

5.1 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA ESTUARINO-LAGUNAR DE CANANÉIA

- Estação Base: Antes do Rompimento da Barragem do Valo Grande

Os resultados experimentais e teóricos da Estação Base, antes do rompimento da barragem do Valo Grande, mostraram que a região era dominada pelo efeito difusivo da maré em detrimento de um efeito secundário da advecção gerada pela descarga de água doce, influenciada apenas pela descarga gerada pela bacia de drenagem local.

A distribuição experimental de S mostra que, antes do rompimento do Valo Grande, havia pouca estratificação vertical dessa propriedade nas imediações da Estação Base e valores médios bastante elevados, indicando influência marinha na região. A condição de quadratura apresentou valores médios de S inferiores aos de sizígia. O fato de, mesmo em condição de enfraquecimento do efeito da maré na quadratura, a salinidade média continuar alta é um indício de que a descarga de água doce era bastante reduzida para este período, confirmado pela estimativa de Bérghamo (2000).

Os perfis médios de u indicam fraco cisalhamento vertical em todos os experimentos. Quando comparadas as diferenças entre as velocidades máximas e mínimas de cada experimento, esse período antes do rompimento do Valo Grande foi o que apresentou as menores diferenças para as análises feitas em Cananéia. Portanto, a pequena descarga de água doce e a simetria entre as velocidades de enchente e vazante que, ao longo de um ciclo de maré geram velocidades médias próximo a zero, são as prováveis responsáveis pela baixa intensidade da velocidade média. O período que apresentou as maiores velocidades médias ocorreu em quadratura e no verão (Figura 4.1.b), o que representou uma redução no efeito difusivo da maré e um aumento na advecção, através da descarga de água doce no sistema. Esse equilíbrio entre as forçantes funcionou como mecanismo mais eficiente na circulação e mistura das águas da região, uma vez que favoreceu condições de circulação gravitacional, com a saída de água do sistema nas camadas superiores e a entrada de água marinha pelas porções inferiores da coluna de água.

De acordo com a classificação de Pritchard (1989), todos os experimentos realizados antes da ruptura da barragem do Valo Grande foram classificados como verticalmente homogêneos, no tocante ao gradiente vertical de salinidade. Portanto, não se fez nenhuma estimativa do componente w de velocidade, já que o mesmo é considerado desprezível nessas condições em que o efeito difusivo da maré é mais importante do que a advecção gerada pela descarga de água doce.

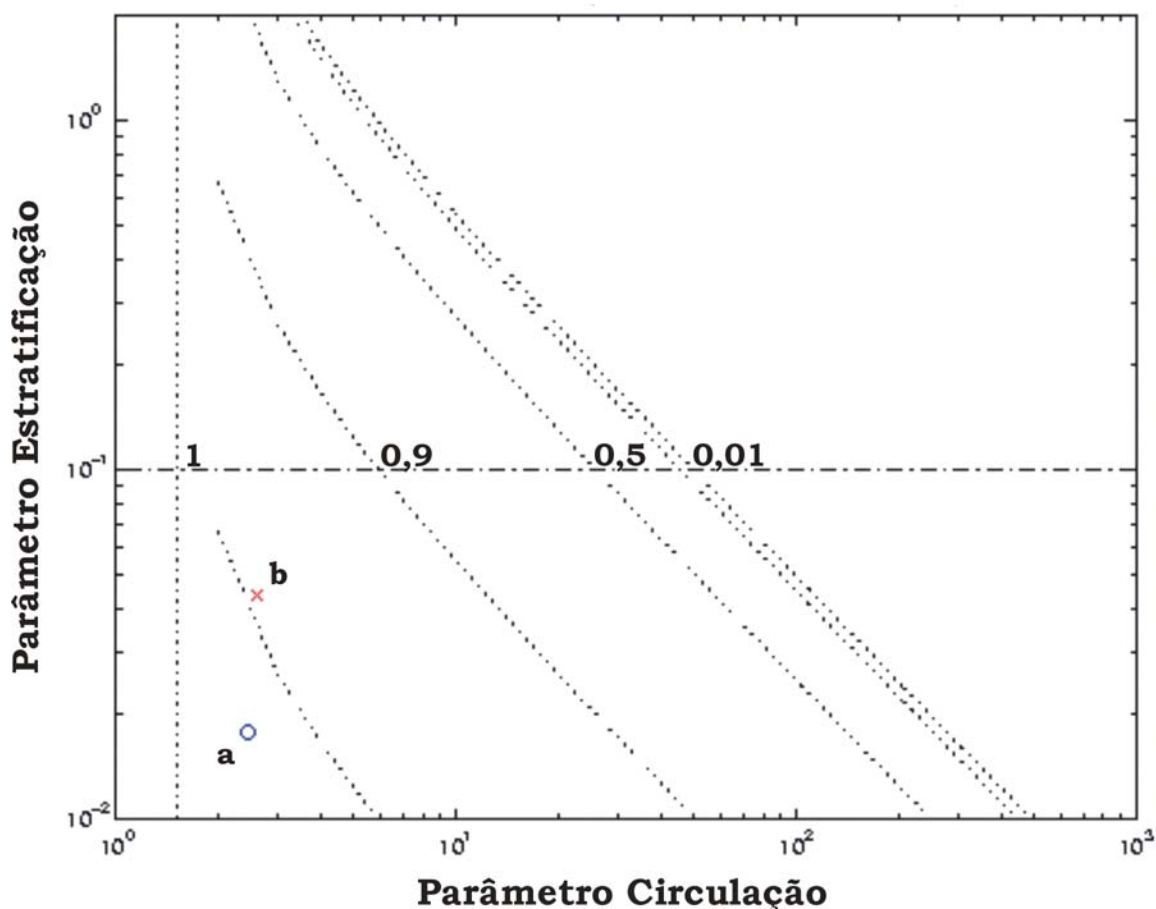


Figura 5.1 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados na estação Base antes do rompimento do Valo Grande, sob condições de quadratura \times e sizígia \circ . A letra *a* corresponde ao experimento de dezembro de 1991 e a letra *b*, ao experimento de fevereiro de 1994. As linhas pontilhadas são isolinhas de ν .

A aplicação dos métodos tradicionais de classificação de estuários sugere que a região do sul do Mar de Cananéia esteve sujeita a condições bem misturadas, sem uma evidente modulação em função da fase lunar, durante o período em que a barragem do Valo

Grande esteve impedindo a entrada de água fluvial da bacia do Rio Ribeira de Iguape. De acordo com a classificação adotada por Officer (1977), em conjunto com a de Pritchard (1989), essa região foi do tipo bem misturada. Para os experimentos de sizígia em dezembro de 1991 e quadratura em fevereiro de 1994, o diagrama estratificação-circulação de Hansen & Rattray (1966), classifica-os como Tipo 2a, ou parcialmente misturado, mas com $v \rightarrow 1$, o que indica a predominância do efeito difusivo da maré no transporte de sal estuário acima (Figura 5.1). O parâmetro estratificação, calculado com os dados de agosto de 1993, não foi consistente com a formulação teórica do modelo de Hansen & Rattray (1965) e acabou impedindo a classificação desse experimento no diagrama.

Os coeficientes cinemáticos teóricos de viscosidade e de difusão turbulentos representaram as condições experimentais bastante similares entre si com uma pequena variação numérica, cujas diferenças devem estar relacionadas principalmente ao tempo que os processos de mistura levaram para ocorrer. Quando comparados os coeficientes teóricos de viscosidade turbulenta do experimento de dezembro de 1991 com o calculado experimentalmente por Mesquita *et al.* (1992) para o mesmo período, observa-se uma boa concordância entre eles, o que indica que os modelos teóricos utilizados foram aplicados de maneira correta e que os mesmos corresponderam às condições experimentais.

- Estação Base: Após o Rompimento da Barragem do Valo Grande

De maneira geral, esse conjunto de experimentos sugere que houve diferenças hidrodinâmicas significativas na estação Base após o rompimento da barragem do Valo Grande. O que antes era uma estratificação com tendência a verticalmente misturada passou a alternar-se entre essa última e a parcialmente misturada, graças ao aumento da descarga de água doce no complexo estuarino-lagunar de Cananéia.

A velocidade experimental u também apresentou diferenças na estrutura vertical. Movimentos praticamente unidirecionais, dirigidos à barra, tornaram-se bidirecionais mesmo sob condições de sizígia.

Deve-se ressaltar também que o efeito de modulação da maré sobre os perfis de u e S foi observado principalmente nas épocas de maior descarga fluvial: fevereiro e outubro-

novembro de 1998. Por outro lado, nos experimentos realizados antes do rompimento do Valo Grande e durante as épocas de baixa descarga fluvial do ano de 1998 não foram observadas diferenças significativas entre as condições de quadratura e sizígia. A maior descarga de água doce nos meses de fevereiro e novembro gerou um componente baroclínico mais intenso em quadratura, o que favoreceu o aumento tanto da estratificação vertical de S , como do cisalhamento vertical de u , sob a forma de circulação gravitacional bem estruturada principalmente nas condições de quadratura.

O efeito da maré foi preponderante na circulação da estação Base, sob condições de baixa descarga fluvial, independentemente da fase lunar. Porém, após o rompimento do Valo Grande, nos meses de grande precipitação pluviométrica, esse efeito tornou-se equivalente ao da maré em épocas de quadratura. Assim, foram observadas as maiores estratificações verticais de S e as velocidades médias mais intensas.

Dentre os perfis teóricos de w calculados para a estação Base, encontra-se o único caso, de todos os experimentos realizados, em que as condições experimentais não se adequaram à formulação teórica (Figura 4.7.c). Os demais resultados foram, apesar da tendência de movimentos descendentes em alguns experimentos, justificados em função das características hidrodinâmicas amostradas.

Após o rompimento da barragem do Valo Grande, houve uma intensificação das condições hidrodinâmicas na região, expresso pelo aumento dos coeficientes de mistura. Antes do rompimento os coeficientes eram mais baixos em função da região ser controlada basicamente pela maré, o que limitava a mistura com águas de origem continental e, conseqüentemente, mesmo com baixos coeficientes os processos de mistura eram eficientes. À medida que o efeito advectivo da descarga de água doce fez-se presente, estabeleceram-se gradientes de u e S mais evidentes, com o surgimento de circulação gravitacional e de haloclina, respectivamente, ou seja, condições de um estuário parcialmente misturado. Como tais variações ocorrem de maneira gradual, a tendência é que as camadas de água se misturem umas às outras, o que significa um aumento dos processos de mistura e dos coeficientes associados.

Se comparados os experimentos de acordo com a fase lunar, observa-se que para o coeficientes de viscosidade turbulenta e de difusão turbulenta estimados pelo modelo de Miranda (1998), os valores são mais altos em sizígia ($Az \sim 25,1 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e $Kz \sim 256,7 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) do

que em quadratura ($Az \sim 8,9 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e $Kz \sim 4,2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$), o que sugere que a maré seja uma forçante importante na hidrodinâmica da região, pois o efeito difusivo associado a ela é capaz de promover processos de mistura com diferentes magnitudes de acordo com a fase lunar.

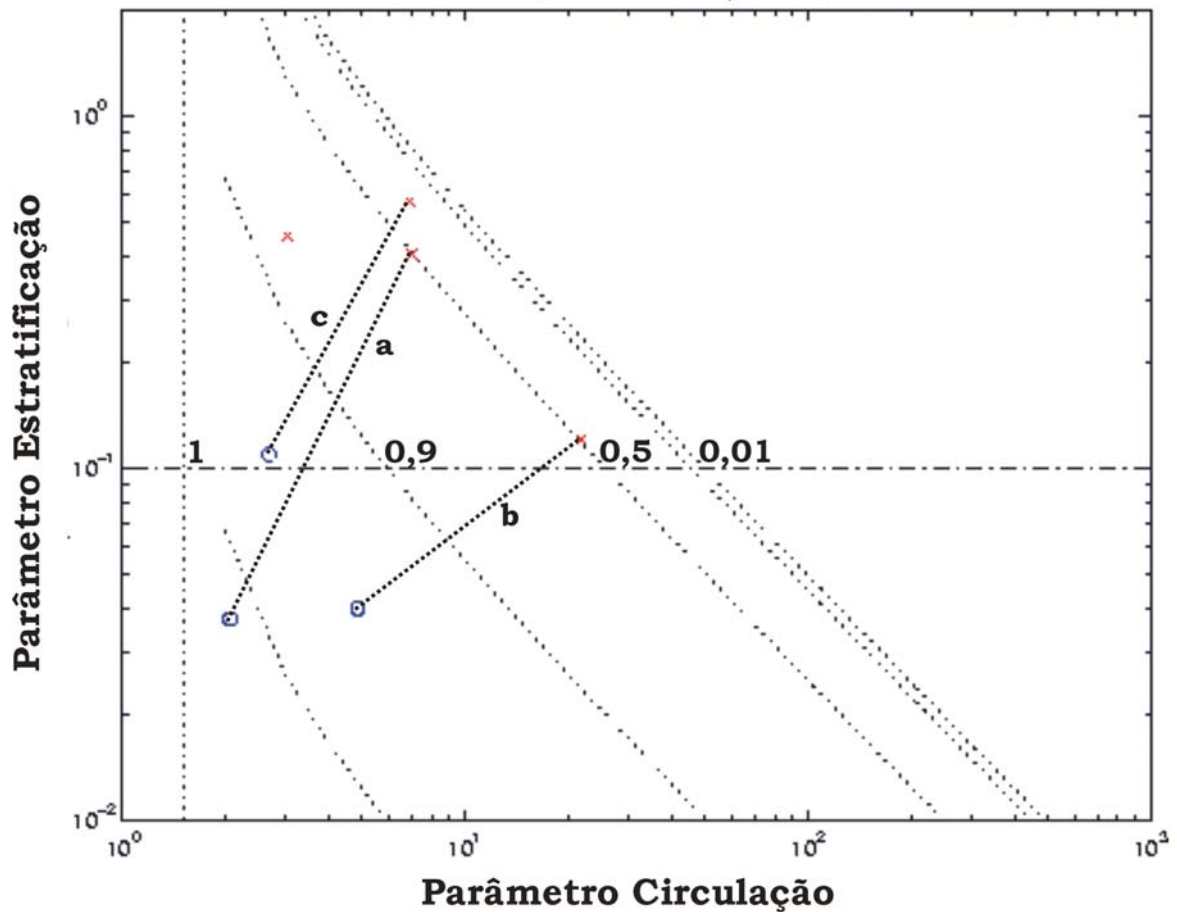


Figura 5.2 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados na estação Base após o rompimento do Valo Grande, sob condições de quadratura X e sizígia O. A letra a corresponde aos experimentos de fevereiro de 1998, a letra b aos experimentos de agosto de 1998 e a letra c aos experimentos de outubro-novembro de 1998. As linhas pontilhadas são isolinhas de ν . Fonte: Bérghamo (2000).

A classificação proposta por Hansen & Rattray (1966) caracteriza a estação Base como do Tipo 2a em sizígia e 2b em quadratura (Figura 5.2). Também confirma a tendência à modulação da circulação pela maré de acordo com a fase lunar, mas o diagrama não evidencia a hipótese da modulação pela maré ser maior nos períodos da alta descarga de

água doce. O que se observa é o predomínio da difusão turbulenta no transporte de sal com mais de 90 % ($v \sim 0,9$) de importância em todos os experimentos de sizígia, com exceção do realizado em maio de 1998, que não pôde ser classificado em função do valor do parâmetro circulação não se adequar à formulação teórica do diagrama. Os experimentos de quadratura sugerem um equilíbrio entre a advecção gerada pela descarga fluvial e a difusão turbulenta associada ao efeito da maré, com cada um destes processos respondendo por aproximadamente 50 % do transporte de sal estuário acima.

- Estação Barra de Cananéia

Os experimentos realizados na estação Barra também evidenciaram a modulação da maré na circulação estacionária da região apenas para épocas de grande descarga fluvial, como nas situações de fevereiro (Figuras 4.14 e 4.18) e outubro-novembro (Figuras 4.17 e 4.21), assim como descrito para a estação Base.

Os perfis médios experimentais de S mostraram como ocorre a alteração de suas características em função da maré. Em quadratura, a estratificação média ficou em torno de 8 unidades, enquanto na sizígia foi de 5. Na quadratura o aumento de S em direção ao fundo foi um pouco mais constante e, na sizígia, a haloclina praticamente concentrou-se entre as profundidades adimensionais de $Z=0,8$ e $Z=1$.

Como nos perfis médios de u experimental na estação Base, as fases de quadratura na Barra também intensificaram a velocidade em relação à sizígia, o que acentuou a circulação estacionária.

Somadas a esse efeito, as grandes semelhanças quali-quantitativas nos perfis médios experimentais de S e de u , entre as estações Base e Barra, reforçam a idéia de que, apesar de terem sido amostradas em dias diferentes, as características hidrodinâmicas dessas estações foram bastante semelhantes. Como seria de se esperar, apenas são encontrados maiores valores de S na estação Barra, em função dessa região estar mais exposta à influência de águas marinhas.

Dentre todos os locais amostrados neste trabalho, o que apresentou os maiores valores de w foi a estação Barra (de Cananéia). Este comportamento está relacionado aos

acentuados cisalhamentos verticais de u em épocas de quadratura, que possibilita condições parcialmente misturadas com circulação gravitacional bem definida, ainda mais em uma região influenciada diretamente pelo efeito advectivo da descarga de água doce aliado à difusão causada pela maré.

Devido às maiores profundidades do sistema estuarino-lagunar de Cananéia estarem localizadas nas imediações da estação Barra, grandeza diretamente proporcional ao coeficiente de viscosidade turbulenta, e pelo fato da região ser mais diretamente influenciada por outros processos que favorecem a mistura, como ventos e ondas de gravidade, os coeficientes de viscosidade turbulenta e de difusão turbulenta foram superiores aos estimados para a estação Base. Em relação à fase lunar, observou-se um predomínio do efeito da maré na mistura, induzindo coeficientes de mistura mais elevados do que em quadratura, exceção feita aos experimentos em que o perfil vertical de u apresentou-se irregular, com mais de uma inversão de sentido. O resultado, nesse caso, foi o predomínio dos experimentos de quadratura, com coeficientes de mistura mais elevados do que para sizígia.

