

# MEDIÇÕES DE CORRENTES E CURVA VAZÃO-MARÉ NA BAÍA DE PARANAGUÁ, PR

## *CURRENT OBSERVATIONS AND FLOW-TIDE CURVES AT PARANAGUÁ BAY, PR*

Eduardo Marone<sup>1</sup>  
Mauricio Noernberg<sup>1</sup>  
Luiz Fernando Lautert<sup>1</sup>  
Irani dos Santos<sup>2</sup>  
Heinz Dieter Fill<sup>3</sup>  
Homero Buba<sup>4</sup>  
Amauri Marenda<sup>4</sup>

### RESUMO

O presente trabalho traz informações sobre coleta de dados de correntes realizadas na Baía de Paranaguá, PR, Brasil, utilizando correntômetros eletromagnéticos (S4) e de efeito Doppler (ADCP e ADP), assim como do estudo dos sedimentos em suspensão observados na coluna d'água. A comparação dos resultados das correntes observadas, por todos os instrumentos, mostrou que estes são muito equivalentes neste tipo de observação. Por outro lado, a vazão líquida obtida com base nos dados dos correntômetros acústicos resultaram completamente compatíveis com o prisma de maré (vazão de maré). Os dados de vazão assim obtidos permitiram a elaboração do equivalente estuarino das curvas de vazão, das quais, conhecido o nível, é possível calcular a vazão numa dada seção. As análises de material particulado em suspensão foram utilizadas, também, para tentar correlacionar o MPS com a intensidade do eco do ADCP, observando-se que é possível utilizar esta intensidade para estimativas do MPS. Desde o ponto de vista dinâmico, a principal característica observada na circulação da Baía de Paranaguá refere-se à heterogeneidade lateral das seções, onde apareceram claramente sistemas de circulação residual, em que as áreas da seção são usadas principalmente pelas correntes de enchente, sendo outras para as correntes de vazante. Esta circulação preferencial pode explicar as diferentes condições laterais nos canais, onde na área de preponderância das correntes de enchente observam-se condições biológicas e sedimentológicas com características mais "marinhas", sendo que nas áreas de vazante, ocorre o contrário, com fauna e sedimentos menos marinhos e mais continentais ou interiores.

*Palavras-chave:* correntometria; Baía de Paranaguá; sedimentos; ADCP; S4.

1 Centro de Estudos do Mar da UFPR (CEM).

2 Departamento de Geografia da UFPR.

3 Centro de Tecnologia Hidráulica Parigot de Souza (CHPAR).

4 Companhia Elétrica do Paraná (COPEL).

## EXTENDED ABSTRACT

The present work brings information on data surveys of estuarine currents accomplished in the Bay of Paranaguá, PR, Brazil, using electromagnetic current meters (S\$) and of the Doppler effect (ADCP and ADP), as well as the study of the suspended sediments observed in the water column. The comparison of the results of the observed currents by all the instruments showed that these are very equivalent in this observation type. On the other hand, the water budgets, obtained with a data basis of the acoustic current meters, were compatible with the tidal prism (tide circulation). Water budget data like these allowed the elaboration of the estuarine equivalent equations for water budget and water level, where when it is known, it is possible to calculate the water budget in a given estuarine section. The analyses of suspended particulate matter (SPM) were used as well to try to correlate SPM with the intensity of the echo of ADCP, being observed that it is possible to use this intensity for estimates of SPM. From the dynamic point of view, the main characteristic observed in the circulation of the Bay of Paranaguá refers to the lateral heterogeneity of the sections. They seemed to be related to residual circulation where areas of the section are used mainly by the flood currents, being another for the ebb currents. This preferential circulation can explain the different lateral conditions in the channels. In the area of preponderance of the flood currents, biological and sedimentological conditions are observed with more "marine" characteristics. On ebb areas, the opposite happens with fauna and sediments, as there are less marine and more continental or interior.

*Key words:* correntometria; Bay of Paranaguá; sediments; ADCP; S4.

## INTRODUÇÃO

Estuários constituem os únicos sistemas aquáticos onde ocorre a interação dinâmica entre águas doces, águas marinhas, o sistema terrestre e a atmosfera (Day *et al.* 1989). Do ponto de vista da Oceanografia Física, um estuário pode ser conceitualmente definido como (Pritchard 1952; Cameron & Pritchard 1963):

um corpo de água semi-fechado, com uma livre abertura para o oceano ou mar adjacente, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água dos rios proveniente da drenagem das águas continentais.

O termo "zona estuarina" foi utilizado a partir de finais da década de 70 para referir-se não somente ao estuário caracterizado pela definição acima, como também às áreas de transição (baías, lagoas, águas interiores, canais, áreas inundadas pela maré e áreas costeiras entre marés), afetadas direta ou indiretamente pelo estuário.

