta nestas condições, pois devido às maiores profundidades, permite uma maior troca entre o sistema estuarino e oceânico. A morfologia da área também acarreta em uma relativa atenuação no fluxo de correntes, levando a condições ambientais tendendo a anóxicas junto ao fundo, refletidas pelo valor médio da razão C/S (5,07).

6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barcellos, R.L. & Furtado, V.V. 2003. Sedimentary organic matter in Cananéia-Iguape lagoonal estuarine system, São Paulo state, southeastern Brazil. *In: Anais do 3º Congresso Latino-Americano de Sedimentologia, abstracts, sessão 6, p 78-80, Museu Goeldi (UFPA), Belém (PA).*
- Bonetti, C. & Eichler, B.B. 1997. Benthic foraminifera and thecamoebians as indicators of a river/sea gradients in the estuarine zone of Itapitanguí River - Cananéia, Brazil. *An. Acad. Bras. de Ciên.*, 69 (4):545-563.
- Bonetti Filho, J. & Furtado V. V. 1996. Modelo digital de terreno aplicado ao estudo de feições costeiras submersas no litoral sul do Estado de São Paulo. *Geociências*, São Paulo, 15(2): 367-380.
- Borrego, J.; M. Lopez; J. G. Pendon & J. A. Morales J. 1998. C/S Ratios in Estuarine Sediments of the Odiel River-mouth, SW Spain. *Journal of Coastal Research*, 14 (4), 1276-1283, Royal Palm Beach (Florida), EUA.
- Debenay, J.P. 1991. Benthic foraminifera used as indicators of a gradient of marine influence in paralic environments of western Africa. *Journ. Of African Earth Sciences*, 12 (1/2): 335-340.
- Debenay, J.P.; Eichler, B.B.; Duleba, W.; Bonetti, C. & Eichler-Coelho, P. 1998. Water stratification in coastal lagoons: its influence on foraminiferal assemblages in two Brazilian lagoons. *Marine micropaleontology*, 35: 67-89.
- Debenay, J.P.; Duleba, W.; Bonetti, C.; Souza, S.H.M & Eichler, B.B. 2001. *Pararotalia Cananeiensis n. sp.*: indicator of marine influence and water circulation in Brazilian coastal and paralic environments. *Journ. of Foramn. Research*, v.31, n°2, p.152-163.
- Eichler, B.B., Debenay, J.P., Bonetti, C. & Duleba, W. 1995. Répartition des foraminifères benthiques dans la zone sud-ouest du système estuarien-lagunaire d'Iguape e Cananéia (Brésil). *Bolm. Inst. Oceanogr.*, São paulo, 43(1):1-17.
- Eichler-Coelho, P.B., Duleba, W., Eichler, B.B. & Coelho-Junior, C. 1996. Influência do rompimento da Barragem do Valo Grande (Iguape, SP) nas associações de foraminíferos e tecamebas. *Pesquisas*, 23 (1/2): 35-40.
- Eichler-Coelho, P.B., Duleba, W., Eichler, B.B. & Coelho-Junior, C. 1997. Determinação do impacto ecológico do Valo Grande (Iguape, SP) a partir das associações de foraminíferos e tecamebas. *Revista Bras. Biol.*, 57 (3): 463-477.
- Folk, R. L. & W. C. Ward. 1957. Brazos River Bar: Study of the Significance of Grain Size Parameters. *Journ. of Sedim. Petrol.*, 27: 3-27.
- GEOBRÁS. 1966. Complexo Valo Grande- Mar Pequeno - Rio Ribeira de Iguape. Relatório para o serviço do Vale do Ribeira-DAEE (SP), 2vols.
- Hilton, M.J. 1995. Sediment facies of na embayed coastal sand body, Paikiri, New Zealand, *Journal of Coastal Research*, 11:529-547.
- Mesquita, A.R. & Harari, J. 1983. Tides and tide gauge of Cananéia and Ubatuba - Brazil (lat 24) IOUSP, Internal Report, 11, 1-4.
- Miyao, S.Y., Nishihara L. & Sarti C. 1986. Características físicas e químicas do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, S. Paulo. 34 (único): 23-36.
- Saito, Y.; Nishimura, A & Matsumoto E.. 1989. Transgressive and Sheet Covering the Shelf and Upper Slope off Sendai, Northeastern Japan. *Marine Geology*, 89(3/4), p. 245-258.
- Shepard, F. P. 1954. Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24 (3): 151-158.
- Suguio, K. & Martin, L.. 1978. Formações Quaternárias Marinhas do Litoral Paulista e Sul Fluminense. *In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, IGUSP/SBG, Sp. Publ. N° 1, São Paulo.*
- Tessler, M.G. 1982. Sedimentação Atual na Região Lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. 2 vols., 170p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências da USP.
- Tessler, M.G. & Furtado, V. V. 1983. Dinâmica de Sedimentação das Feições de Assoreamento da Região Lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Oceanográfico da USP*, 32 (2): 117-124, São Paulo, Brasil.