A proximidade física entre as estações Base e Barra e a semelhança nas características hidrodinâmicas das mesmas sugere que a região abrangida por essas estações esteja sujeita às mesmas forçantes: predomínio da maré ao longo do ano, com equilíbrio da descarga fluvial apenas nos meses de maior precipitação pluviométrica e em épocas de quadratura.

O diagrama de Hansen & Rattray (1966) classifica a estação Barra como Tipo 2, embora sem uma clara diferenciação entre as classes “a” e “b”, de acordo com a Figura 5.3. O que também pode ser inferido a partir desse diagrama é a maior influência da advecção no transporte de sal estuário acima sob condições de quadratura, chegando a equiparar-se ao efeito da difusão turbulenta ou até mesmo superá-la, como no experimento de fevereiro de 1998 (Figura 4.12).

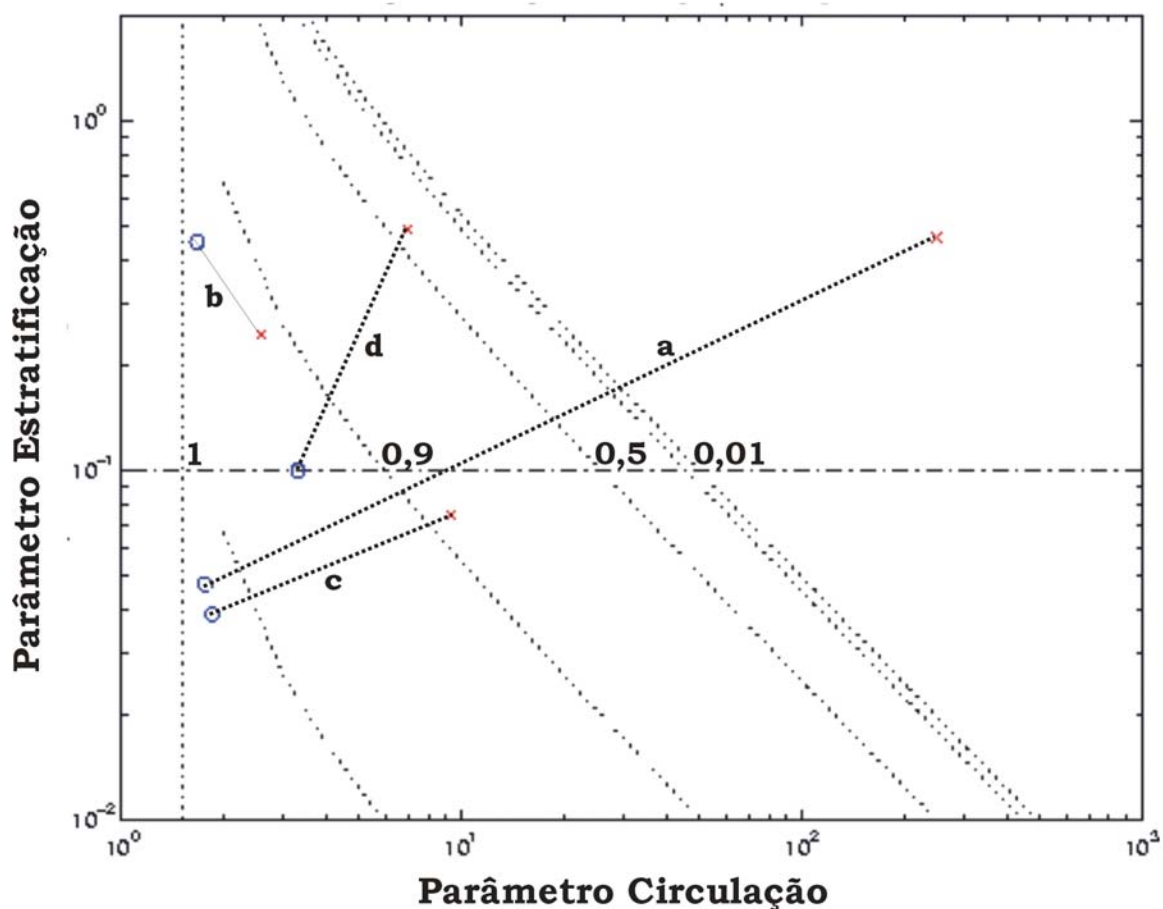


Figura 5.3 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados na estação Barra, sob condições de quadratura **X** e sizígia **O**. A letra **a** corresponde aos experimentos de fevereiro de 1998, a letra **b** aos experimentos de maio-junho de 1998, a letra **c** aos experimentos de agosto de 1998 e a letra **d** ao experimento de outubro-novembro de 1998. As linhas pontilhadas são isolinhas de σ . Fonte: Bérghamo (2000).

- Estação Baía do Trapandé

Após as análises dos experimentos da estação Baía do Trapandé, pode-se dizer que também houve uma modulação da maré na circulação estacionária nos meses de maior descarga de água doce, assim como descrito nas estações anteriores. Com relação à simulação do componente w , as variações verticais de u e S determinaram a intensidade daquele componente, especialmente devido às consideráveis estratificações de salinidade,

que por sua vez devem estar relacionadas à proximidade da descarga de água doce da bacia de drenagem local, gerando baixos valores de S em superfície.

A redução na profundidade dos experimentos realizados na estação Baía do Trapandé fez com que os coeficientes de viscosidade turbulenta tornassem a ser inferiores aos observados para a estação Barra. Em média, os coeficientes de mistura foram semelhantes entre os experimentos de sizígia e de quadratura, o que faz desta estação a que apresentou a menor modulação - dentre as realizadas em Cananéia - nos processos de mistura devido à fase lunar.

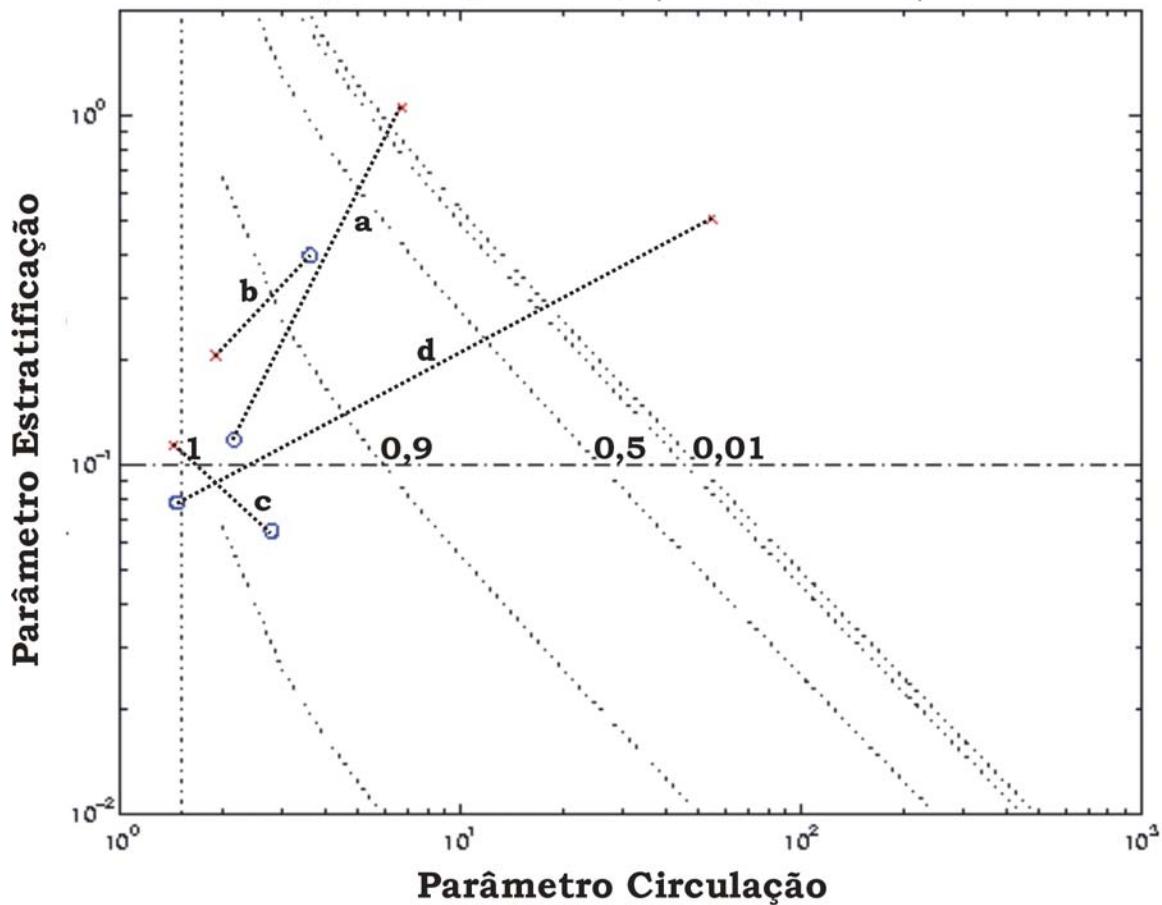


Figura 5.4 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados na estação Baía do Trapandé, sob condições de quadratura **X** e sizígia **O**. A letra *a* corresponde aos experimentos de fevereiro de 1998, a letra *b* aos experimentos de maio-junho de 1998, a letra *c* aos experimentos de agosto de 1998 e a letra *d* ao experimento de outubro-novembro de 1998. As linhas pontilhadas são isolinhas de ν . Fonte: Bérghamo (2000).

Sujeita à uma maior influência da descarga fluvial, a estação Baía do Trapandé foi a única em Cananéia que apresentou duas situações em que o sistema poderia ser classificado como Tipo 1, ou verticalmente misturado, além do Tipo 2 (Figura 5.4). Assim como nas estações Base e Barra, também houve uma intensificação da advecção em relação à difusão turbulenta no transporte de sal dos experimentos em quadratura.

- CANANÉIA: CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os perfis estacionários de u e S indicaram que houve mudanças significativas na circulação próximo à estação Base após o rompimento da barragem do Valo Grande (Figura 5.5). A região deixou de apresentar características de um sistema sempre bem misturado, unidirecional, para uma alternância entre bem misturado e parcialmente misturado, de acordo com a intensidade da descarga fluvial.

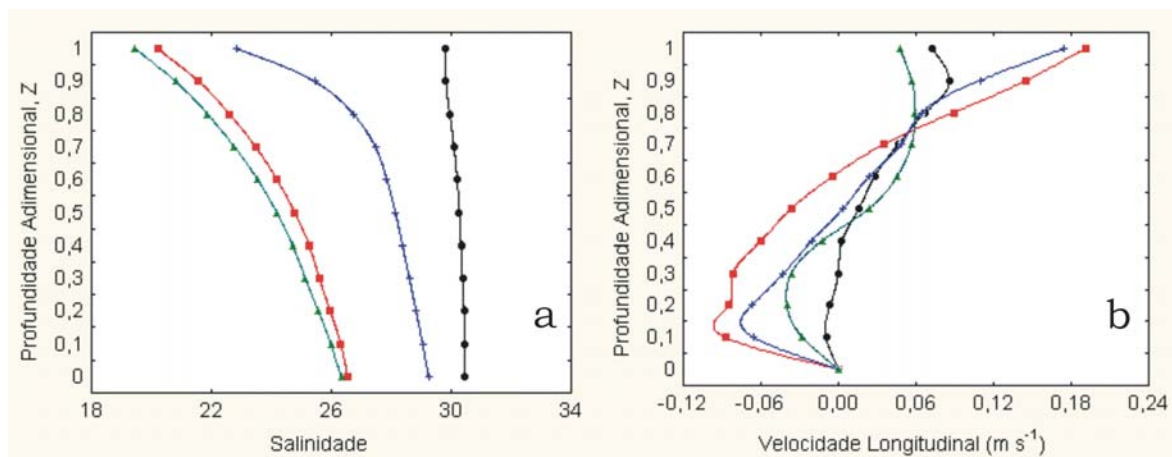


Figura 5.5 - Perfis médios experimentais de salinidade e velocidade longitudinal (m s^{-1}) para a região de Cananéia, onde as estações são representadas da seguinte maneira: Base antes do rompimento do Valo Grande \bullet , Base após o rompimento do Valo Grande \square , Barra $+$ e Baía do Trapandé \triangle .

A análise dos perfis médios de S demonstra o surgimento, nas três estações, de uma haloclina após o rompimento da barragem do Valo Grande – o que sugere uma maior influência de águas de origem continental após o rompimento da barragem (Figura 5.5.a).

Em média, as estações Base e Baía do Trapandé foram as que apresentaram a maior influência da descarga de água doce, evidenciado pelos menores valores de salinidade média em superfície e – apenas para a estação Baía do Trapandé - pelo diagrama estratificação-circulação, onde dois experimentos foram classificados como verticalmente misturados ou Tipo 1 (Figura 5.4). Apesar da descarga de água doce da bacia do Rio Ribeira de Iguape ocorrer preferencialmente pelo Mar de Cananéia – onde se localiza a estação Base – a estação Baía do Trapandé recebe aporte direto de água doce proveniente da bacia de drenagem local que, apesar de uma vazão bem inferior à da bacia do Ribeira, desemboca próximo à estação em questão. Já na estação Barra, observou-se, através das salinidades médias com valores mais elevados, uma maior influência de águas marinhas nessa localidade.

De acordo com a Figura 5.5.b, a distribuição média de u não mostra diferenças sensíveis na magnitude dessa propriedade, quando comparadas todas as estações. Em todas as situações foram observadas características de circulação gravitacional, sendo o perfil referente à situação antes do rompimento do Valo Grande o menos intenso. Já as estações Base e Barra foram as que apresentaram as maiores intensidades de u .

A maré foi a principal forçante na circulação estacionária da região sul do complexo estuarino-lagunar de Cananéia. Portanto, os processos difusivos dominaram o transporte de sal estuário acima. A descarga fluvial teve sua magnitude comparável à da maré apenas nos meses de maior precipitação pluviométrica – propriedade que está intimamente relacionada com a descarga de água doce – que são de outubro a março, e somente nos períodos de quadratura desses meses. Fora deste limite, o efeito da maré foi suficiente para eliminar eventuais estratificações verticais de S e reduzir sensivelmente a intensidade de u estacionária.

Para a classificação da região através das características médias, foi utilizado o diagrama estratificação-circulação, proposto por Hansen & Rattray (1966). Todas as estações foram classificadas como Tipo 2, ou parcialmente misturadas, sendo diferenciadas

pelo grau de estratificação e pela influência dos processos advectivos e de difusão turbulenta no transporte de sal estuário acima (Figura 5.6).

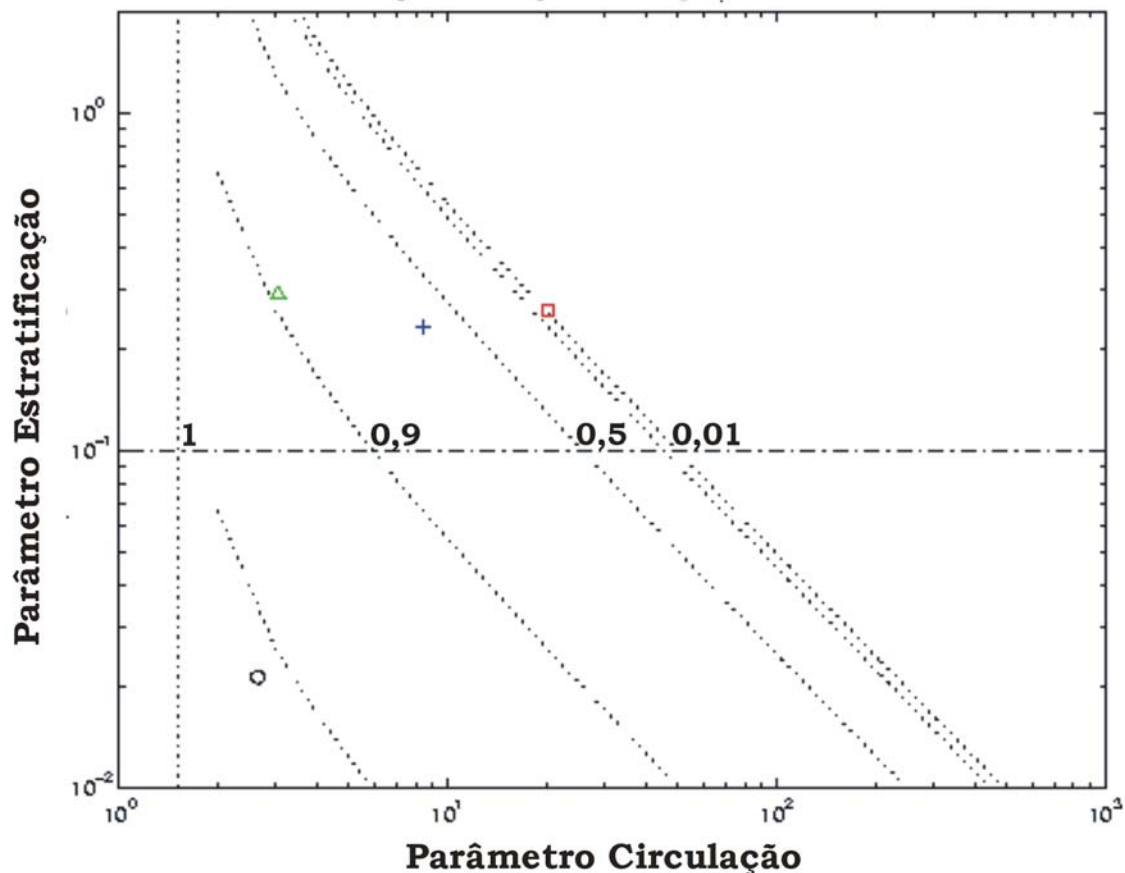


Figura 5.6 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados em Cananéia. Estão representadas as estações Base antes do rompimento do Valo Grande O, Base após o rompimento □, Barra + e Baía do Trapandé Δ. As linhas pontilhadas são isolinhas de ν .