Kjerfve (1990), tomando como ponto de partida a gênese geológica desses ambientes costeiros e o fato de que os mesmos apresentam vários estágios de desenvolvimento em diferentes escalas de tempo, propôs uma definição sistemática para o sistema estuarino, como sendo: um ambiente costeiro, com conexão restrita ao oceano adjacente, a qual permanece aberta pelo menos intermitentemente. Esse sistema pode ser dividido em três regiões distintas:

a – Zona de maré do rio (ZR), a parte fluvial contendo apenas água doce, mas sujeita à influência da maré;

b – Zona de mistura (ZM), o estuário propriamente dito, que se caracteriza pela mistura de massas de água distintas (doce e do mar) e conseqüentemente por uma acentuada variação espacial e temporal das propriedades. Esta zona estende-se entre a ZR e a entrada do estuário (desembocadura); em alguns casos esta última pode ser limitada fisicamente por uma barra de areia de maré enchente ou um delta de maré vazante;

c – Zona costeira (ZC), a região costeira do mar adjacente, que se caracteriza por uma maior turbidez se comparada ao ambiente adjacente; horizontalmente essa zona se estende até a chamada zona frontal.

Os limites entre as zonas que compõem os diferentes segmentos de um estuário são dinâmicos e as suas posições geográficas variam continuamente desde escalas menores do que um ciclo de maré, até escalas de tempo geológica. Além disso, é possível que num dado sistema estuarino essas zonas não estejam todas simultaneamente presentes. Assim, por exemplo, lagoas costeiras em regiões áridas ou semi-áridas onde a amplitude de maré é pequena, podem não exibir a ZR. Um caso extremo pode ocorrer durante a enchente de rios com vale estreito; a ZM pode não existir temporariamente e todo o processo de mistura ocorre na ZC. Por outro lado, as ZR e ZC poderão ser praticamente inexistentes em sistemas estuarinos localizados em regiões com pequena amplitude de maré e pequena descarga de água doce e de sedimentos em suspensão.

O complexo estuarino da Baía de Paranaguá (48° 25' W, 25° 30' S) pode ser classificado como um estuário parcialmente misturado do tipo b, isto é, apresentando in-homogeneidades laterais. Verticalmente, a estrutura da coluna d'água é essencialmente homogênea, com exceção de certos momentos, principalmente no início da maré enchente, quando duas camadas de densidades diferentes aparecem bem marcadas. De acordo com Knoppers *et al.* (1987), Marone *et al.* (1995), entre outros, o sistema estuarino da Baía de Paranaguá exibe um padrão de estratificação salina somente em situações de fortes marés vazantes, que ocorrem principalmente durante a ocorrência de chuvas intensas. Nos demais períodos observa-se uma variação espacial no padrão de estratificação, com águas bem misturadas no setor externo e uma progressiva estratificação em direção ao interior da baía. Estas informações demonstram que a hidrodinâmica da baía é fortemente influenciada pelos fatores climáticos (regime de chuvas e ventos).

Variações do nível do mar de até 80 cm acima dos valores de maré astronômica têm sido observadas na região, devido aos efeitos de marés meteorológicas causadas pelas passagens de frentes frias (Marone & Camargo 1994). O intercâmbio de propriedades entre o sistema interno e o mar aberto é governado principalmente pelo regime de marés, sendo substancialmente diferente nas marés de sizígia e quadratura.

O complexo estuarino da Baía de Paranaguá (~600 km<sup>2</sup>) possui profundidade média de 5.4m, um volume total de água de 14 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> e um tempo de

residência de 3.49 dias. O range médio da maré é de ~2.0 m, com um prisma de maré de ~1.3 km<sup>3</sup> e intrusão da maré de ~12.6 km. As maiores velocidades de correntes atingem 0.8-0.85 m s<sup>-1</sup> na enchente e 1-1.4 m s<sup>-1</sup> na vazante (FUNPAR 1997), e média.

## OBJETIVOS

O experimento aqui descrito teve por objetivo a comparação dos valores de velocidade e direção das correntes durante um ciclo de maré, aproximadamente, obtidos por dois equipamentos com princípios de funcionamento diferentes: um correntômetro eletromagnético e um ADCP (Acoustic Doppler Current Profile). Numa seção aparte, resultados de uma comparação simples entre dois instrumentos Doppler também é apresentada como informação complementar.

## METODOLOGIA

Na execução deste trabalho foram utilizados equipamentos de medição com princípios de funcionamento diferenciados. Essas diferenças originam técnicas de amostragem e de processamento dos resultados também distintas.

Foram utilizados um correntômetro S4 InterOcean e um ADCP de 1200 kHz, cujos princípios de operação são descritos a seguir como método eletromagnético e método acústico, respectivamente.