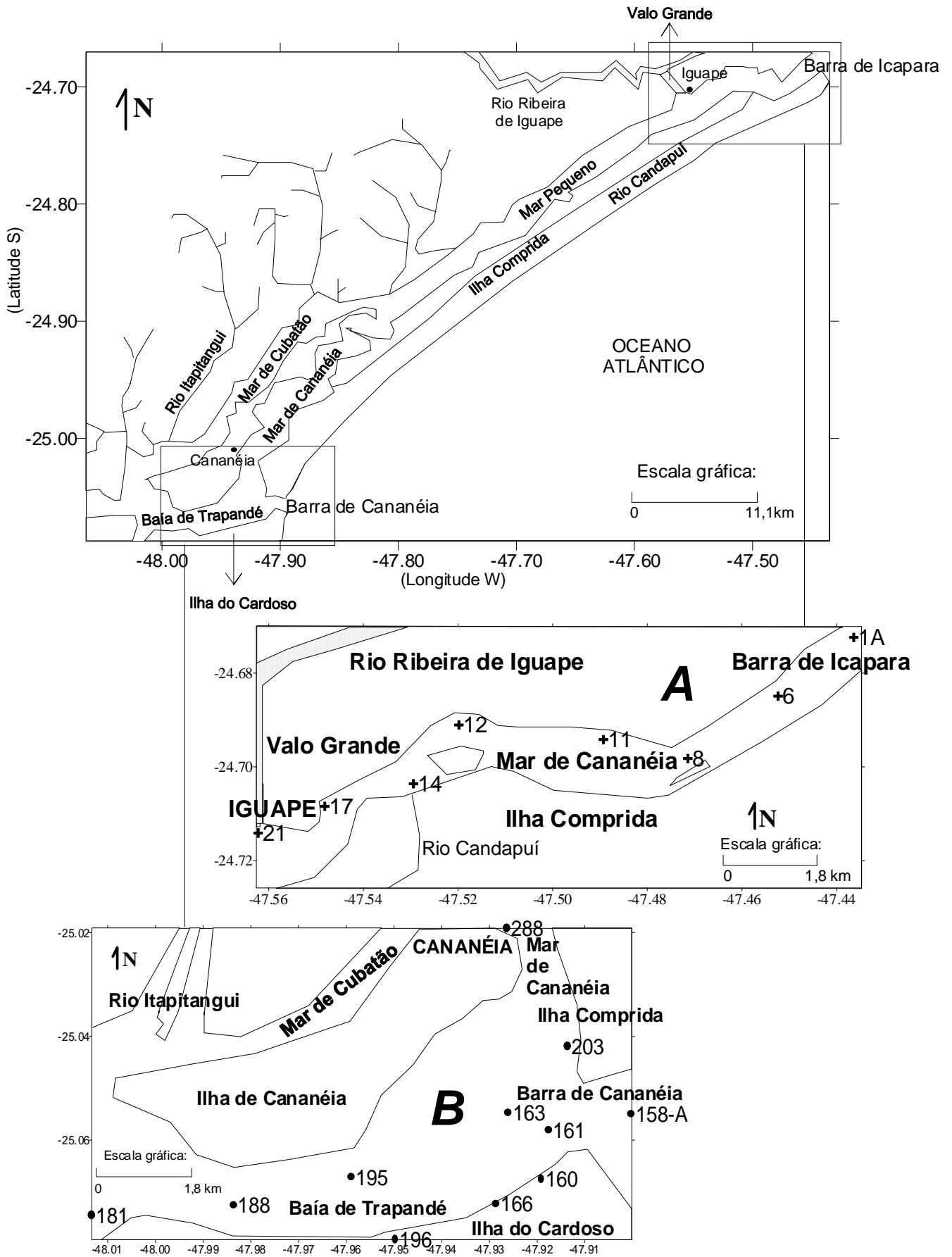


Figura 1 - Localização da área de estudo e estações de coleta na região da Barra de Icapara (A) e da Barra de Cananéia (B)