As condições na estação Base antes do rompimento do Valo Grande dão conta de uma situação Tipo 2a ou parcialmente misturada com fraca estratificação e amplo domínio – quase 100 % - da difusão turbulenta sobre o transporte de sal estuário acima. Após o rompimento, a região tornou-se Tipo 2b, porém com maior estratificação vertical e com domínio total da advecção sobre o transporte de sal. Esta mudança na classificação do sistema também foi observada por Miranda & Castro (1997).

As estações Barra e Baía do Trapandé também são classificadas como Tipo 2b, com o transporte de sal da primeira sendo influenciado quase que igualmente pela advecção e

pela difusão turbulenta, enquanto na estação Baía do Trapandé a difusão turbulenta forçou aproximadamente 90 % do transporte de sal (Figura 5.6).

A partir dos dados experimentais, pode-se fazer a seguinte suposição: com a barragem do Valo Grande fechada, a estação Base só estava sujeita à descarga da bacia de drenagem local e era dominada pelo efeito da maré, portanto com domínio da difusão turbulenta e baixa estratificação. Com o rompimento do Valo Grande, a descarga fluvial da bacia do Rio Ribeira de Iguape aumenta em uma ordem de grandeza a vazão total que atinge o sul do complexo estuarino-lagunar de Cananéia (Bérgamo, 2000). O principal canal de aporte dessa descarga fluvial na região de estudo ocorre através do Mar Pequeno, onde se localiza a estação Base. A grande descarga de água doce, passando por um canal relativamente estreito, intensifica os processos advectivos a um ponto em que o transporte de sal estuário acima dá-se exclusivamente por advecção. Entretanto, o efeito da maré ainda é notado nas camadas inferiores, o que torna o sistema altamente estratificado.

Essa descarga de água doce adentra na Baía do Trapandé e encontra águas de origem marinha na Barra de Cananéia. Porém, o sentido preferencial de propagação da onda de maré no complexo estuarino-lagunar de Cananéia é em direção à Baía do Trapandé (Miniussi, 1959 e Kato, 1966), o que faz com que a difusão turbulenta gerada pela maré seja a principal forçante no transporte de sal nessa região, enquanto uma pequena influência da descarga de água doce atua secundariamente no transporte de sal através do mecanismo advectivo.

A região onde se localiza a estação Barra funciona como local de encontro de toda a descarga de água doce que chega a Cananéia, e também como área mais exposta aos efeitos da onda de maré dentro do estuário. O resultado final é um leve predomínio da difusão turbulenta sobre a advecção no transporte de sal. Assim como nas outras estações, o encontro de águas marinhas e continentais favorece condições de alta estratificação.

O ajuste dos modelos analíticos às condições experimentais identificou o gradiente longitudinal de densidade e a descarga de água doce como principais forçantes da circulação estacionária no sistema estuarino-lagunar de Cananéia em detrimento de uma influência secundária do vento. Este padrão também havia sido observado por Miranda & Castro (1996) para a mesma região.

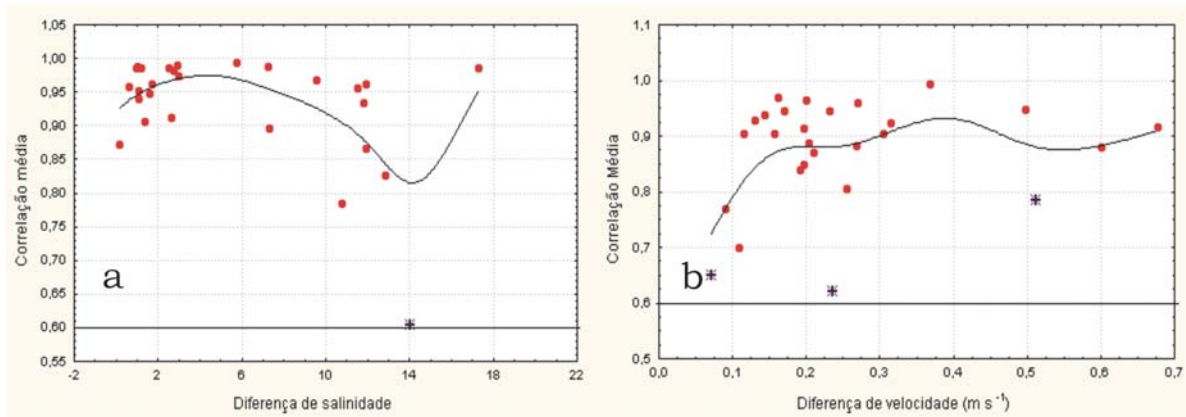


Figura 5.7 - Correlações médias entre as soluções teóricas e os perfis experimentais de salinidade e de velocidade longitudinal para Cananéia. Os símbolos ● representam correlações onde nenhuma das soluções apresentou valores inferiores ao mínimo de 0,6, enquanto * representam correlações em que apenas uma das soluções apresentou valor inferior a 0,6.

As soluções teóricas propostas por meio dos modelos analíticos conseguiram, na grande maioria dos casos, reproduzir com correlações elevadas as principais características hidrodinâmicas observadas experimentalmente. A Figura 5.7 mostra que todos os experimentos apresentaram uma correlação média, para u e S , superior a 60 %. Para u , apenas três experimentos tiveram uma de suas correlações rejeitada estatisticamente, enquanto para S apenas um experimento teve uma de suas soluções teóricas rejeitada. Os bons resultados observados devem estar relacionados aos altos valores de descarga fluvial (que junto com o efeito da maré propiciaram perfis verticais de u e S bem comportados), às boas estimativas de descarga elaboradas por Bérghamo (2000) e ao comportamento experimental do sistema amostrado ser semelhante ao descrito pela formulação teórica.

As soluções teóricas que contemplaram uma condição de contorno com escorregamento no fundo foram as que, em linhas gerais, apresentaram as menores correlações. Entretanto, não significa afirmar que, em Cananéia, o atrito próximo ao fundo seja muito intenso. Deve-se lembrar que, por falta de condições metodológicas, não foi amostrada a velocidade na camada imediatamente acima do fundo, assumindo-se teoricamente velocidade nula no fundo. Devido ao seu comportamento não-linear, a velocidade próximo ao fundo ainda requer muitos levantamentos experimentais.

De modo geral, os coeficientes de mistura apresentaram ordens de grandeza semelhantes. A partir da comparação entre os resultados teóricos gerados pelos modelos e a estimativa experimental realizada por Mesquita *et al.* (1992) para o mesmo conjunto de

dados, pode-se dizer que os resultados teóricos foram bastante satisfatórios. Entretanto, não se pode afirmar que os coeficientes cinemáticos de viscosidade turbulenta gerados para os outros experimentos também tenham reproduzido valores confiáveis em virtude da falta de mais dados experimentais.

Os coeficientes de viscosidade turbulenta gerados pelas soluções de Prandle (1985) e de Miranda (1998) propõem que a estação Barra seja a que apresenta maiores valores médios e maior variabilidade (Figura 5.8). Como citado anteriormente, o fato das maiores profundidades de amostragem estarem na estação Barra contribui para que esta estação apresente os maiores valores para os coeficientes de viscosidade turbulenta, já que a viscosidade é diretamente proporcional à profundidade. Além disso, a proximidade da estação Barra à boca do estuário favorece condições de maior hidrodinâmica, consequentemente maiores valores de viscosidade turbulenta e maior variabilidade da mesma.

Outra característica hidrodinâmica importante diz respeito à preponderância do efeito difusivo da maré na elevação dos coeficientes de viscosidade turbulenta. Sobretudo nas épocas de sizígia, a mistura proporcionada por essa forçante superou a gerada por efeito da circulação gravitacional em quadratura, onde normalmente se estabelecem estratificações consideráveis de sal, o que dificulta os processos de mistura. Tal modulação foi realçada nas estações Base após o rompimento e Barra, enquanto na estação Baía do Trapandé não houve diferença significativa entre os experimentos de sizígia e quadratura.

Apenas o modelo de Prandle (1985) coloca a estação Base após o rompimento do Valo Grande com características parecidas com a da estação Barra, o que parece ser a resposta hidrodinâmica mais adequada, já que houve uma mudança considerável na circulação local após o rompimento da barragem e os dados experimentais de ambas estações indicaram tal semelhança. As outras duas estações, Base antes do rompimento e Baía do Trapandé, apresentaram valores médios baixos e pequena variabilidade. O modelo de Hansen & Rattray (1965) projeta para a estação Base uma mudança considerável antes e depois do rompimento do Valo Grande, além de considerar que as estações Barra e Trapandé apresentam pequena variabilidade e baixos coeficientes de viscosidade turbulenta.

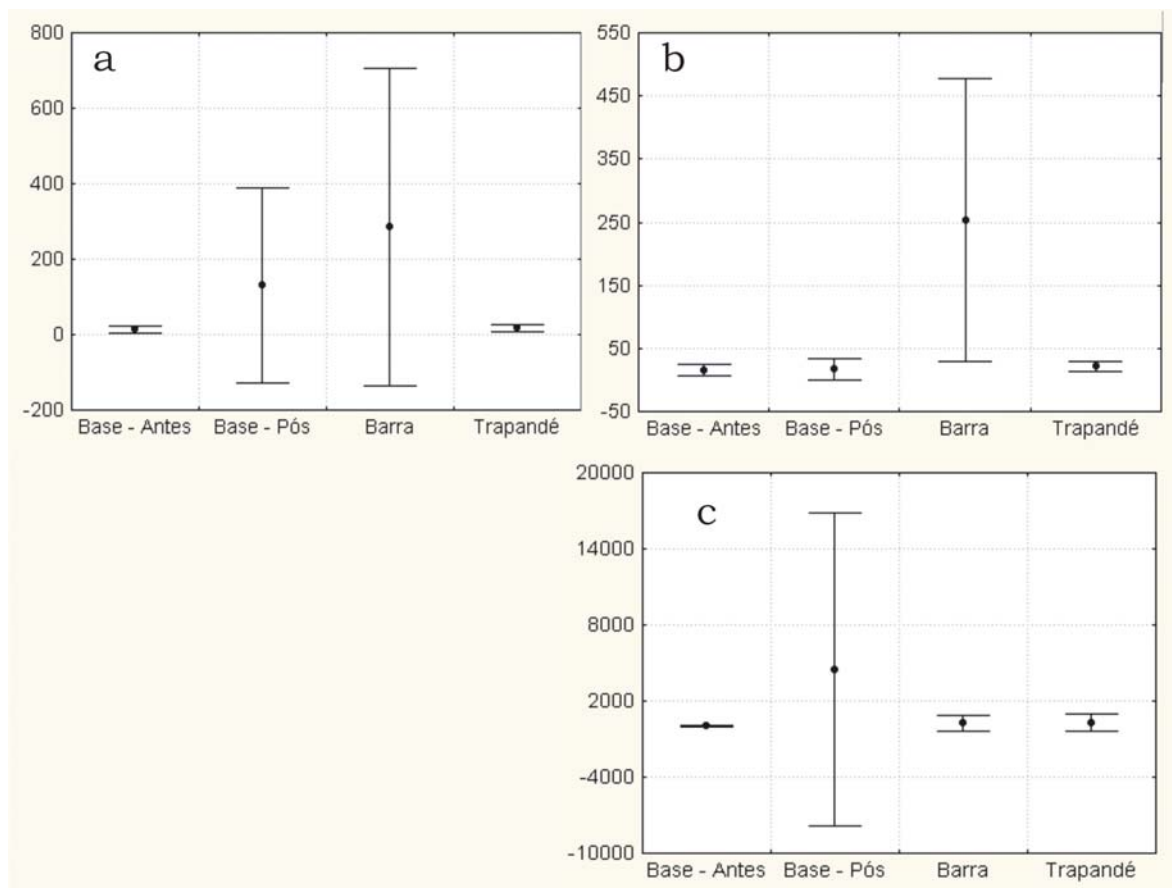


Figura 5.8 - Médias e desvios padrão dos coeficientes cinemáticos de viscosidade turbulenta ($10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) estimados para as estações de Cananéia a partir dos modelos de Prandle (1985), Miranda (1998) e Hansen & Rattray (1965) representados pelas letras (a), (b) e (c), respectivamente.

A comparação entre os coeficientes teóricos calculados pelo modelo de Miranda (1998) e de Hansen & Rattray (1965) mostra coeficientes médios de difusão turbulenta com mesma ordem de grandeza em todos os casos (Figura 5.9). Além dos maiores coeficientes de difusão turbulenta gerados pelo modelo de Hansen & Rattray (1965) que foram mantidos independentemente do valor estimado, os resultados entre os dois modelos divergem quanto à estação que apresenta maiores coeficientes e maior variabilidade. Enquanto o modelo de Miranda (1998) propõe que os coeficientes da estação Barra sejam maiores e mais variáveis do que a estação Base antes do rompimento, enquanto os valores médios gerados pelo modelo de Hansen & Rattray (1965) indicam maiores coeficientes de difusão para a estação Barra, seguida pela estação Base após o rompimento, que apresentou maior variabilidade. Os dados experimentais dão conta de que as estimativas do modelo de Miranda (1998) correspondem com mais fidelidade ao comportamento do coeficiente de

difusão turbulenta em Cananéia, pois a estação Base mostrou uma forte dependência com os processos advectivos, de acordo com o diagrama estratificação-circulação, mas também foi influenciada pela presença da maré, gerando considerável estratificação vertical de S com menor variabilidade, enquanto a estação Barra, pelo fato de estar sujeita em igualdade aos processos advectivos e difusivos, apresentaria coeficientes de difusão turbulenta mais altos e mais variáveis.

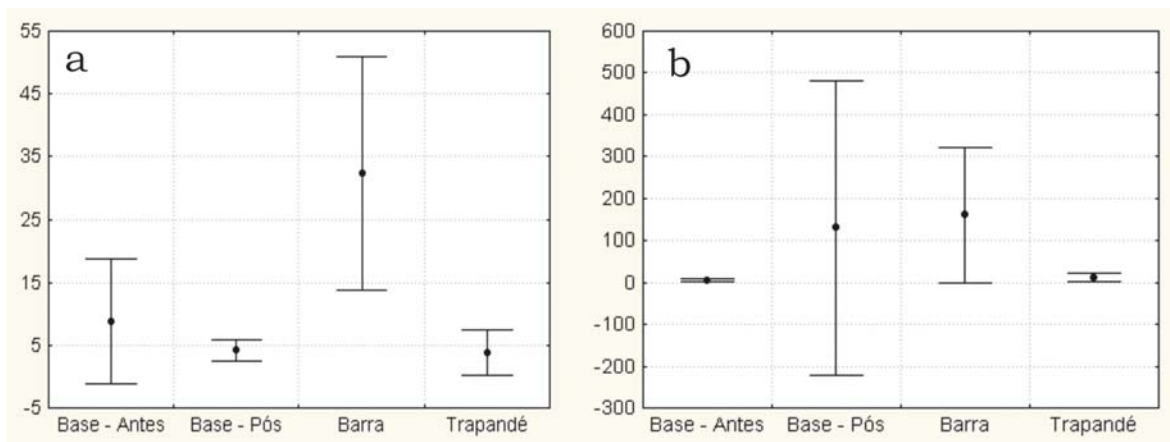


Figura 5.9 - Médias e desvios padrão dos coeficientes cinemáticos de difusão turbulenta estimados para as estações de Cananéia a partir dos modelos de Miranda (1998) e Hansen & Rattray (1965) representadas pelas letras (a) e (b), respectivamente.

5.2 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O CANAL DE BERTIOGA

- Estação Barra de Bertioga

Para o período amostrado, a análise do comportamento de S mostra uma variabilidade dessa propriedade em função da fase lunar em que é feita o experimento, além da dependência com a descarga fluvial associada. A variação vertical de S foi, em média, de 12 unidades para a quadratura e de aproximadamente 2 para o experimento de sizígia.

Apesar das intensidades serem semelhantes, a distribuição de u também foi modulada de acordo com a fase lunar. Na quadratura, o perfil apresentou as características de circulação gravitacional, enquanto na sizígia houve um padrão unidimensional, com fluxo em direção à barra em toda a coluna de água. Os coeficientes de mistura nesta estação apresentaram valores condizentes com a limitada geometria do sistema que, justamente por ser limitado fisicamente, favorece condições de grande homogeneidade mesmo com baixos valores dos coeficientes de mistura, principalmente em sizígia.

O diagrama proposto por Hansen & Rattray (1966) classifica a estação Barra como Tipo 2a para a condição de sizígia e migra para o 2b em quadratura (Figura 5.10). Esse padrão sugere uma equivalência na importância da advecção no transporte de sal estuário acima em comparação com a difusão turbulenta ($\nu \rightarrow 0,5$), principalmente na época de grande descarga de água doce e sob fase de quadratura.

As simulações dos perfis experimentais indicaram uma razoável correlação entre os resultados teóricos e práticos. Os coeficientes de mistura apresentaram pequena variação quantitativa entre si, além de terem a mesma ordem de grandeza dos menores coeficientes calculados para Cananéia, exceção feita aos valores simulados pelo modelo de Hansen & Rattray (1965), que foram bem inferiores no Canal de Bertioga.