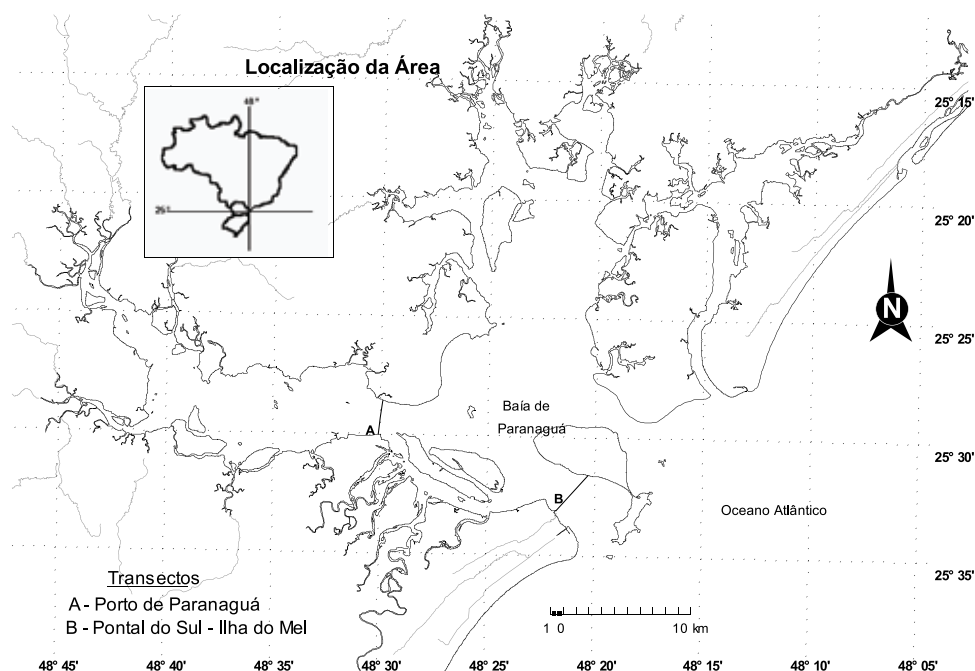


Figura 1 - Localização dos transectos na Baía de Paranaguá

### **Método Eletromagnético (S4)**

O S4 faz a perfilagem de verticais determinadas ao longo da seção de medição. Fisicamente é uma esfera de aproximadamente 25 cm de diâmetro, suspensa por um cabo operado manualmente na vertical da seção de medição onde se deseja o perfil de velocidades da água. Nestas verticais mede a velocidade e direção da corrente a partir da variação do campo eletromagnético gerado pelo próprio equipamento. Este equipamento mede ainda a temperatura, salinidade, turbidez, profundidade, velocidade do som e densidade da água. O S4 mede a intensidade e direção de correntes em qualquer ambiente aquático.

O fluxo de água passa através do campo eletromagnético criado pelo equipamento, produzindo assim, uma corrente elétrica (pela geração de um gradiente de potencial) a qual é proporcional à magnitude da velocidade da água que passa pelo campo. Esta corrente provoca uma variação no campo eletromagnético que é então medida por quatro eletrodos localizados simetricamente no equador do sensor. Os dados obtidos são armazenados em memória sólida, não volátil, dentro do instrumento.

O formato simples esférico do S4 é um fator que contribui na excelente rejeição das componentes verticais do movimento da água, o que significou um importante progresso na medição de correntes em zonas com ondas.

O instrumento possui uma bússola eletrônica interna usada para referenciar a direção da corrente ao norte magnético.

O instrumento é acompanhado de uma interface para comunicação com o computador que é utilizada, em conjunto com o programa fornecido pelo fabricante, para a configuração do instrumento, para a programação do início das medições, da taxa amostral (que pode variar a partir de um máximo de 2Hz – duas observações por segundo), etc., assim como para a leitura dos dados após a coleta. O programa do fabricante inclui algumas facilidades de pré-processamento, assim como de visualização numérica e gráfica dos dados obtidos. Com um cabo e um computador na embarcação, é também possível observar os dados sendo obtidos em tempo real. Os dados obtidos e lidos num computador podem ser salvos em formato texto e processados de maneira conveniente em planilhas eletrônicas e outros utilitários.

### **Método Acústico (ADCP/ADP)**

O método acústico fundamenta-se no efeito Doppler, principalmente na determinação das velocidades da corrente e área da seção de medição e, por consequência, cálculo da descarga líquida total. As medições pelo método acústico foram realizadas utilizando-se o aparelho ADCP (Acoustic Doppler Current Profile). O referido aparelho utiliza técnicas de sensoriamento remoto, através do efeito Doppler, para medição de vazão. A velocidade do escoamento é calculada a partir de sinais acústicos enviados pelo aparelho e refletidos pelas partículas sólidas naturalmente presentes na água. Em Gordon (1989), descreve-se o funcionamento básico do ADCP, que consiste em emitir pulsos acústicos ao longo de feixes estreitos em uma frequência conhecida. A diferença das frequências dos sons emitidos e refletidos é proporcional à velocidade relativa entre o barco e as partículas imersas na água.

Como apresentado em Gordon (1989), o som é refletido, essencialmente, pelo zooplâncton e por pequenas partículas de sedimento em suspensão. Na frequência de 1200 kHz (equipamento utilizado), a dimensão dominante das partículas refletoras em suspensão é cerca de 0,2 mm. Partículas desta dimensão tendem a se mover junto com a água, fornecendo uma estimativa da velocidade do fluxo. O equipamento básico é composto de: (a) transdutor, responsável pela emissão dos pulsos acústicos e pela detecção do som refletido pelas partículas sólidas; (b) processador, responsável pelos cálculos numéricos; (c) deck box, responsável pela interface entre o processador, um microcomputador e a alimentação. O microcomputador permite o acompanhamento da medição em tempo real, através de tabelas e gráficos que mostram todas as informações coletadas.