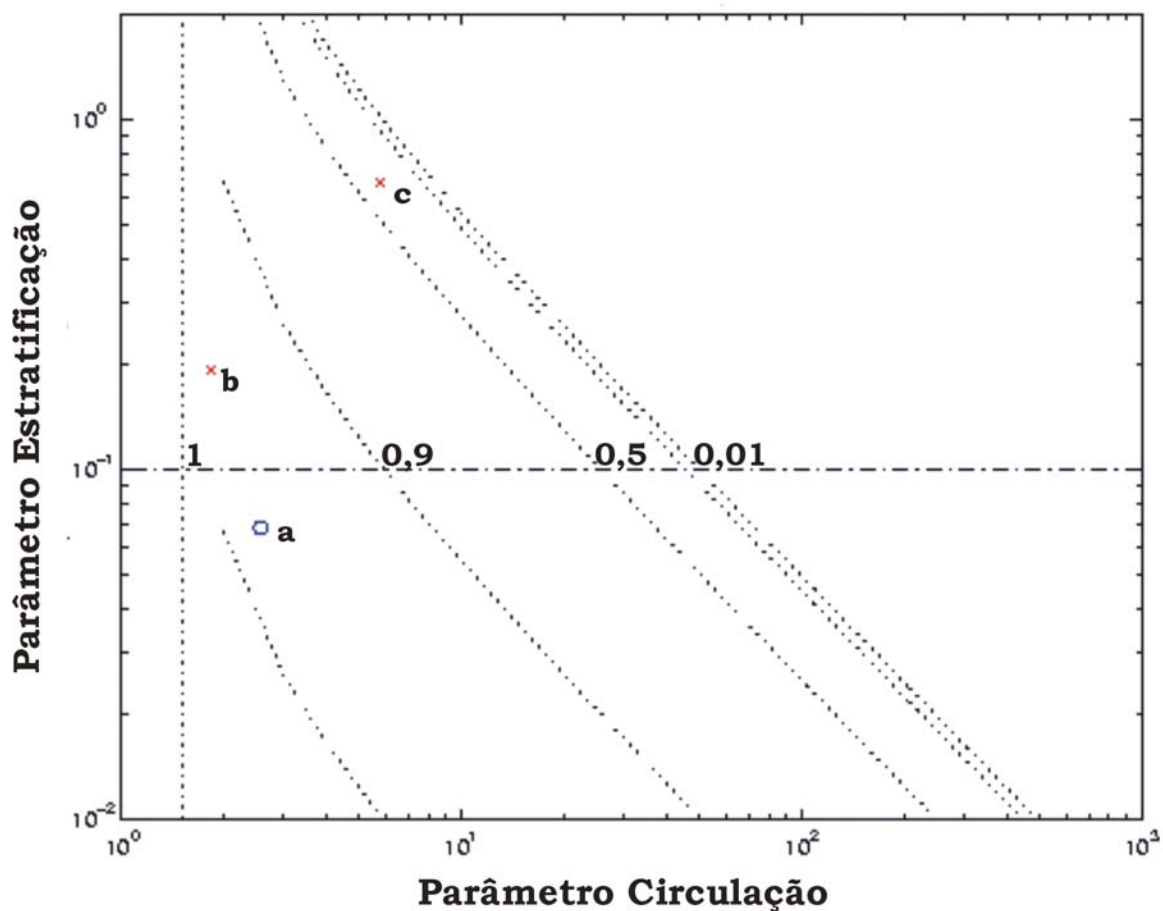


Figura 5.10 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados na estação Barra, sob condições de quadratura X e sizígia O. A letra *a* corresponde ao experimento de abril de 1999, a letra *b* ao experimento de agosto de 1999 e a letra *c* ao experimento de janeiro de 2000. As linhas pontilhadas são isolinhas de ν .

- Estação Itapanhaú

Conforme descrito acima, observou-se uma modulação da distribuição experimental de S e de u em função da fase lunar, sendo a variação de S mais evidente. Assim como na estação Barra de Bertioga, nesta a limitação física do sistema também favorece processos de mistura bastante eficientes com baixos valores dos respectivos coeficientes, principalmente em sizígia.

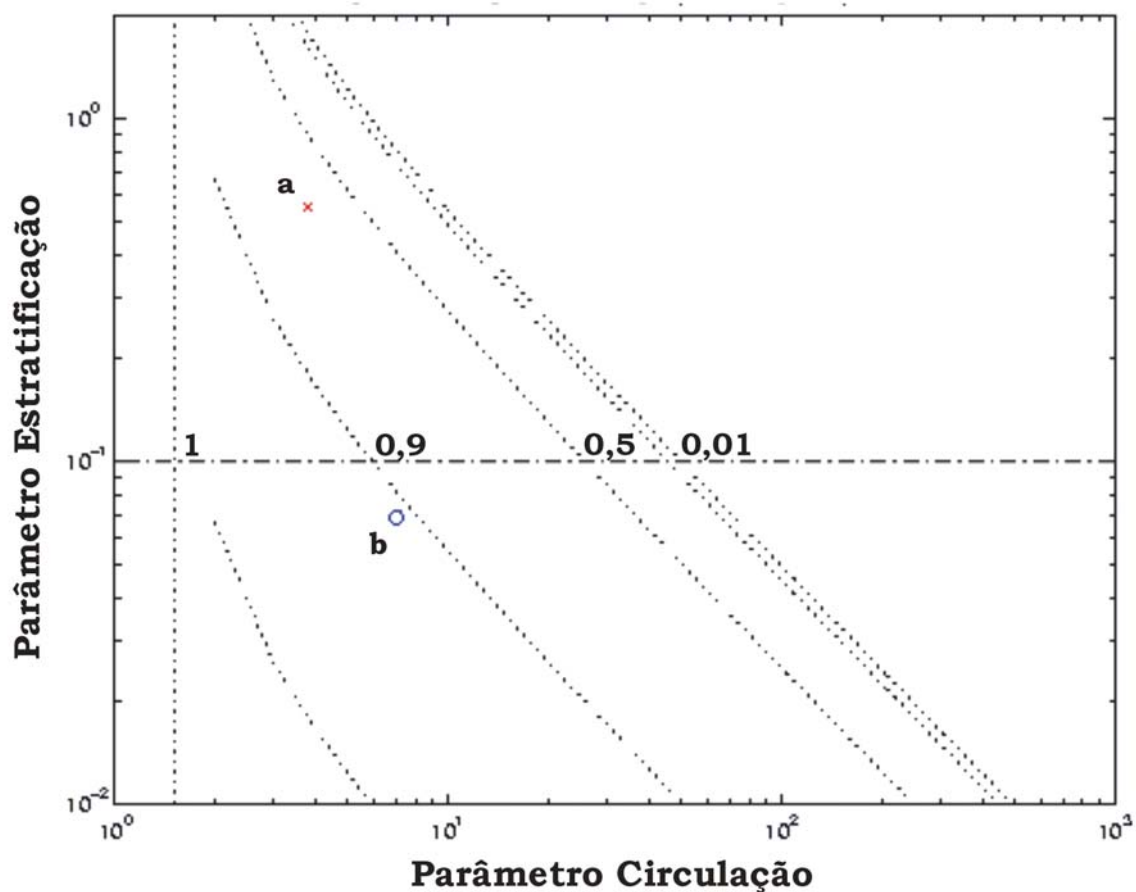


Figura 5.11 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados na estação Itapanhaú, sob condições de quadratura X (letra a) e sizígia O (letra b). As linhas pontilhadas são isolinhas de ν . Fonte: Miranda *et al.* (1998).

A análise do diagrama estratificação-circulação, proposto por Hansen & Rattray (1966), demonstra a transição do Tipo 2b em quadratura, para o Tipo 2a, em sizígia, e que pode ser associada a uma maior influência da difusão turbulenta no período de sizígia (Figura 5.11).

- Estação Marina

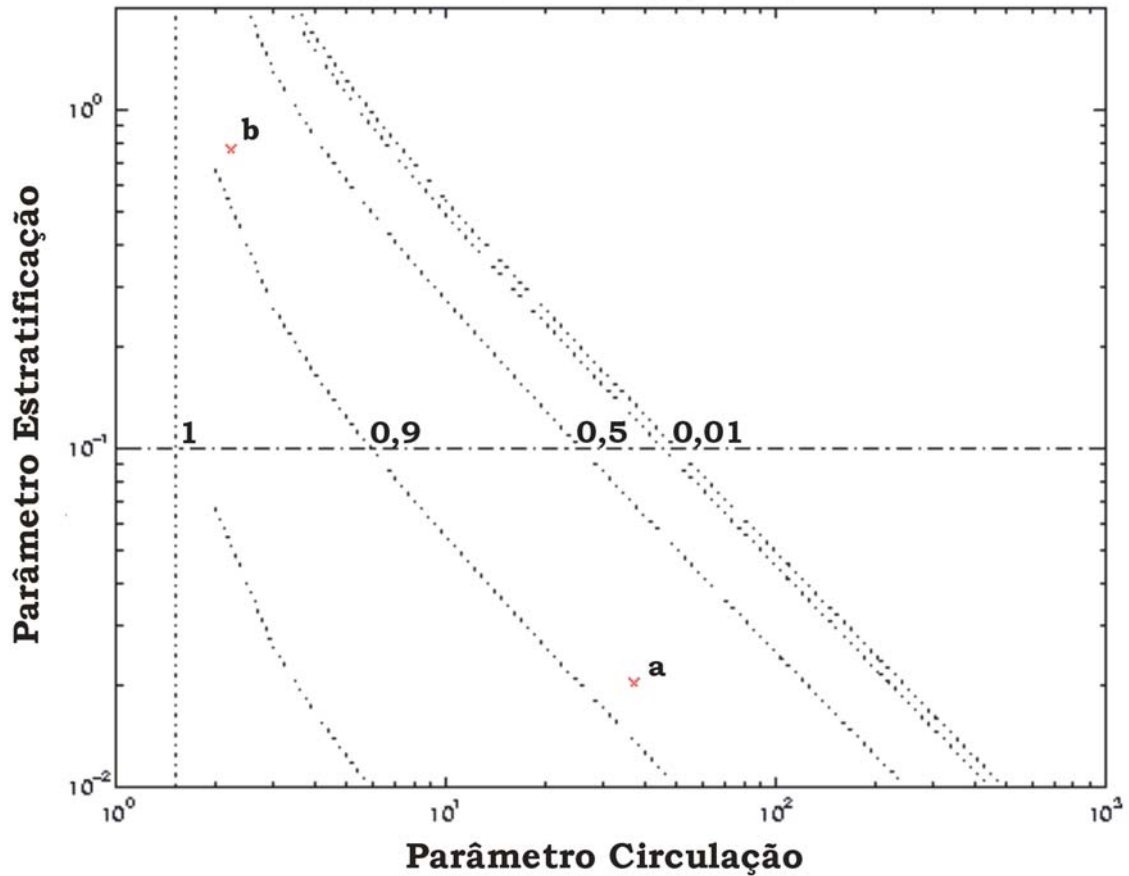


Figura 5.12 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados na estação Marina, sob condições de quadratura X. A letra *a* corresponde ao experimento de agosto de 1999, a letra *b* ao experimento de janeiro de 2000. As linhas pontilhadas são isolinhas de ν .

A distribuição vertical de S indica que existe influência da fase lunar e da descarga de água doce sobre o seu comportamento na estação Marina. Os perfis médios de u têm baixa intensidade e distribuição irregular. Devido à proximidade dessa estação com a região de Tombo das Águas, que se localiza no Largo do Candinho (Figura 1.3), a distribuição estacionária de u indica que nas imediações da estação Marina há indícios de baixa energia, que permaneceram inalteradas ao longo dos três experimentos realizados no local. Entretanto, não se pode esquecer que o período amostral foi bastante limitado e que evidências mais conclusivas ainda devem ser estudadas. Outro motivo para esse padrão de

perfil pode estar relacionado às especificações do sensor de velocidade do correntômetro utilizado, cujo valor mínimo de medida é de $0,03 \text{ m s}^{-1}$, resolução de $0,01 \text{ m s}^{-1}$ e precisão em torno de $0,003 \text{ m s}^{-1}$. Portanto, alguns resultados experimentais de u podem estar sendo alterados à medida que suas magnitudes aproximam-se do valor mínimo de medida do sensor. Esse problema parece não ter havido com os dados experimentais de S em função da precisão do respectivo sensor ser de 0,035 unidades de salinidade.

A análise do diagrama estratificação-circulação classifica apenas os experimentos de quadratura, ambos com predomínio próximo de 90 % da difusão turbulenta no transporte de sal estuário acima (Figura 5.12). O perfil de agosto de 1999 (Figura 4.33) seria classificado como do Tipo 2a, parcialmente misturado e fracamente estratificado, enquanto o experimento de janeiro de 2000 (Figura 4.34) seria do Tipo 2b, parcialmente misturado e altamente estratificado.

- Estação Mangue

Apesar de estar localizado longe da desembocadura do Rio Itapanhaú, esse ponto recebe influência da descarga fluvial proveniente de pequenos braços de rio localizados nas imediações do local do experimento. Entretanto, como não pôde ser feita uma estimativa da vazão desses rios, assumiu-se – com exceção dos experimentos de janeiro de 2000 em que ocorrem, em média, as maiores vazões ao longo do ano – um mesmo valor de descarga para todos os pontos em uma determinada época do ano, ou seja, para o mês de abril todos os pontos estavam sujeitos a uma descarga de água doce de $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

A descarga de água doce teve uma participação significativa na distribuição de S , e conseqüentemente na circulação estacionária, apenas no experimento de janeiro de 2000 (Figura 4.36.a). Os experimentos realizados mostraram uma modulação da maré, de acordo com a fase lunar, sobre a distribuição de S .

As correlações entre os dados experimentais e as simulações teóricas de u foram entre baixas e regulares, e deve ser explicado pelas baixas intensidades de u e pelo padrão irregular de distribuição das mesmas na coluna de água. Já para S , os ajustes foram excelentes. Os maiores coeficientes de mistura estimados para o Canal de Bertiooga foram

para a estação Mangue. O fator preponderante para os altos coeficientes de mistura neste caso foram as profundidades médias de amostragem, que foram as maiores do canal, além do efeito secundário da difusão, intensificada pela maré de sizígia.

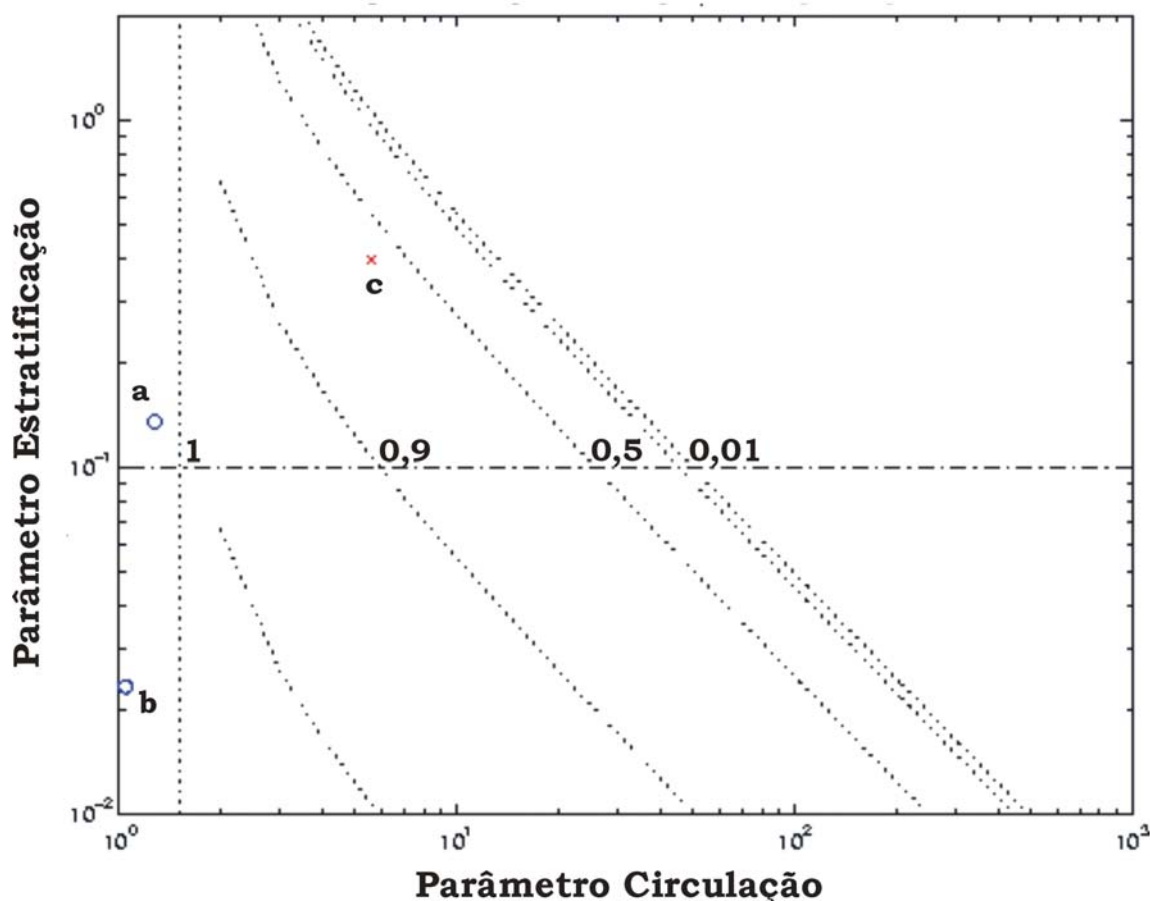


Figura 5.13 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados na estação Mangue, sob condições de quadratura **X** e sizígia **O**. A letra *a* corresponde ao experimento de abril de 1999, a letra *b* ao experimento de agosto de 1999 e a letra *c* ao experimento de janeiro de 2000. As linhas pontilhadas são isolinhas de v .

A velocidade média nessa estação foi relativamente baixa em todos os experimentos. Esse padrão deve estar associado às características meandantes do canal nessa região, o que deve favorecer a atenuação da velocidade por atrito com as bordas e com o fundo do canal. Assim como comentado para a estação Marina, o comportamento variável de u pode ser devido às limitações do sensor utilizado nos experimentos.

O diagrama estratificação-circulação classifica os experimentos em sizígia como Tipo 1 ou verticalmente misturado, sendo o experimento de abril de 1999 fracamente estratificado, enquanto o de agosto do mesmo ano altamente estratificado (Figura 5.13). Na situação de janeiro de 2000, a fase lunar em quadratura e a alta descarga de água doce transformaram a classificação em Tipo 2b ou parcialmente misturado e altamente estratificado. Ainda para esse último experimento, observou-se quase que uma equivalência ($\nu \rightarrow 0,5$) na importância da advecção e da difusão turbulenta no transporte de sal estuário acima.

As correlações entre os perfis teóricos e experimentais de u não foram muito satisfatórias para essa estação. Provavelmente este problema esteja associado aos pequenos gradientes de velocidade média e seu comportamento irregular que, por sua vez, devem ter sido causados pela limitação do sensor utilizado nos experimentos. Já as correlações entre a salinidade teórica e experimental não apresentaram problemas e seus resultados foram bem mais adequados. Os coeficientes de mistura responderam bem às mudanças observadas nos perfis de u e S , com valores coerentes com as variações experimentais.

- Estação Base Aérea

Houve diferenças na distribuição vertical de S entre o experimento de quadratura e os de sizígia de acordo com a fase lunar. Este padrão deve ter sido reforçado pelo fato do experimento de quadratura (Figura 4.39.a) ter sido realizado durante época de grande descarga de água doce - o que favoreceria estratificações mais intensas - enquanto as amostragens de sizígia foram executadas durante épocas de menor descarga fluvial.

Dentre os perfis de u , os de sizígia sugeriram que, quanto menor a descarga de água doce e quanto maior a influência da maré, maior será a tendência a fluxos médios unidirecionais orientados para o complexo estuarino de Santos. Entretanto, deve-se ressaltar que os valores de u foram muito baixos e que podem ter sofrido alterações em função do valor mínimo de medida do equipamento utilizado estar próximo aos valores médios observados.

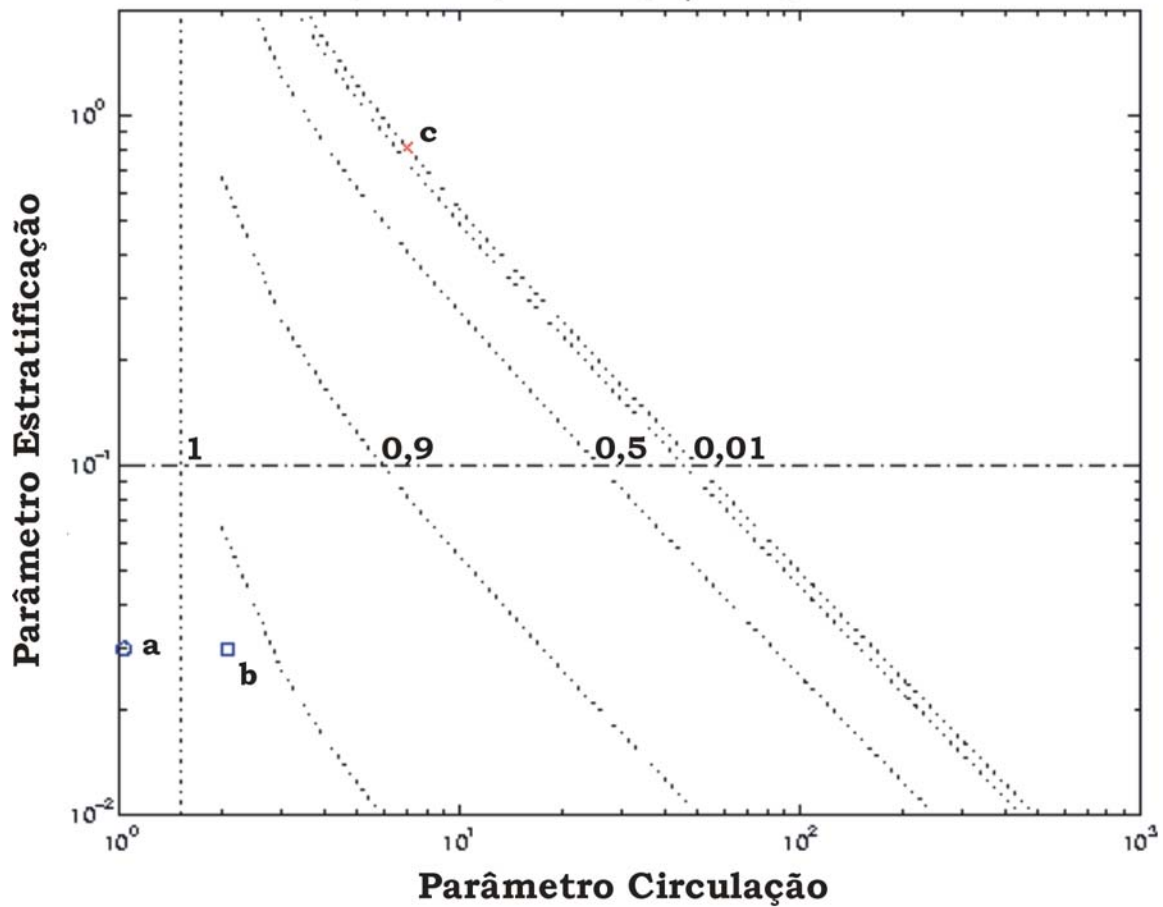


Figura 5.14 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados na estação Base Aérea, sob condições de quadratura \times e sizígia \circ . A letra *a* corresponde ao experimento de abril de 1999, a letra *b* ao experimento de agosto de 1999 e a letra *c* ao experimento de janeiro de 2000. As linhas pontilhadas são isolinhas de ν .

Em função dos experimentos realizados no Canal de Bertioiga apresentarem condições típicas de fluxo unidirecional, com baixos valores de velocidade média, e não circulação gravitacional, com fluxo bidirecional - exceção feita às estações próximas à desembocadura do Rio Itapanhaú – os baixos valores de w corresponderam bem ao pequeno cisalhamento vertical de u . Para os experimentos em que foram observadas condições de circulação gravitacional, a geometria do sistema parece ter contribuído para limitar a transferência de momento entre as camadas de água, fazendo com que os valores de w no Canal de Bertioiga fossem inferiores aos simulados para Cananéia.

O diagrama estratificação-circulação classifica assim os experimentos dessa estação: o de abril de 1999 como Tipo 1a, ou verticalmente homogêneo; o de agosto de

1999 como Tipo 2a , parcialmente misturado com fraca estratificação e influência quase que total da difusão turbulenta no transporte de sal estuário acima e o de janeiro de 2000 como Tipo 2b, ou parcialmente misturado e altamente estratificado, com domínio total da advecção no transporte de sal estuário acima (Figura 5.14).

Com relação às correlações entre os perfis teóricos e experimentais de u , a estação Base Aérea mostrou resultados um pouco melhores do que os descritos para as estações Marina e Mangue. As correlações de S mantiveram-se com valores muito altos. Apesar disso, os coeficientes de mistura acompanharam bem as variações verticais de u e S .

- BERTIOGA: CONSIDERAÇÕES GERAIS

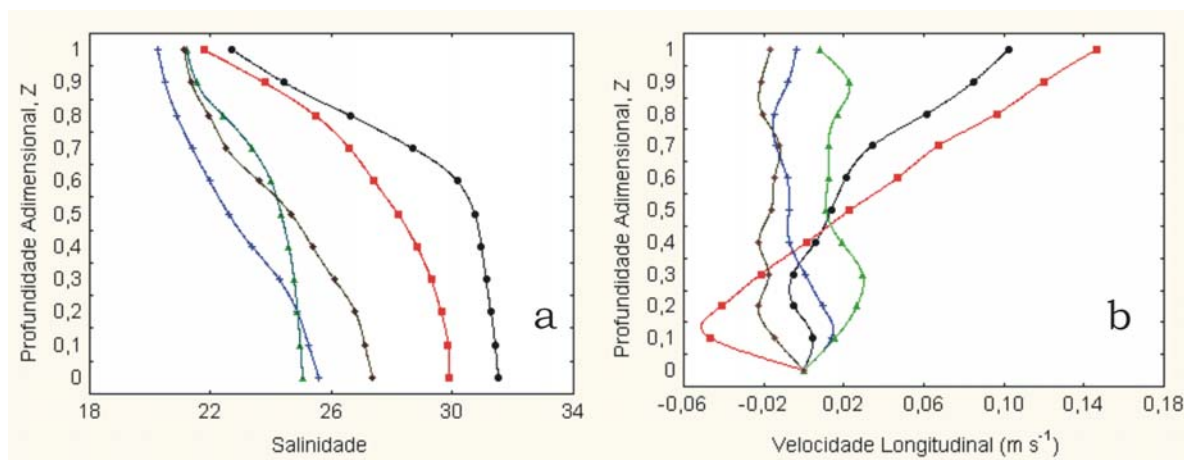


Figura 5.15 - Perfis médios experimentais de salinidade e velocidade longitudinal ($m s^{-1}$) para a região do Canal de Bertioga, onde as estações são representadas da seguinte maneira: Barra \square , Itapanhaú \square , Marina $+$, Mangue \triangle e Base \blacklozenge .

A comparação dos perfis médios de cada estação permitiu uma análise mais geral do comportamento hidrodinâmico do Canal de Bertioga. Em termos da distribuição de S , a salinidade em superfície variou pouco, entre 20,2 e 22,7 (Figura 5.15.a). O principal diferencial entre as estações foi o valor da salinidade no fundo, que foi de 25 a 31,5.

A estação Barra foi a que apresentou maior influência de águas marinhas em virtude das maiores salinidades, além da haloclina mais conspícua. Na estação Itapanhaú também foi observada uma variação considerável de S . Em seguida, o perfil médio da salinidade das estações Marina, Mangue e Base mostrou-se bastante semelhante, sendo que na estação Marina foi observada a menor salinidade média em superfície, o que indica que essa estação sofreu o efeito direto de descarga fluvial. Muito provavelmente a circulação na estação Itapanhaú seja a mais influenciada pela descarga do rio de mesmo nome, mas como os experimentos nessa estação não foram realizadas na mesma época das outras - e só no período de inverno, o que significa baixas descargas fluviais— essa hipótese não pôde ser confirmada. Já a estação Mangue foi a que apresentou a menor estratificação vertical de S , indício de que a penetração de água salgada nessa região foi um pouco menos eficiente do que nos outros locais amostrados. Os perfis verticais de u mostram, mais uma vez, uma semelhança maior entre as estações Barra e Itapanhaú e a afinidade entre as outras três.

No primeiro grupo encontram-se perfis bidirecionais, com as camadas superiores se dirigindo à Barra de Bertioga, e as inferiores em direção ao interior do canal. Destaque para a maior intensidade do perfil da estação Itapanhaú que, mesmo sob condições de baixa descarga, reforçou o padrão de alta estratificação nesse ponto do canal.

Ao contrário da circulação gravitacional do grupo anterior, neste estão classificadas as estações cujas velocidades foram pouco intensas e com fluxos de tendência unidirecional. A partir dos dados experimentais, a estação Marina não apresentou um sentido preferencial de propagação, enquanto na estação Mangue prevaleceu o sentido em direção ao Largo do Candinho e na estação Base o fluxo dirigiu-se para o complexo estuarino de Santos. Entretanto, como as velocidades desse grupo são baixas e próximas ao valor mínimo de medida do sensor de velocidade utilizado, esses valores devem ser analisados com cautela.

Apesar dos perfis de u na estação Base Aérea indicarem condições de baixa hidrodinâmica, esse padrão pode não estar refletindo as condições médias na região. Isto porque, de acordo com Eichler (em prep.), coletas de sedimentos realizadas nas mesmas datas dos experimentos descritos no presente trabalho indicam a presença de material mais arenoso nas imediações da estação Base Aérea, o que sugere condições hidrodinâmicas mais intensas do que as propostas pelos perfis de u calculados ao longo de um ciclo de

maré. Já para as outras estações o comportamento de u parece ter representado bem as características sedimentares observadas em campo.

O diagrama estratificação-circulação também foi utilizado na classificação do comportamento médio das estações (Figura 5.16). Dentre elas, apenas o local Mangue não foi encampado pelo diagrama devido ao baixo valor do parâmetro circulação. O comportamento observado reforça a idéia de que haja uma compartimentação entre a região do canal próxima à desembocadura do Rio Itapanhaú – estações Barra e Itapanhaú - e as porções mais interiores do canal, já que os baixos valores do parâmetro circulação das estações Marina, Mangue e Base Aérea indicam baixa hidrodinâmica. Essa diferenciação já havia sido levantada por Miranda *et al.* (1998), que propuseram condições de significativa estratificação de S nas proximidades da desembocadura do Rio Itapanhaú e uma progressiva mistura em direção ao Largo do Candinho. Esses autores também sugeriram que o estreitamento no canal a oeste do Largo do Candinho minimizaria a troca de água e de sal entre o Canal de Bertioga e o complexo estuarino de Santos. Fúlfaro & Ponçano (1976) também reiteram esta hipótese na medida em que caracterizam o transporte sedimentar no canal como predominantemente por suspensão, típico de ambientes de baixa hidrodinâmica.

Todas as estações encontraram-se no setor de alta estratificação, associado à letra “b”. Conforme citado anteriormente, as estações Marina e Base Aérea estiveram muito próximas e foram classificadas como Tipo 1b ou verticalmente homogênea. O outro grupo, das estações Barra e Itapanhaú, foi classificado como Tipo 2b, parcialmente misturado e com predomínio de quase 90 % da difusão turbulenta no transporte de sal estuário acima, enquanto apenas 10 % deste transporte estaria relacionado a processos advectivos. Portanto, reforça-se a hipótese de Miranda *et al.* (1998), que propõem que a difusão turbulenta seja o principal mecanismo de mistura e circulação no canal, em detrimento de uma influência secundária dos processos advectivos.

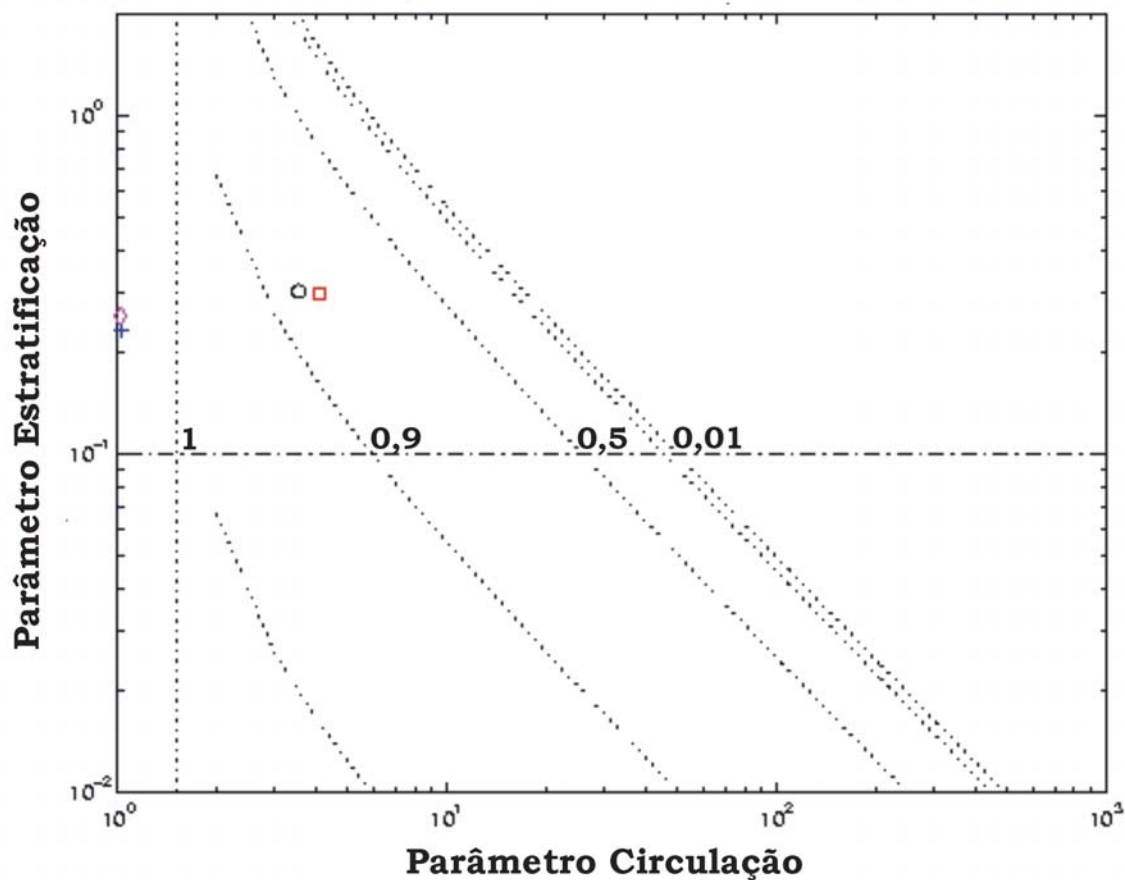


Figura 5.16 - Diagrama estratificação-circulação para os experimentos realizados no Canal de Bertioiga. Estão representadas as estações Barra \circ , Itapanhaú \square , Marina $+$, Mangue \triangle e Trapandé \blacklozenge . As linhas pontilhadas são isolinhas de ν .

Através da aplicação dos modelos analíticos, observou-se que o gradiente longitudinal de densidade e a descarga de água doce foram evidenciados como principais forçantes da circulação estacionária no Canal de Bertioiga, em detrimento de uma influência secundária da tensão de cisalhamento do vento.

As correlações entre os modelos e os perfis experimentais de S no Canal de Bertioiga foram muito boas (Figura 5.17.a). A distribuição de S mostrou valores de correlação bastante altos, o que demonstra que a precisão do sensor não causou problemas na determinação do perfil médio dessa propriedade e, conseqüentemente, não foi observada qualquer relação direta entre a diferença nos picos de salinidade e a correlação média.