No processo de medição, a seção transversal é dividida em células de dimensões  $\Delta z$  (profundidade) e  $\Delta L$  (largura). A dimensão  $\Delta L$  é função da velocidade do barco. A medida efetuada pelo ADCP é uma média sobre cada elemento de área definido por  $\Delta z$  e  $\Delta L$ . Gordon (1989), discute as principais fontes de erros das medições de descarga líquida no uso do ADCP, destacando a utilização de funções de extrapolação, baseadas em estudos de mecânica dos fluidos, para representação da parcela de vazão junto à superfície, às margens e ao leito do canal, onde as velocidades não são medidas diretamente por restrições técnicas do processo.

## Trabalho de Campo

Foram realizadas 20 medições com o ADCP em uma seção transversal da Baía de Paranaguá, em frente ao Porto de Paranaguá (Figura 1, transecto A), durante um período de 9 horas (correspondentes a 2/3 de um ciclo completo de maré) no dia 18 de março de 1999. As medições foram mais freqüentes durante os momentos de maior intensidade das correntes, tanto de enchente quanto vazante.

Em 11 medições com ADCP foi realizada simultaneamente uma perfilagem com o S4 em uma vertical posicionada próximo ao centro da seção de medição. Esta perfilagem foi realizada com as duas embarcações paralelas amarradas a uma bóia de sinalização. Durante o período da perfilagem com o S4 foram anotadas as medidas correspondentes do ADCP, o que permitiu a comparação dos resultados.

Com as embarcações paralelas e sem movimento tentou-se evitar ao máximo variações referentes ao deslocamento. A perfilagem com o S4 foi feita descendo o equipamento até o fundo e subindo o mesmo lentamente em pequenos intervalos de tempo. Na comparação dos resultados só foram considerados os dados referentes ao momento da subida do equipamento.

Em alguns desses perfis também foram coletadas amostras de água na superfície e a 12 metros de profundidade para a obtenção de valores de material particulado em suspensão (MPS) pelo método gravimétrico. Na quantificação gravimétrica do MPS empregaram-se filtros de fibra de vidro (Whatman-GF/F), seguindo-se a metodologia descrita em Strickland & Parsons (1972).

## RESULTADOS

### Vazões

Na Figura 2 são apresentados os resultados das vazões calculadas ao longo da coleta, acompanhados da altura da maré prevista para o local. Utilizando-se a convenção normalmente usada para estuários, vazões positivas indicam fluxo na direção para jusante do estuário (maré vazante), e os valores negativos indicam fluxo para montante (maré enchente). Note-se que as observações foram realizadas nos períodos de máxima vazante e parte do período de máxima enchente. O aparente “degrau” na curva de maré corresponde a uma parada no aumento do nível do mar, e na vazão, devido a um fenômeno conhecido como maré alta dupla (Godin 1993).

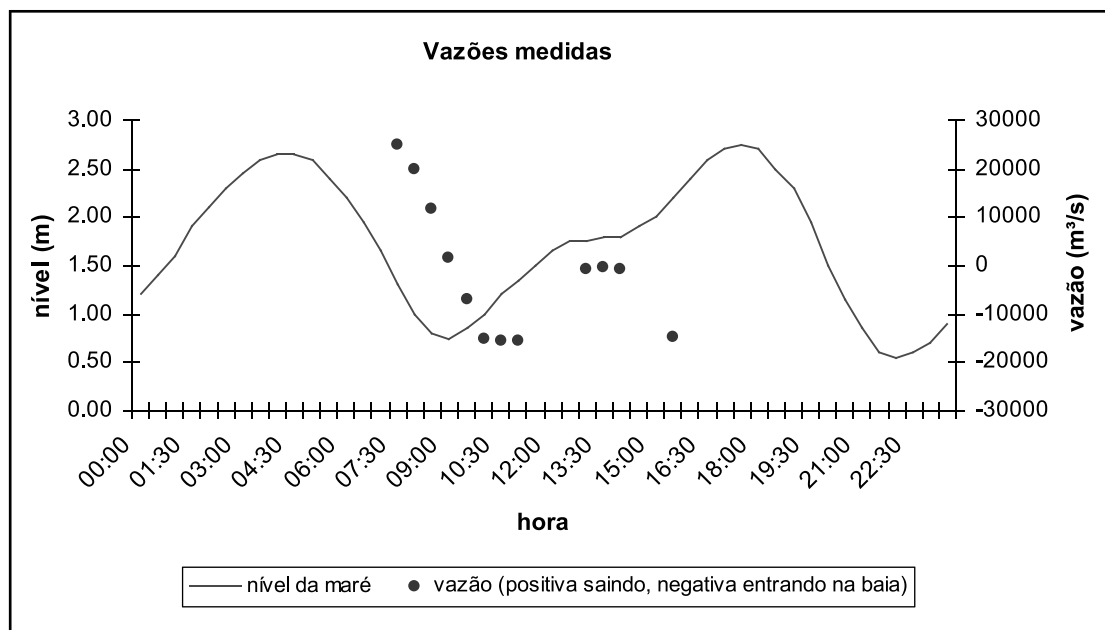


Figura 2 - Altura da maré com indicação das vazões medidas com ADCP

Na Figura 3 é apresentado o gráfico da variação da maré x vazão, equivalente ao gráfico cota x vazão usado nos rios, onde pode ser observada uma alta correlação entre a variação da altura do nível do mar e os valores de vazão. É importante salientar, por outro lado, que aqui foram incluídos os valores tanto de

enchente quanto de vazante para a elaboração deste gráfico, sendo possível observar que duas curvas poderiam ser mais apropriadas para a elaboração do equivalente à curva cota/vazão, uma somente com os dados durante o período de vazante, e outra para o período de enchente.