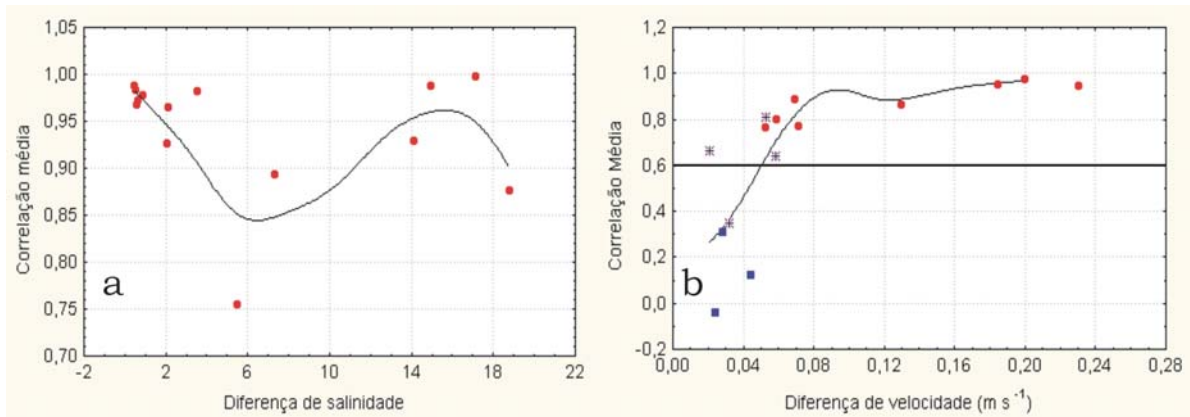


Figura 5.17 - Correlações médias entre as soluções teóricas e os perfis experimentais de salinidade e de velocidade longitudinal para Cananéia. Os símbolos ● representam correlações onde nenhuma das soluções apresentou valores inferiores ao mínimo de 0,6, os símbolos * significam correlações em que apenas uma das soluções apresentou valor inferior a 0,6 e □ denotam as situações em que todas as correlações foram insatisfatórias.

Entretanto, os perfis experimentais de u foram apenas razoavelmente bem representados pelas soluções teóricas (Figura 5.17.b). Os três experimentos que tiveram suas correlações teóricas e experimentais de u rejeitadas estatisticamente apresentavam diferenças entre os extremos de velocidade inferiores a $0,05 \text{ m s}^{-1}$. Os experimentos que tiveram apenas uma de suas correlações rejeitadas tiveram diferenças de velocidade entre $0,02 \text{ m s}^{-1}$ e $0,06 \text{ m s}^{-1}$ e aquelas em que todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 80 % ficaram com diferenças maiores do que $0,07 \text{ m s}^{-1}$. Muito provavelmente as soluções teóricas não tenham conseguido simular alguns perfis experimentais porque esses apresentavam diferenças de velocidade muito pequenas e distribuição irregular dos pontos, o que dificultou o ajuste. Essas características foram observadas em experimentos onde havia baixas velocidades médias, de intensidade próxima ao valor mínimo de medida do sensor de velocidade.

A princípio, locais de domínio da maré e com baixa descarga de água doce, Tipo 1 segundo a classificação de Hansen & Rattray (1965), foram os mais prejudicados pelo ajuste insatisfatório.

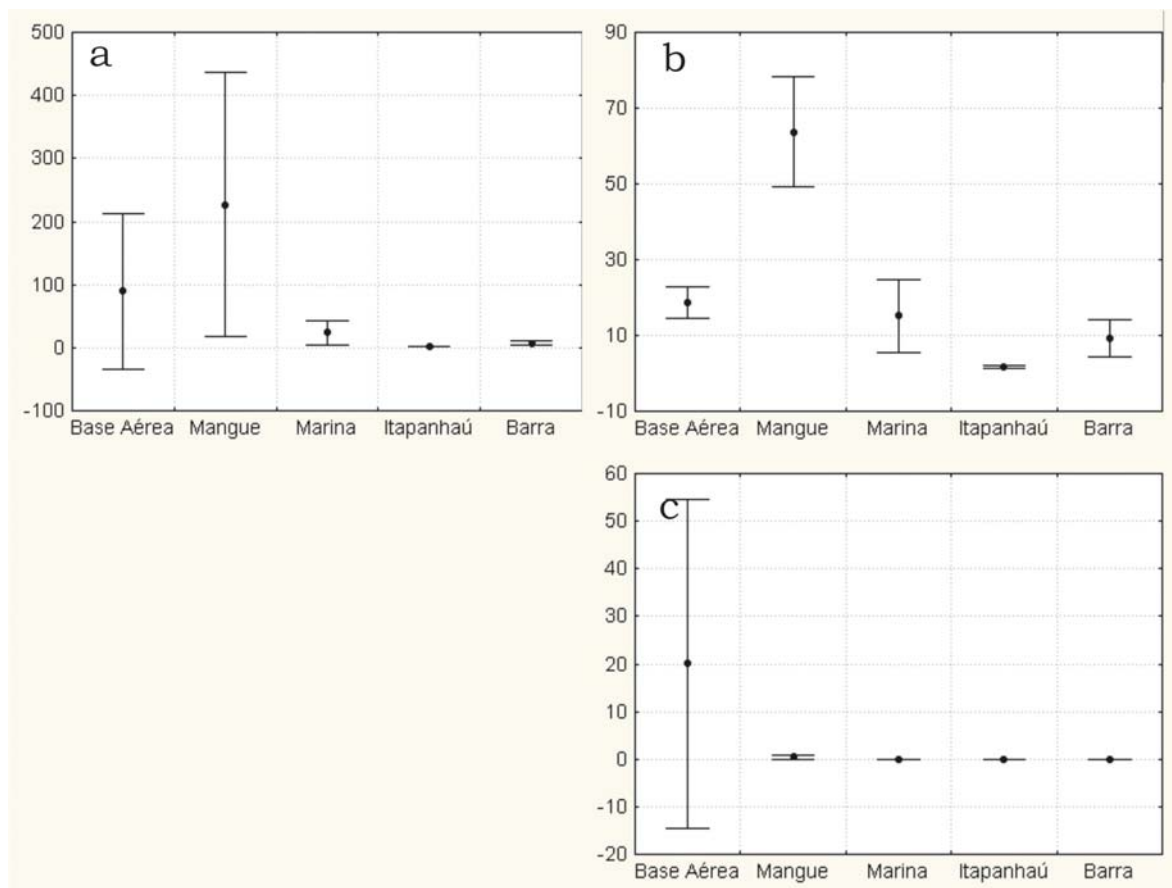


Figura 5.18 - Médias e desvios padrão dos coeficientes cinemáticos de viscosidade turbulenta ($10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) estimados para as estações de Bertioga a partir dos modelos de Prandle (1985), Miranda (1998) e Hansen & Rattray (1965) representados pelas letras (a), (b) e (c), respectivamente.

Apesar da limitação física, expressa em baixas profundidades e largura reduzida, os coeficientes de mistura dessa região foram, em média, semelhantes aos estimados para a região de Cananéia. No Canal de Bertioga, a maré também teve participação ativa nos processos de mistura, sobretudo em épocas de sizígia.

Os coeficientes de viscosidade turbulenta gerados pelos modelos de Prandle (1985) e de Miranda (1998) apresentaram valores semelhantes entre si apenas para as estações Marina, Itapanhaú e Barra, apesar de todos os resultados serem qualitativamente similares (Figura 5.18). Os aspectos mais importantes desses modelos são que ambos mostram condições de maiores cisalhamentos verticais de u nas estações Barra e Itapanhaú - sujeitas à influência direta da descarga de água doce do Rio Itapanhaú - refletidas em menores coeficientes, enquanto condições de menor variação de u nas estações Marina, Mangue e Base Aérea foram representadas por valores médios mais elevados. Já os resultados do

modelo de Hansen & Rattray (1965) só diferenciam a estação Base Aérea das demais, não ressaltando as diferenças hidrodinâmicas existentes entre os locais de coleta (Figura 5.18.c), o que demonstra a pouca sensibilidade desse modelo às condições hidrodinâmicas consideradas.

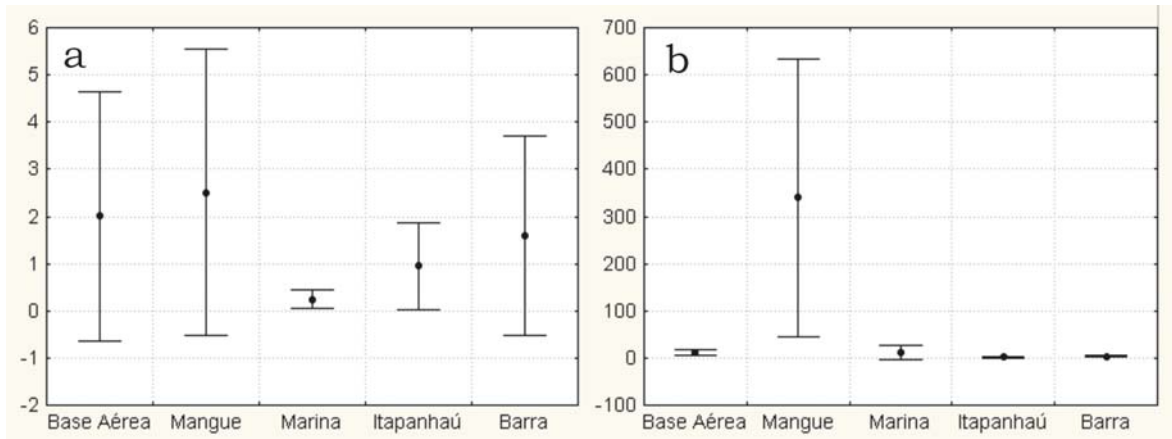


Figura 5.19 - Médias e desvios padrão dos coeficientes cinemáticos de difusão turbulenta estimados para as estações de Bertioga a partir dos modelos de Miranda (1998) e Hansen & Rattray (1965) representadas pelas letras (a) e (b), respectivamente.

Os coeficientes de difusão turbulenta ilustrados na Figura 5.19 indicam uma razoável semelhança quantitativa entre os resultados gerados pelo modelo de Miranda (1998) e pelo de Hansen & Rattray (1965), apesar deste último apresentar coeficientes – com mesma ordem de grandeza - apenas um pouco mais elevados do que o primeiro, exceção feita à estação Mangue.

Em termos qualitativos, os dois modelos destacaram a estação Mangue como a de maiores valores, o que indica a menor estratificação halina dentre os locais amostrados. Esse padrão é reforçado pelo diagrama estratificação-circulação pois o parâmetro estratificação dessa estação foi o menor dentre todos, apesar da formulação teórica do diagrama não incluir tal estação. Ainda em termos qualitativos, apenas o coeficiente da estação Marina não foi equivalente entre um modelo e outro, pois como se pode observar, nos modelo de Miranda (1998) a estação Base Aérea apresenta o segundo maior coeficiente, seguido da estação Barra e, por fim, pela Itapanhaú, enquanto no de Hansen & Rattray (1965) a estação Marina é suplantada pela Mangue, mas é superior à Base Aérea, seguida pela Barra e por último pela Itapanhaú, respectivamente.

5.3 - ASPECTOS HIDRODINÂMICOS

Em virtude da semelhança no efeito da maré em Cananéia e no Canal de Bertioga, as diferenças hidrodinâmicas mais evidentes entre as duas áreas de estudo parecem estar diretamente relacionadas à descarga de água doce: em Cananéia é pelo menos uma ordem de grandeza maior do que no Canal de Bertioga, e sua relação com as dimensões fisiográficas de cada uma das áreas de estudo, com a profundidade e a largura dos sistemas considerados assumindo importante papel na circulação desses ambientes e processos de mistura associados. Em Cananéia, a razão descarga de água doce e dimensões da região parece ser maior do que no Canal de Bertioga, o que resultaria em maiores valores do componente baroclínico de velocidade longitudinal naquela área, apesar de terem sido observados consideráveis gradientes de salinidade também no Canal de Bertioga.

Em Cananéia, o comportamento da velocidade nas estações amostradas foi mais uniforme do que em Bertioga, onde foram observados perfis uni e bidirecionais de velocidade, enquanto na primeira predominaram as características bidirecionais. O diagrama estratificação-circulação reforça essa hipótese ao classificar todas as estações de Cananéia como Tipo 2 ou parcialmente misturado (Figura 5.6), enquanto o Canal de Bertioga apresentou condições do Tipo 1, bem misturado e Tipo 2 (Figura 5.16).

Os padrões descritos permitem supor que a região sul do complexo estuarino-lagunar de Cananéia apresente taxas mais altas de renovação da água doce no seu interior do que o Canal de Bertioga, principalmente devido ao maior aporte, ou seja, maior ação dos processos advectivos, especialmente no sul do Mar de Cananéia (imediações da estação Base), após o rompimento do Valo Grande.

Como citado na descrição da área de estudo, a região do Canal de Bertioga encontra-se muito mais industrializada e urbanizada do que o sistema de Cananéia. Entretanto, se analisadas as condições hidrodinâmicas, o Canal de Bertioga parece apresentar condições menos eficientes de renovação de suas águas do que a região de Cananéia.

5.4 – MODELOS ANALÍTICOS

Os coeficientes cinemáticos de difusão e de viscosidade turbulentos das duas regiões tiveram ordens de grandeza semelhantes. As estações de Cananéia apresentaram valores um pouco superiores, o que indica para esta região menor cisalhamento vertical de velocidade e de salinidade e, por sua vez, melhores condições de mistura entre as águas de origem continental e as de origem marinha.

Os resultados teóricos gerados pelos modelos de Prandle (1985) e de Miranda (1998) foram, quali-quantitativamente, mais semelhantes entre si do que os propostos pelo modelo de Hansen & Rattray (1965), cujos coeficientes foram bem superiores aos dos demais modelos. Entretanto, como um dos objetivos do presente trabalho era a aferição dos perfis teóricos às condições experimentais, tais valores foram mantidos e representam características inerentes à formulação teórica do modelo.

As diferenças encontradas entre as teorias analíticas para simulação dos perfis residuais de velocidade e de salinidade em estuários parcialmente misturados e as observações descritas no presente trabalho podem ser atribuídas às seguintes razões: i) valores constantes para os coeficientes de viscosidade turbulenta e de difusão turbulenta, além das dificuldades decorrentes do ajuste simultâneo desses coeficientes na simulação dos perfis de salinidade; ii) a série temporal de dados não foi suficientemente longa para simulação de condições estacionárias; iii) em alguns experimentos, os sistemas estuarinos descritos sofreram alteração de condições parcialmente misturadas para verticalmente homogêneas ou mesmo para o tipo cunha salina e, portanto, violaram a hipótese de homogeneidade lateral e iv) a descarga de água doce foi estimada indiretamente a partir de trabalhos anteriores com base em dados climatológicos.

A utilização dos modelos analíticos identificou o gradiente longitudinal de densidade e a descarga de água doce como principais forçantes da circulação estacionária no sistema estuarino-lagunar de Cananéia e no Canal de Bertioga, em detrimento de uma influência secundária do vento. Isto porque os dados experimentais de u e S foram melhor ajustados aos teóricos considerando-se nulo o efeito da tensão de cisalhamento do vento. A

utilização, nos modelos, de dados experimentais do vento nas duas áreas de estudo serviria para testar tal suposição.

5.5 - CONCLUSÕES

O processamento e edição dos dados hidrográficos e correntométricos foram realizados com sucesso para todos os 41 experimentos analisados neste trabalho, mostrando a boa qualidade dos resultados experimentais.

A princípio, o gradiente longitudinal de densidade e a descarga de água doce foram as forçantes preponderantes na circulação estacionária, tanto para Cananéia, como para o Canal de Bertioiga. O efeito do vento foi secundário neste trabalho, mas seu efeito – principalmente o remoto - ainda precisa ser melhor compreendido. Nas duas áreas de estudo o efeito da modulação da maré, de acordo com a mudança da fase lunar, fez-se presente.

O componente u da velocidade apresentou, em geral, valores mais intensos para a região de Cananéia do que para o Canal de Bertioiga. Esse fato provavelmente esteja associado à descarga de água doce em torno de uma ordem de grandeza superior em Cananéia e à maior exposição ao efeito da maré nesta mesma região.

O componente vertical de velocidade foi, em média, mais intenso na região de Cananéia do que no Canal de Bertioiga. Os fatores que favorecem tal padrão em Cananéia são as maiores dimensões do sistema, além de condições hidrodinâmicas mais energéticas. Os movimentos ascendentes simulados na maioria dos experimentos indicam que na região de Cananéia as trocas entre as camadas de água são mais eficientes, o que deve gerar implicações ecológicas importantes nas áreas descritas.

Em função de condições hidrodinâmicas mais intensas na região de Cananéia em relação ao Canal de Bertioiga, o componente vertical de velocidade mostrou-se mais intenso naquela região, o que sugere que as dimensões do sistema estuarino-lagunar de Cananéia tenham favorecido a intensificação desse componente.

A porção sul do Mar de Cananéia, próximo à base do Instituto Oceanográfico da USP, sofreu alterações significativas na circulação estacionária após o rompimento da barragem do Valo Grande, passando de condições bem misturadas com fraca estratificação (Tipo 1a) para parcialmente misturadas com alta estratificação (Tipo 2b) e predomínio da advecção nos processos de mistura. Os outros dois locais de coleta também apresentaram condições de alta estratificação, sendo que na estação Baía do Trapandé prevaleceu a advecção e na estação Barra houve um equilíbrio entre a difusão turbulenta e a advecção nos processos de mistura.

No Canal de Bertioga foi observada uma compartimentação nos padrões de circulação: as estações Barra e Itapanhaú foram parcialmente misturadas (Tipo 2b) com predomínio da difusão turbulenta nos processos de mistura enquanto as estações Marina, Mangue e Base Aérea apresentaram características mais próximas de condições verticalmente homogêneas (Tipo 1b).

Os ajustes das soluções teóricas aos dados experimentais de S e u foram bastante satisfatórios, com exceção das condições de baixa estratificação cujas diferenças entre os extremos de velocidade foi inferior a $0,05 \text{ m s}^{-1}$. Nestes casos, a precisão do sensor de velocidade parece ter influenciado na determinação da configuração do perfil vertical de u .

A geometria dos sistemas descritos no presente trabalho - especialmente a profundidade e a largura - influenciaram de maneira decisiva na circulação desses ambientes e nos processos de mistura associados.

As diferenças observadas entre as condições experimentais e os perfis teóricos de velocidade e de salinidade deveram-se principalmente ao fato dos coeficientes de mistura terem sido considerados constantes e as respectivas limitações dessa condição; ao curto período amostral, que não foi suficiente para abranger condições estacionárias; à mudança das condições hidrodinâmicas dos sistemas estudados, nem sempre classificados como parcialmente misturados e ao fato da estimativa da descarga de água doce ser baseada em dados climatológicos.

No único caso em que pôde ser feita uma comparação entre os coeficientes experimentais e teóricos de viscosidade turbulenta, os resultados teóricos indicaram muito boa qualidade.

A variabilidade observada na resposta dos diferentes modelos para os coeficientes de viscosidade turbulenta e de difusão turbulenta pode estar relacionada às características inerentes a cada modelo e sua formulação teórica.

5.6 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A fim de dirimir dúvidas levantadas ao longo deste trabalho, surgem algumas propostas para trabalhos futuros:

- Monitoramento contínuo da descarga de água doce dos principais rios afluentes nos sistemas de Cananéia e Bertioga;
- Observação prolongada da estrutura espaço-temporal da velocidade e da salinidade nas duas regiões através de fundeios de correntógrafos e CTD's, além de marégrafos na região costeira adjacente;
- Determinação da influência do vento na circulação estuarina das áreas estudadas através da manutenção da estação meteorológica de Cananéia e instalação de estação semelhante no Canal de Bertioga;
- Definição da interação do sistema estuarino de Santos e da região costeira com o Canal de Bertioga e também da região de Cananéia com a região costeira adjacente;
- Estimativa dos tempos de descarga e das taxas de renovação nas duas áreas de estudo;
- Determinação experimental dos coeficientes de mistura nestas regiões.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFREDINI, P. & I. O. SANTOS, 1998.** Impacto da Vazão da Barragem do Valo Grande na Distribuição de Salinidade no Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape-Cananéia (Estado de São Paulo). In: XVIII Congresso LatinoAmericano de Hidráulica. Oaxaca, México. P. 305 – 314.
- BÉRGAMO, A. L., 2000.** Características da Hidrografia, Circulação e Transporte de Sal: Barra de Cananéia, Sul do Mar de Cananéia e Baía do Trapandé. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da USP. 214 p.
- BESNARD, W., 1950.** Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape. Bolm. inst. paul. oceanogr., 1(1): 9-26.
- BONETTI FILHO, J., 1995.** Transporte de Sedimentos por Suspensão nas Proximidades da Barra de Cananéia. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Departamento de Oceanografia Física do Instituto Oceanográfico. 2 v.
- BONETTI FILHO, J. & L. B. MIRANDA, 1997.** Estimativa da Descarga de Água Doce no Sistema Estuarino - Lagunar de Cananéia – Iguape. Rev. bras.oceanogr. Notas, 45 (1/2): 89 – 94.
- BOWDEN, K. F., 1953.** Note on Wind Drift in a Channel in the Presence of Tidal Currents. Proc. Soc. Amer., 219: 426 – 446.
- CAMERON, W. M. & D. W. PRITCHARD, 1963.** Estuaries. In: The Sea. Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas. Ed. M. N. Hill, New York, Interscience Publishers, p. 306 – 324.
- CETESB, 1978.** Poluição das Águas no Estuário e Baía de Santos – Volume 1. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Secretaria de Obras e do Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo. 71 p.
- CETESB, 1988.** Estudo dos Manguezais da Baixada Santista. Relatório Final. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Secretaria de Obras e do Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo. 70 p.
- CLARK, J. R., 1977.** Coastal Ecosystem Management. John Wiley and Sons, New York, 928 p.

- DAEE, 1987.** Contribuições superficiais dos rios que deságuam no sistema estuarino de Iguape-Cananéia (Mar Pequeno, Mar de Cubatão e Baía de Trapandé). Diretoria da Bacia do Ribeira e Litoral Sul/DAEE, OF/B.R.B./053/87.
- DAEE, 1998.** Banco de Dados Fluviométricos do Estado de São Paulo – Atualizado até 1997. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras, Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH – USP). Governo do Estado de São Paulo. Versão N.º 1.
- DALRYMPLE, R. W.; B. A. ZAITLIN & R. BOYD, 1992.** A Conceptual Model of Estuarine Sedimentation. *J. sedim. Petrology*, 62: 1130 – 1146.
- DAVIES, J. H., 1964.** A Morphogenetic Approach to World Shorelines. *Z. Geomorphol.*, 8: 127 – 142.
- DEFANT, A., 1960.** *Physical Oceanography*. Oxford (England). Pergamon Press. 2 v.
- DHN, 1997.** Tábua das Marés. 1 ed., Rio de Janeiro – RJ. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 194 p.
- DHN, 1998.** Tábua das Marés. Rio de Janeiro – RJ. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 108 p.
- DHN, 1999.** Tábua das Marés. Rio de Janeiro – RJ. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 194 p.
- DRONKERS, J., 1986.** Tidal Asymmetry and Estuarine Morphology. *Neth. J. Sea Res.*, 20 (2/3): 117 – 131.
- DYER, K. R., 1997.** *Estuaries: A Physical Introduction*. Second Edition. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, United Kingdom, 195 p.
- EICHLER, P. P. B., em prep.** Caracterização e Monitoramento das Associações de Foraminíferos no Canal de Bertioga. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da USP.
- EMERY, K. O., 1967.** Estuaries and lagoons in relation to continental shelves. In: G. H. Lauff (ed.), *Estuaries*. Am. assoc. Adv. Sci. Washington D.C. Publication 83: 9 – 11.
- FAIRBRIDGE, R. W., 1980.** The Estuary: Its Definition and Geodynamic Cycle. In: *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*. Eds. Olausson, E. & I. Cato, Wiley, New York, p. 1 – 35.

- FISHER, H. B., J. D. DITMARS & A. T. IPPEN, 1972.** Mathematical Simulation of Tidal-time Averages of Salinity and Velocity Profiles in Estuaries. Massachusetts. MIT. Massachusetts Report No. MITSG 72 – 11, 157 p.
- FÚLFARO, V. J. & W. L. PONÇANO, 1976.** Sedimentação Atual do Estuário e Baía de Santos: Um Modelo Geológico Aplicado a Projetos de Expansão da Zona Portuária. In: 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2: 67 – 90.
- FUNDESPA, 1991.** Condições Oceanográficas no Canal da Bertioiga: Relatório Técnico Final. Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas. 251 p.
- FURTADO, V. V., A. R. MESQUITA, C. A. S. FRANÇA & L. B. MIRANDA. 1993.** Aspectos do Transporte de Sedimentos em Suspensão no Sistema Estuarino - Lagunar Cananéia – Iguape (Mar de Cananéia). In: IV Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Resumos. São Paulo. P. 79.
- GEOBRÁS, 1966.** Complexo Valo Grande Mar Pequeno Rio Ribeira de Iguape. Serviço do Vale do Ribeira. Departamento de Águas e Energia Elétrica . Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. Governo do Estado de São Paulo. 2 v.
- HAMILTON, P. & M. RATTRAY, Jr., 1978.** Theoretical Aspects of Estuarine Circulation. In: Estuarine Transport Processes. Ed. B. Kjerfve. Belle W. Baruch Library in Marine Science. Columbia. University of South Carolina Press, South Carolina. No. 7: 37 – 73.
- HANSEN, D. V. & M. RATTRAY, Jr., 1965.** Gravitational Circulation in Straits and Estuaries. J. mar. Res., 23 (2): 104 – 122.
- HANSEN, D. V. & M. RATTRAY, Jr., 1966.** New Dimensions in Estuarine Classification. Limnol. Oceanogr., 11: 319 – 326.
- HERZ, R., 1991.** Manguezais do Brasil. Instituto Oceanográfico da USP. São Paulo, Brasil. 227 p.
- IPH, 1977.** Comportamento Hidráulico e Sedimentológico do Estuário Santista: Relatório Final – Desenhos. Empresa de Portos do Brasil. Instituto de Pesquisas Hidroviárias. 1 v.
- IPT, 1994.** Carta Geotécnica do Estado de São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, DCET, 2 v.

- IPPEN, A. T., 1966.** Estuary and Coastline Hydrodynamics. McGraw-Hill, New York, 744 p.
- IPPEN, A. T. & D. R. F. HARLEMAN, 1961.** One-dimensional Analysis of Salinity Intrusion in Estuaries. Committee on Tidal Hydraulics Waterways Experiment Station, Corps of Engineers US Army, Vicksburg, Mississippi. Technical Bulletin No. 5, 120 p.
- KATO, K., 1966.** Chemical Investigations on the Hydrographical System of Cananéia Lagoon. Bolm. Inst. oceanogr., 15 (1):1 – 12.
- KJERFVE, B., 1975.** Velocity Averaging in Estuaries Characterized by Large Tidal Range to Depth Ratio. Estuar. coast. mar. Sci., 3: 311-323.
- KJERFVE, B., 1987.** Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography. In: Estuarine Ecology. Eds. Day Jr., J. W.; C. H. A. S. Hall; W. M. Kemp & A. Yañez-Arancibia. John Wiley and Sons, New York.
- KJERFVE, B. & K. E. MAGILL, 1989.** Geographic and Hydrodynamic Characteristics of Shallow Coastal Lagoons. Mar. Geol., 88: 187 – 199.
- KUTNER, A. S., 1962.** Granulometria dos Sedimentos de Fundo da Região de Cananéia, SP. São Paulo. Bolm. Soc. Bras. Geol., 11(2): 41 – 54.
- LAMPARELLI, C. C.; F. O. RODRIGUES & D. O. MOURA, 1997.** Long-Term Assessment of an Oil Spill in a Mangrove Forest in São Paulo, Brazil. In: Kjerfve, B., Lacerda, L. D. and Diop, E. S. (eds.), Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa. Paris, France. UNESCO. P. 191 – 203.
- LORENZZETTI, J. A., 1976.** Aplicação da Técnica de Análise Espectral Cruzada ao Estudo da Correlação entre as Oscilações do Nível do Mar Observadas em Cananéia e Bom Abrigo. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 118 p.
- MARTIN, L. & K. SUGUIO, 1989.** Excursion Route Along the Brazilian Coast Between Santos (State of São Paulo) and Campos (Northern State of Rio de Janeiro). In: International Symposium on Global Changes in South America During the Quaternary: Past – Present - Future. São Paulo, Brazil. P. 59 – 136.

- MARTINS, C. C., 2000.** Variações Morfológicas e Sedimentares de Curto Período em Perfis Praiais, Praia da Bertioga/SP. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da USP. 161 p.
- MESQUITA, A. R., 1983.** Contribuição à oceanografia da região costeira sudoeste do Brasil (Latitude 24 S) – Sub-Projeto Hidrodinâmica Costeira: Execução e Resultados. Tese de Livre Docência do Instituto Oceanográfico da USP. 187 p.
- MESQUITA, A. R. & J. HARARI, 1983.** Tides and Tide Gauges of Cananéia and Ubatuba – Brazil (lat. 24 ° S). Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, (11): 1 – 14.
- MESQUITA, A. R., L. B. MIRANDA, V. V. FURTADO, C. A. S. FRANÇA, L. V. NONATO & F. L. VICENTINI NETO, 1992.** Medições de Processos Turbulentos na Camada de Contato do Fundo Oceânico e Aplicação ao Estudo de Transporte de Sedimentos. Relatório à FAPESP.
- MILLERO, J. M., 1984.** The Conductivity-Density-Salinity-Chlorinity Relationships for Estuarine Waters. *Limnol. Oceanogr.*, 29 (6): 1317 – 1322.
- MINIUSSI, I. C., 1959.** Propagação da Onda de Maré em Torno da Ilha de Cananéia. *Contrções Inst. oceanogr. da USP*, N°. 2, 8 p.
- MIRANDA, L. B., 1990.** Sistemas Estuarinos de Planície Costeira: Estrutura Dinâmica, Processos de Mistura e Aplicações. In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, Estrutura, Função e Manejo. Águas de Lindóia, São Paulo. ACIESP, 71 (2): 1 – 46.
- MIRANDA, L. B. & B. M. CASTRO, F., 1991.** Condições Oceanográficas no Canal de Bertioga. Relatório Técnico. São Paulo. Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas. P. 1 – 97.
- MIRANDA, L. B.; A. R. MESQUITA & C. A. S. FRANÇA, 1995.** Estudo da Circulação e do Processo de Mistura no Extremo Sul do Mar de Cananéia. Condições de Dezembro de 1991. *Bolm. Inst. oceanogr. São Paulo*, 43 (2): 153 – 164.
- MIRANDA, L. B. & B. M. CASTRO, F., 1996.** On the salt transport in the Cananéia sea during a spring tide experiment. *Rev. bras. oceanogr.*, 44(2): 123 – 133.

- MIRANDA, L. B. & B. M. CASTRO, F.º., 1997.** Classificação do Mar de Cananéia e Estimativa do Fluxo de Sal. In: VII Congresso Latino-Americano sobre Ciências do Mar. Resumos expandidos. Santos . Vol. 2: 175 – 176.
- MIRANDA, L. B., 1998.** Cinemática e Dinâmica de Estuários. Notas de Aula do Curso de Pós-Graduação – IOF-827. Instituto Oceanográfico. São Paulo. 642 p.
- MIRANDA, L. B.; B. M. CASTRO, F.º. & B. KJERFVE, 1998.** Circulation Mixing Due to Tidal Forcing in the Bertioga Channel, São Paulo, Brazil. *Estuaries.*, 21 (2): 204 – 214.
- MIRANDA, L. B., B. M. CASTRO, F.º. & B. KJERFVE, no prelo.** Princípios da Oceanografia Física de Estuários. São Paulo, SP. Editora da Universidade de São Paulo.
- MISHIMA, M. ; N. YAMANAKA; O. M. PEREIRA; F. C. SOARES; C. SINQUE; S. AKABOSHI & O. JACOBSEN, 1985.** Hidrografia do Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia (25° S, 048° W). São Paulo, Brasil. *B. Inst. Pesca*, 12 (3): 109 – 121.
- MIAYO, S. Y., 1977.** Contribuição ao Estudo da Oceanografia Física da Região de Cananéia (lat. 25 ° S long. 48 ° W). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Departamento do Oceanografia Física do Instituto Oceanográfico, 87 p.
- MIYAO, S. Y. & J. G. D. ANDRADE, 1984.** Projeto Valo Grande Sub-Projeto Hidrografia. Relatório Técnico. 17 p.
- MIYAO, S. Y., L. NISHIHARA & C. C. SARTI, 1986.** Características Físicas e Químicas do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape. *Bolm. Inst. oceanogr.* São Paulo, 34 (único): 23 – 36.
- MIYAO, S. Y. & J. HARARI, 1989.** Estudo Preliminar da Maré e das Correntes de Maré na Região Estuarina de Cananéia (25 ° S e 048 ° W). *Bolm. Inst. oceanogr.* São Paulo, 37 (2):107 – 123.
- MOURÃO, F. A. A., 1967.** Pesca no Litoral Sul do Estado de São Paulo, e o Pescador da Região Lagunar de Iguape-Cananéia. *FFLCH-USP*. 2 v.
- NICHOLS, M. M. & R. B. BIGGS, 1985.** *Estuaries*. In: *Coastal Sedimentary Environments*. Ed. Davis, R. A., Springer-Verlag, New York, 77 – 186.

- OCCHIPINTI, A. G., 1963.** Climatologia Dinâmica do Litoral Sul Brasileiro. Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico da USP. Série Oceanografia Física, 3: 1 – 86.
- OFFICER, C. B., 1976.** Physical Oceanography of Estuaries (and Associated Coastal Waters). New York, John Wiley and Sons, Inc., 465 p.
- OFFICER, C. B., 1977.** Longitudinal Circulation and Mixing Relations in Estuaries. In: Estuaries, Geophysics and the Environment. Washington D. C., National Academy of Sciences, p 13 – 21.
- PONTE, A. C. E. ; I. A. Z. FONSECA & S. M. C. A. CLARO, 1987.** Impacto Causado por Petróleo no Manguezal do Canal da Bertioga, Estrutura da Vegetação. In: 1º Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. ACIESP. Cananéia. P. 138 – 147.
- PRANDLE, D., 1982.** The Vertical Structure of Tidal Currents and Other Oscillatory Flows. Continent. Shelf Res. 1 (2): 191 – 207.
- PRANDLE, D., 1985.** On Salinity Regimes and the Vertical Structure of Residual Flows in Narrow Tidal Estuaries. Estuar. coast. Shelf Sci., 20: 615 – 635.
- PRITCHARD, D. W., 1952.** Estuarine Hydrography. Advances in Geophysics. Academic Press Inc., New York. Vol. 1: 243 – 280.
- PRITCHARD, D. W., 1954.** A Study of Salt Balance in a Coastal Plain Estuary. J. mar. Res., 13(1): 133 – 144.
- PRITCHARD, D. W., 1955.** Estuarine Circulation Patterns. Proc. Amer. Soc. Civil Eng., 81: 717/1 – 717/11.
- PRITCHARD, D. W., 1956.** The Dynamic Structure of a Coastal Plain Estuary. J. mar. Res., 15(1): 33 – 42.
- PRITCHARD, D. W., 1967.** What is an estuary: physical standpoint. In: G.H. Lauff (ed.), American Association for the Advance of Science, Washington, D.C. P. 52 - 63.
- PRITCHARD, D. W., 1989.** Estuarine Classification – A Help or a Hindrance. In Estuarine Circulation. Eds. Neilson, B. J., A. Kuo & J. Brubaka. Human Press, Clifton, New Jersey. P. 1 – 38.
- RATTRAY, Jr. M. & D. V. HANSEN, 1962.** A Similarity Solution for Circulation in an Estuary. J. mar. Res., 20 (2): 121 - 133.