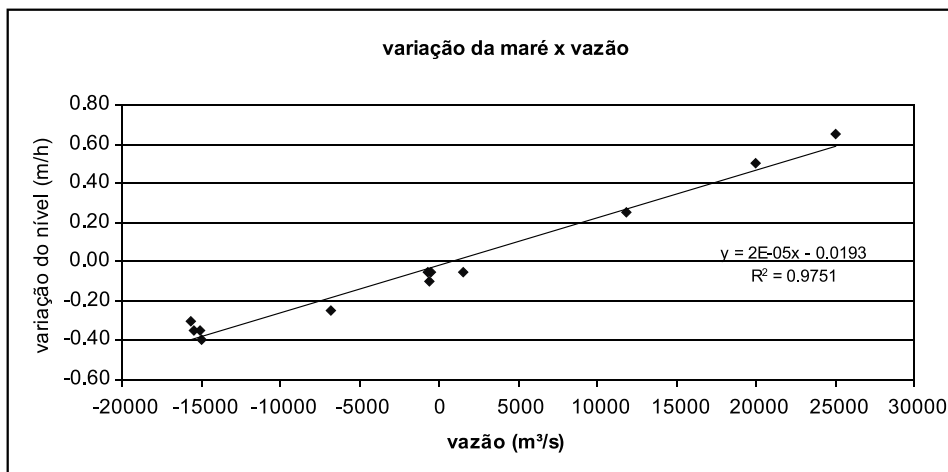


Figura 3 – Relação entre variação da maré e vazões medidas com ADCP

**Velocidade e Direção da Corrente**

A seguir são apresentados, por simplicidade, somente os gráficos correspondentes aos instantes onde foram observadas fortes correntes de vazante

(Figura 4), mas, como mencionado, 11 perfis foram comparados ao longo de toda a coleta.

Da mesma forma, os dados das direções das correntes mostraram um alto grau de concordância nos registros realizados pelos dois instrumentos.

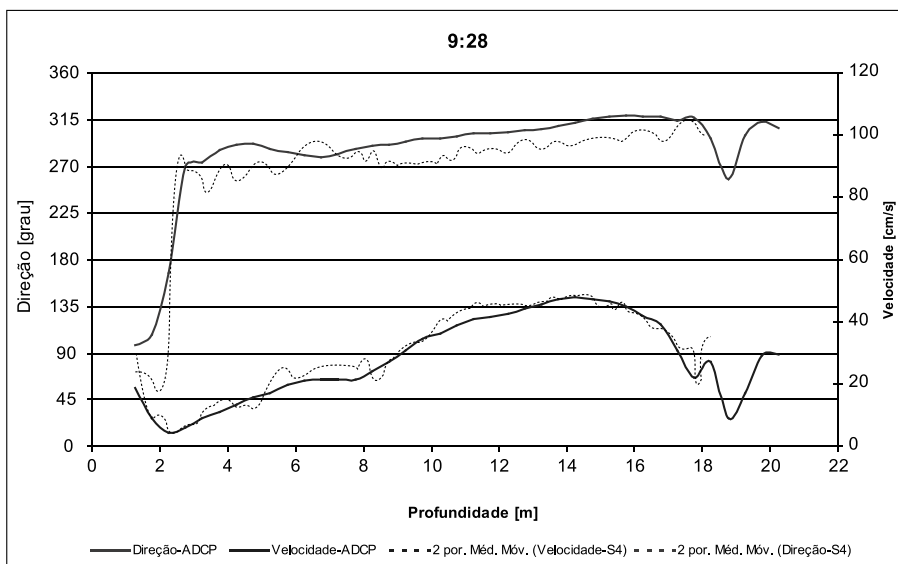


Figura 4 - Perfis de velocidade e direção da corrente em uma vertical (9:28 h)

### Material em suspensão e salinidade

Para exemplificar outra das possibilidades de um dos instrumentos, neste caso o S4, e do eco do ADCP, a seguir são mostrados os gráficos, correspondentes aos valores de salinidade, turbidez e intensidade do eco. Esta comparação é feita no sentido de mostrar a influência que a intensidade do eco do ADCP sofre na

presença de sedimentos em suspensão o que poderia ser também correlacionado com medidas de turbidez. Entretanto é conveniente salientar que a intensidade do eco depende também da natureza dos sedimentos em suspensão, o que implica na necessidade de calibragem da relação intensidade do eco x turbidez para cada local.

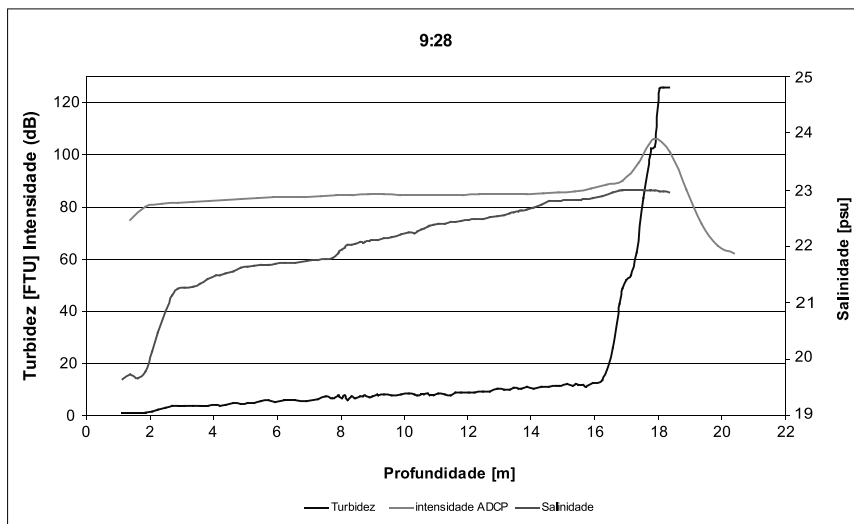


Figura 5 - Perfis de salinidade, turbidez e intensidade do eco em uma vertical (9:28 h)

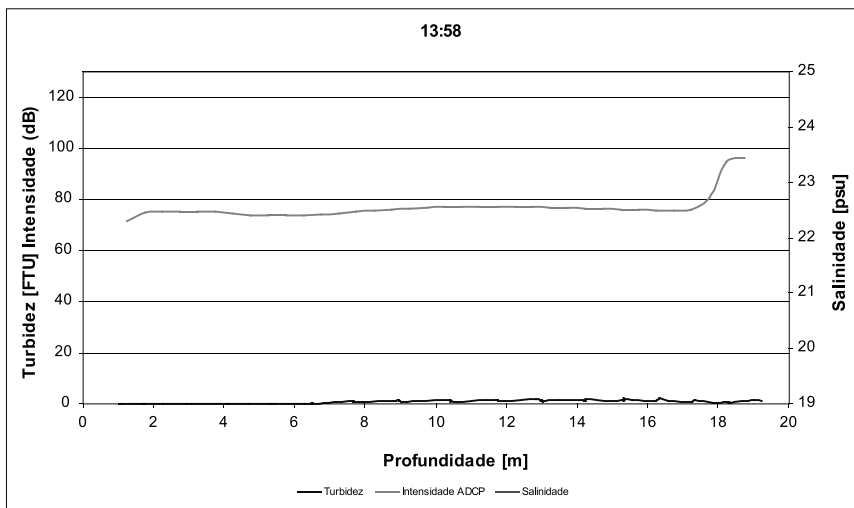


Figura 6 - Perfis de salinidade, turbidez e intensidade do eco em uma vertical (13:58 h)

## OUTRAS COMPARAÇÕES

Com a chegada de um novo equipamento ao CEM (ADP/SonTek), baseado no mesmo princípio Doppler do ADCP/RDI da COPEL, resultados da vazão em situação similar de maré de sizígia (vazante), são apresentados a seguir, assim como os gráficos de correntes (intensidade) observadas numa seção transversal ao Canal da Galheta entre Pontal do Sul e a Ilha do Mel. Na Figura 7 transecto B é mostrada a seção do canal amostrada com o ADCP/RDI (1200 MHz), sendo que na Figura 8 apresenta-se o resultado da coleta realizada com o ADP/SonTek (500 Mhz). Além das frequências de

operação, os dois instrumentos utilizados se diferenciam por trabalhar com o princípio de banda larga e banda estreita e por serem equipados com 4 e 3 transdutores, respectivamente.

Os instrumentos são providos de programas de processamento dos dados que, além de permitir a visualização dos dados medidos, realizam o cálculo da vazão que atravessa a seção amostrada. Nos dois casos, a velocidade nas células junto à superfície e ao fundo são obtidas por extrapolação dos dados próximos. Na proximidade das margens, onde a embarcação normalmente não consegue navegar, também é realizada uma extrapolação.

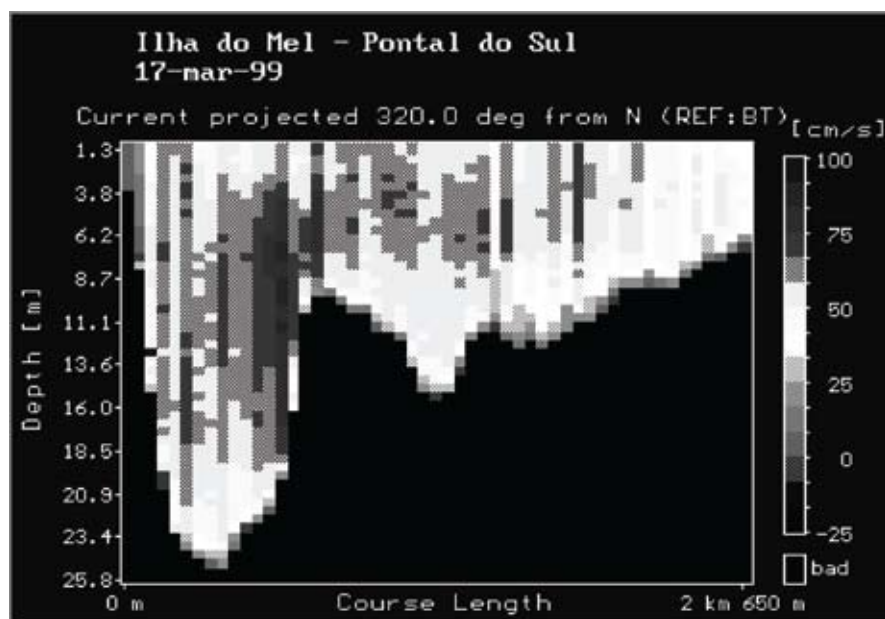


Figura 7 - Células de intensidade da corrente na seção Ilha do Mel - Pontal do Sul obtidas com o ADCP/RDI. A figura mostra parcialmente a seção medida, entre 0 e 2.650 m a partir da Ilha do Mel

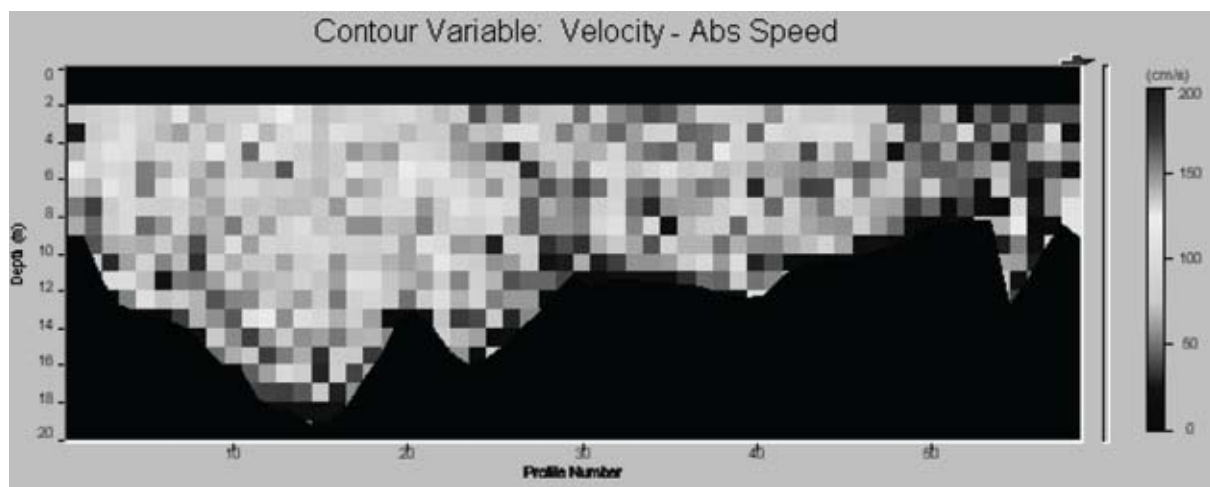


Figura 8 - Células de intensidade das correntes na seção Pontal do Sul - Ilha do Mel obtidas com o ADP/SonTek



Integrando no espaço o produto entre as velocidades e áreas, o programa determina os valores da vazão.

Os valores obtidos para os instrumentos foram:

ADCP/RDI:	19.450 m <sup>3</sup> /s
ADP/SonTek:	18.770 m <sup>3</sup> /s

A intercomparação entre instrumentos e a teoria de propagação de erros, que indica que se cada instrumento tem um erro provável  $\pm\sigma_i$ , a diferença entre as medidas dos dois será aceitável se o resultado se encontra dentro do intervalo  $+(\sigma_1 + \sigma_2)/2$  (O'Donnel *et al.*, 1999), o que acontece no presente caso.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que na área da superfície líquida a montante da seção de amostragem é de 137 km<sup>2</sup> na frente do Porto de Paranaguá, e que a variação média da maré para a região interna é de 2,4 m, pode-se calcular o prisma de maré como o produto entre a área da baía e a variação da maré (preamar-baixamar) que corresponde ao volume de água na área da baía na maré alta menos o volume de água na maré baixa. Neste caso, o volume de água transportado na seção entre uma baixa mar e a preamar seguinte é de aproximadamente 0.3288 km<sup>3</sup>, os quais atravessam a área da seção na metade de um ciclo de maré (6.2 h). Assim, o fluxo médio devido à maré é de aproximadamente 14800 m<sup>3</sup>/s. Como a variação do fluxo devido às marés acompanha as variações das correntes de maré, resulta um fluxo quase nulo nas estofas o que leva a esperar, um fluxo bem acima de 20000 m<sup>3</sup>/s nos instantes de máxima corrente de maré, o que está totalmente de acordo com os valores obtidos durante a coleta com ADCP, como pode ser observado na Figura 4. Aos valores do fluxo devido às marés, deve ser adicionado durante a vazante e diminuído nas enchentes, o aporte de água doce dos rios a montante da seção, superior a 200 m<sup>3</sup>/s (Marone *et al* 2000). Mas, apesar de que seria de esperar uma diferença entre os valores do fluxo de enchente e vazante, deve ser notado que a amostragem não conseguiu uma boa imagem da situação completa de vazante/enchente, devido ao ciclo amostrado (~9 h, Figura 2), o que não permite o cálculo do fluxo líquido total ao longo de um ciclo completo de maré (12,4 h). De toda forma, a metodologia, com os devidos ajustes, mostrou-se de grande potencial, desde que o ciclo amostrado seja completo (12,4 e não apenas 9 h).

Por outro lado, e já na seção entre Pontal do Sul e a Ilha do Mel, o resultado das vazões obtidas por dois instrumentos diferentes, mas baseados no mesmo princípio (efeito Doppler), permite realizar o cálculo

inverso. O complexo estuarino da Baía de Paranaguá possui três conexões com o mar aberto: Canal da Galheta, Canal Norte e barra do Superagüí, além da ligação com a barra do Arapira via canal do Varadouro. Assim, o conhecimento da vazão média em cada um destes canais permitiria o cálculo reverso, informando quanto do prisma de maré é escoado por cada um desses canais.

No caso das comparações entre os dois instrumentos de efeito Doppler, como estas coletas não acompanharam nem total nem parcialmente um ciclo de maré, já que foi realizado um único transecto, somente serve para ilustrar que os equipamentos fornecem resultados dentro da ordem de grandeza esperada.

## CONCLUSÕES

Como foi mostrado, os resultados das observações de correntes com ADCP e S4 foram comparáveis, sendo quantitativamente equivalentes. Por outro lado, a opção de cálculo da vazão fornecida pelos instrumentos baseados em efeito Doppler oferece grandes possibilidades no estudo da circulação estuarina, sendo comparáveis em ordem de grandeza para os dois instrumentos aqui testados, o que indica a adequação de qualquer um deles para uso em estudos estuarinos. Os resultados das vazões obtidas na seção frontal ao Porto de Paranaguá foram totalmente compatíveis com os valores da circulação devida ao prisma de maré.

Por outro lado, o uso de instrumentos de perfilagem Doppler não elimina o emprego de sistemas de perfilagem como os do S4 que, ao incluir outros sensores (salinidade, temperatura, turbidez, etc.) conseguem acessar parâmetros da coluna de água que, com exceção da turbidez, onde, após uma calibragem local, o eco dos instrumentos Doppler poderia ser usado para estimar esta variável, não poderiam ser medidos de outra forma.

Desde o ponto de vista dinâmico, a principal característica observada na circulação da Baía de Paranaguá refere-se à heterogeneidade lateral das seções, onde apareceram claramente sistemas de circulação residual onde áreas da seção são usadas principalmente pelas correntes de enchente, sendo outras para as correntes de vazante. Esta circulação preferencial pode explicar as diferentes condições laterais nos canais, onde na área de preponderância das correntes de enchente observam-se condições biológicas e sedimentológicas com características mais "marinhas", sendo que nas áreas de vazante, ocorre o contrário, com fauna e sedimentos menos marinhos e mais continentais ou interiores.

## REFERÊNCIAS

- CAMERON, W.M. & PRITCHARD, D.W. 1963. Estuaries. In: *The Sea* (ed. M.N. Hill), V. 2, John Wiley & Sons, New York, 306-324.
- DAY, Jr. J.W. & C.A.S. HALL & W.M. KEMP & A. YÁNEZ-ARANCIBIA. 1989. *Estuarine Ecology*. John Wiley & Sons. 558p.
- FUNPAR – Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Federal do Paraná (1997). *Estudo de impacto ambiental (EIA) de uma usina termelétrica na Baía de Paranaguá e do Porto de desembarque, subestação e linha de transmissão associados*. Technical Reports - COPEL (Companhia Paranaense de Eletricidade). 4 v.
- GODIN, G. 1993. An investigation of the phenomenon of double high water or double low water at some harbours. *Dt. Hydrogr. Z.*, 45: 87-106.
- GORDON, R. L. 1989 Acoustic measurement of river discharge. In: *Journal of Hydraulic Engineering*. 115(7): 925-936.
- KJERFVE, B. 1990. *Manual for Investigation of Hydrological Processes in Mangrove Ecosystems*. UNESCO/UNDP. 79p.
- KNOPPERS, B. A. & BRANDINI, F. P. & THAMM, C. A. 1987. Ecological Studies in the Bay of Paranaguá. Some Chemical and Physical Characteristics. *Nerítica*, 2(1): 1-36
- MARONE, E. & MACHADO, E. C. & LOPES, R. M.; SILVA, E. T. 2000. Paranaguá Bay Estuarine Complex, Parana State. *Loicz Reports And Studies*, Texel, 15(2): 26-32.
- MARONE E. & CAMARGO R. 1994. Efeitos de maré meteorológica na Baía de Paranaguá, PR. *Nerítica*. 8(1-2): 73-85.
- MARONE E. & GUIMARÃES, M.R. & Prata JR., V.P. & KLINGENFUSS, M.S. & CAMARGO R. 1995. *Caracterização Física das Condições Oceanográficas, Meteorológicas e Costeiras das Zonas Estuarinas da Baía de Paranaguá*, PR. VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Mar del Plata, Argentina.
- O'DONNELL, J. & ALLEN, A.A. & OATES, C. & REES, G. 1999. A comparison of electromagnetic and acoustic current meters in a shallow estuary. *I.E.E.E.* v.3.
- PRITCHARD, D.W. 1952. Estuarine Hydrography. *Advan. Geophy.* 1: 243-280.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. 1972. A Pratical Handbook of Seawater Analysis. *Fish. Res. Board. Can. Bull.* 167-310.