- SAITO, R. T.; I. I. L., CUNHA; R. C. L. FIGUEIRA & M. G. TESSLER, 1998.** Sedimentation Rate in the Brazilian South Coast Cananeia – Iguape Estuary. Trans. American Nuclear Society, 79: 58 – 59.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y., 1984.** Barcaça Gisela. Avaliação de Impacto Ambiental, Baixada Santista, São Paulo, Brasil. 111 p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y., 1986.** Rompimento de oleoduto. Avaliação de Impacto Ambiental, Canal de Bertioga, São Paulo, Brasil.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; H. S. L. MESQUITA & G. CINTRÓN-MOLERO, 1990.** The Cananéia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brazil. Estuaries, 13 (2): 193 – 203.
- SOARES, M. L. G., 1997.** Estudo da Biomassa Aérea dos Manguezais do Sudeste do Brasil – Análise de Modelos. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2 v.
- STOMMEL, H., 1951.** Recent Development in the Study of Tidal Estuaries. Technical Report, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts. No. 51 (33): 16 p.
- SUGUIO, K & L. MARTIN, 1978.** Formações Quaternárias Marinhas do Litoral Paulista e Sul Fluminense. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. Brazilian National Working Group for the IGCP Project 61. Special Publication, N.º. 1. São Paulo, Brazil. 55 p.
- TELES, A. P. S. da S. & K. SUGUIO, 1997.** Possível Impacto da Abertura do Valo Grande no Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape, SP/BR. In: 6º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário / Reunião sobre o Quaternário da América do Sul. Curitiba. Resumos Expandidos, p 151 – 154.
- TESSLER, M. G., 1982.** Sedimentação Atual na Região Lagunar de Cananéia – Iguape, Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociências da USP. 2 v.
- TUNDISI, J. G., 1969.** Produção primária, “standing-stock” e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, FFLCH, 130 p.

UNESCO, 1981. The Practical Salinity Scale 1978 and the International Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Technical Papers in Marine Science, No. 36, 25 p.

WAINER, I. E. K. C.; P. M. COLOMBO & A. J. MIGUEL, 1996. Boletim de Monitoramento Climatológico para as Bases Norte e “Dr. João de Paiva Carvalho” do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Relatório Técnico do Instituto Oceanográfico da USP, 38: 1 – 13.

WEISBERG, R. H., 1976. A Note on Estuarine Mean Flow Estimation. J. mar. Res., 34 (3): 387 – 394.

Apêndice I

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Programa para aplicação de modelos bidimensionais
% estacionários e comparação com dados experimentais.
% Neste caso, a simulação considera atrito moderado, ou
% seja, COM ESCORREGAMENTO de fundo ("u" de fundo é dif. de 0).
% O modelo utilizado foi proposto por Fisher et al. (1972).
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Notação utilizada:
% g: Força de gravidade (m/s2)
% h: Profundidade média no tempo de amostragem (m)
% (já corrigido o efeito da maré e da topog. de fundo)
% B: Largura do canal (m)
% Rho: Densidade utilizada no calculo de Rhox (5 kg/m3)
% ESTE VALOR DE Rho REPRESENTA A VARIACAO DE DENSIDADE
% OBSERVADA POR MIRANDA (1996) PARA BERTIOGA
% x: Comprimento do canal (m)
% Rho0: Densidade de referência (kg/m3)
% Beta: Coeficiente de contração salina (1/partes por mil)
% Rhox: Gradiente longitudinal de densidade (kg/m4)
% Rhox2: Derivada segunda do grad. long. de densidade (kg/m4)
% TCV: Tensão de cisalhamento do vento (N/m2)
% TCF: Tensao de cisalhamento do fundo (N/m2)
% uf: Velocidade da descarga de água doce (m/s)
% u0: Velocidade de superfície (m/s)
% Ro: Densidade da coluna de água (kg/m3)
% (calculada a partir da equação de estado simplificada)
% Az: Coeficiente de viscosidade turbulenta (m2/s)
% UD: Velocidade teórica gerada pelo gradiente de densidade (m/s)
% UR: Velocidade teórica gerada pela descarga de água doce (m/s)
% UV: Velocidade teórica gerada pelo vento (m/s)
% UF: Velocidade teórica gerada pelo atrito com o fundo (m/s)
% U: Velocidade resultante em u - comp. longitudinal (m/s)
% a: Amplitude média da maré (m)
% k1: Constante adimensional para cálculo do coef. viscosidade
% turbulenta
% C0: Celeridade da onda (m/s)
% WD: Velocidade teórica gerada pelo gradiente de densidade (m/s)
% WV: Velocidade teórica gerada pelo vento (m/s)
% W: Velocidade resultante em w - comp. vertical (m/s)
% Bh2: Prod. da larg. do canal pela prof. quadrada do mesmo (m2)
% Bh4: Prod. da larg. do canal pela prof. a quarta do mesmo (m4)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

diary bert0808fis.txt

```

g=9.87
h=8.8
Rho0=1000;
Beta=0.0007;
B=100

```

x=4800
Sref=3.26
Sx=Sref*0.001/x


```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Sx e multiplicado por 0.001 para tornar a salinidade%
% numa grandeza adimensional (g/g) %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

Rho=2.3
Rhox=Rho/x
%t2=['Rhox= ',num2str(Rhox), ' Kg m^{-4}'];
TCV=0
%t3=['TCV= ',num2str(TCV),' N m^{-2}'];
k1=0.0007
%t4=['k= ',num2str(k1)];
a=1.07
Kz=0.0000006
t5=['Kz= ',num2str(Kz),' m^{2} s^{-1}'];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Carregando arquivo-fonte %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

load Bert0808.dat
z=Bert0808(:,1);
z1=-z;
z4=1+z;
u=Bert0808(:,2);
uf=mean(u);
u0=u(1);
s=Bert0808(:,3);
usz4=[u s z4]

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Equação simplificada do estado %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

Ro=1000*(1+(Beta.*s));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Cálculo da amplitude da velocidade gerada %
% pela maré %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

C0=sqrt(g*h);
U0=(a*C0)/h;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Cálculo do coeficiente de viscosidade turbulenta %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

Azcalc=k1*U0*h
Azest=(1/(2*u0-3*uf))*(((0.0417*g*h^3*Rhox)/Rho0)+((0.5*TCV*h)./Ro));
Az1=mean(Azest)
%Az1=0.0005;
t1=['Az= ',num2str(Az1), ' m^{2} s^{-1}'];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Calculo da tensao de cisalhamento do fundo (TCF)%

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
TCF=Ro.*((-0.092*g*h^2*Rhox)/Rho0)+Ro.*(2.212*k1*U0*uf)-0.369*TCV

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Estratificacao verticalmente homogenea %
% Solucao com escorregamento %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

umistd=((g*(h^2)*Rhox)/(k1*U0*Rho0))*(0.167*z1.^3-0.296*z1.^2+0.058);
umistr=uf*(1.106*z1.^2+0.63);
umistv=(TCV/(k1*U0))*(0.316*z1.^2-z1+0.395).*(1./Ro);
umistot=umistd+umistr+umistv

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Estratificacao verticalmente homogenea %
% Solucao sem escorregamento %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Cálculo do perfil teórico da velocidade u %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

Roaz=Ro.*Az;

umistd1=((g*(h^3)*Rhox)/Rho0)*(0.167*z1.^3-0.188*z1.^2+0.0208).*(1./Az);
umistr1=-uf*(1.5*z1.^2-1.5);
umistv1=TCV*h*(0.75*z1.^2-z1+0.25).*(1./Roaz);
utot1=umistd1+umistr1+umistv1

plot(u,z4,'k');
hold on
plot(umistot,z4,'k*-');
plot(utot1,z4,'ko-');
plot([0 0],[0 1],'k');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel('Velocidade Longitudinal (m s^{-1})')
ylabel('Profundidade Adimensional, Z')
legend('u','umistot','utot1',2);
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/fisbert0808umist.pcx
figure

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Estratificacao parcialmente misturada %
% Solucao com escorregamento %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Cálculo do perfil teórico da velocidade u %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

UD=((g*h^2*Rhox)/(k1*U0*Rho0))*(0.167*z1.^3-0.25*z1.^2+0.0417);
UR=uf;

```

```

UV=(TCV/(k1*U0))*(0.5*z1.^2-z1+0.333).*(1./Ro);
UF=(TCF./(k1*U0)).*(0.5*z1.^2-0.0417).*(1./Ro);
UTOT=UD+UR+UV+UF

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Estratificacao parcialmente misturada %
% Solucao sem escorregamento %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Cálculo do perfil teórico da velocidade u %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

UD1=((g*h^3*Rhox)/Rho0)*(0.167*z1.^3-0.188*z1.^2+0.0208).*(1./Az);
UR1=uf*(-1.5*z1.^2+1.5);
UV1=(TCV*h)*(0.75*z1.^2-z1+0.25).*(1./Roaz);
UTOT1=UD1+UR1+UV1

plot(u,z4,'k');
hold on
plot(UTOT,z4,'k*-');
plot(UTOT1,z4,'ko-');
plot([0 0],[0 1],'k');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel('Velocidade Longitudinal (m s^{-1})');
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
%gtext(t1);
%gtext(t2);
%gtext(t3);
%gtext(t4);
legend('u', 'UTOT', 'UTOT1', 2);
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/fisbert0808u.pcx
figure

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Estratificacao parcialmente misturada %
% Solucao com escorregamento %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Cálculo do perfil teórico da velocidade w %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

Rhox2=(24.5-2*12)/(x/2)^2;
Bh4=B*h^4;
Bh4x=Bh4/x;
Bh2=B*h^2;
Bh2x=Bh2/x;
gh2=g*h^2;
gh2x=gh2/x;

WD=((h*Rhox*gh2x)/(k1*U0*Rho0)+((g*h^3*Rhox2)/(k1*U0*Rho0)))*(-
0.0417*z1.^4+0.083*z1.^3-0.0417*z1);
W=WD*100000

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Estratificacao parcialmente misturada %
% Solucao sem escorregamento          %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Cálculo do perfil teórico da velocidade w %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

WD1=(g/(B*Rho0))*(Bh4x*Rhox+Bh4*Rhox2)*(-0.0417*z1.^4+0.0625*z1.^3-
0.0208*z1).*(1./Az);
WV1=((TCV*Bh2x)/B)*(-0.25*z1.^3+0.5*z1.^2-0.25*z1).*(1./Roaz);
W1=(WD1+WV1)*100000

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% As velocidades verticais estão com sinal negativo p/%
% que os referenciais utilizados sejam padronizados %
% (modelo original o referencial cresce pra baixo, %
% enquanto os resultados estão sendo apresentados %
% com referencial crescendo para cima.           %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

plot(-W,z4,'k*-');
hold on
plot(-W1,z4,'ko-');
plot([0 0],[0 1],'k');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel('Velocidade Vertical (10^{-5} m s^{-1}))');
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
legend('W','W1',3);
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/fisbert0808w.pcx
figure

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Calculo da salinidade teorica %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Solucao com escorregamento %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

smed=mean(s);
smed2=[smed smed smed smed smed smed smed smed smed smed smed];
SD=smed+((u0*h^2*Sx)/Kz)*(0.144*z1.^5-0.425*z1.^4+0.5*z1.^2-0.105);
SR=uf*(-0.091*z1.^5+0.36*z1.^4-0.057);
ST=SD+SR

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Solucao velocidade nula fundo %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

SD1=smed+((u0*h^2*Sx)/Kz)*(0.4*z1.^5-0.75*z1.^4+0.5*z1.^2-0.083);
SR1=uf*(-0.6*z1.^5+z1.^4-0.1);

```

```
ST1=SD1+SR1

plot(s,z4,'k');
hold on
plot(ST,z4,'k*-');
plot(ST1,z4,'ko-');
plot([smed2 smed2],[0 1],'k');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel('Salinidade');
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
legend('s','ST','ST1',3);
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/fisbert0808sal.pcx
```

Apêndice II

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Este programa calcula velocidades teoricas%
% para um estuario bidimensional a partir  %
% do modelo proposto por Prandle (1985)  %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Notacao utilizada:
% z: Profundidade adimensional negativa
% z1: Prof. adim. positiva
% u: Velocidade longitudinal (m/s)
% q1: Vazao do rio (m3/s)
%
% h: Profundidade média no tempo de amostragem (m)
%     (já corrigido o efeito da maré e da topog. de fundo)
% d: Profundidade adim. da interface entre a camada superior e inferior%
% udesc: Velocidade longitudinal gerada pela descarga de agua doce (m/s)%
% uven: Veloc. long. gerada pela tensao de cisalhamento do vento (TCV) %
% ucima: Veloc. long. da camada superior sob condicoes de estratificacao%
% (m/s)
% ubaixo: Veloc. long. da camada inferior sob cond. de stratif. (m/s) %
% elevd: Elevacao da superficie livre gerada pela descarga de agua doce %
% (m)
% elevv: Elevacao da sup. livre gerada pela TCV (m)
% uf: Velocidade da descarga de água doce (m/s)
% u0: Velocidade de superfície (m/s)
% Ro: Densidade da coluna de água (kg/m3)
%     (calculada a partir da equação de estado simplificada)
% Rho0: Densidade de referência (kg/m3)
% Beta: Coeficiente de contração salina (1/partes por mil)
% TCV: Tensão de cisalhamento do vento (Kg/m*s2)
% a: Amplitude média da maré (m)
% C0: Celeridade da onda (m/s)
% x: Comprimento do canal (m)
% Rhox: Gradiente longitudinal de densidade (kg/m4)
% U0: Velocidade maxima gerada pela mare (m/s)
% V: Parametro adimensional associado ao vento
% D: Parametro adim. associado a densidade
% F: Parametro adim. associado a friccao
% E: Parametro adim. utilizado na determinacao da velocidade sob condi-
% coes de estratificacao vertical (2 camadas)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clear

diary bert0808.txt

B=100

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Atencao: parametro "q" = vazao rio/unidade de largura %

```



```

V=(TCV/(g*h)).*1./Ro;
D=(Rhox*h).*1./Ro;
F=(k*U0*uf)/(g*h);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Calculo das velocidades%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Descarga de agua doce%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

udesc=0.89*uf*((-z4.^2)/2+z4+3.14/4);
udesc1=udesc/uf;
plot(udesc1,z4,'k');
hold on
%plot([1 1],[0 1],'k--');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel(' Udesc uf^{-1} ');
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
figure
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/bert0808desctot.pcx

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Ventos%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

uven=((TCV/(k*U0))*(0.574*z4.^2-0.149*z4-0.117)).*(1./Ro);
uven1=(V*uf)/F;
uven2=uven./uven1;
plot(uven2,z4,'k');
hold on
plot([0 0],[0 1],'k');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel(' Uven (V uf / F)^{-1} ');
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
figure
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/bert0808ventot.pcx

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Correntes de densidade em estuario verticalmente homoganeo%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

umist=((g*h^2*Rhox)/(k*U0))*((-z4.^3/6)+0.269*z4.^2-0.037*z4-0.029)./Ro;
umist1=(D*uf)/F;
umist2=umist./umist1;
plot(umist2,z4,'k*-');
hold on
plot([0 0],[0 1],'k');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel('Umist (D uf / F)^{-1} ');
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
figure
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/bert0808misttot.pcx

```

```

plot(umist,z4,'k*-');
hold on
plot(u,z4);
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel('Velocidade Longitudinal (m s^{-1})');
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
figure
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/bert0808mist.pcx

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Correntes de densidade em estuario verticalmente estratificado%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

y=1
E=d/((1-2*d+d^2)*((1-d)/(3*y))+0.308*d));
j=0;
l=0;
for i=1:11
    if z4(i)<d
        j=j+1;
        z2(j)=z4(i);

% Primeira solucao
        ubaixol(j)=-((q*E*(1-d))/(h*d^2))*(-
0.574*z4(i).^2+0.149*d*z4(i)+0.117*d^2);

% Segunda solucao
        ubaixo2(j)=((-1.56*q)/(h*d^2*(1-d))*(-
0.574*z4(i).^2+0.149*d*z4(i)+0.117*d^2));

        else

            l=l+1;
            z3(l)=z4(i);

% Primeira solucao
            ucimal(l)=-((q*E)/(h*d))*((1/y)*(z4(i).^2/2-z4(i)+d-d^2/2)-0.308*d*(1-
d));

% Segunda solucao
            ucima2(l)=-((1.56*q)/(h*(1-3*d+3*d^2-d^3)))*((z4(i).^2/2)-z4(i)-
0.808*d^2+1.616*d-0.308);

        end
    end

ul=u/uf;
ustrat1=[ucimal,ubaixol]';
ustrat1l=ustrat1/uf;
ustrat2=[ucima2,ubaixo2]';
ustrat2l=ustrat2/uf;
xmin=min(u);
xmax=max(u);
plot(ul,z4,'k');
hold on

```


$$L = \left(\frac{0.26 \cdot g \cdot h^2 \cdot D_{Ro}}{k \cdot U_0 \cdot u_f} \right) \cdot \left(\frac{1}{Ro} \right)$$

diary off

Apêndice III

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Este programa calcula velocidades teoricas%
% para um estuario bidimensional a partir %
% do modelo proposto por Hansen e Rattray %
% (1965) %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Notacao utilizada: %
% z: Profundidade adimensional negativa %
% z1: Profundidade adimensional positiva crescente (0 a 1) %
% z4: Profundidade adimensional positiva decrescente (1 a 0) %
% u: Velocidade longitudinal (m/s) %
% q: Vazao do rio (m3/s) %
% B: Largura media da secao transv. onde foi realizada a amostragem (m) %
% h: Profundidade média no tempo de amostragem (m) %
% (já corrigido o efeito da maré e da topog. de fundo) %
% g: Aceleracao da gravidade (m/s2) %
% Beta: Coeficiente de contracao salina (1/ partes por mil) %
% TCV: Tensao de cisalhamento do vento (kg/ms2) %
% x: Distancia media do local de coleta ate a boca do estuario (m) %
% x1: Distancia entre o local de coleta e o local da salinidade de %
% de referencia. Em geral, estes locais coincidem, entao x=0 (m) %
% S0: Salinidade de referencia (adimensional) -- * 0.001 %
% S1: Salinidade de referencia (dimensional) %
% Kh: Coeficiente cinematico longitudinal de troca (m2/s) %
% Az: Coeficiente cinematico vertical de viscosidade (m2/s) %
% Kz: Coeficiente cinematico vertical de difusao (m2/s) %
% Sref: Salinidade utilizada para calculo do gradiente Sx %
% Sx: Gradiente longitudinal de salinidade %
% ugravit: Velocidade teorica gerada pela parcela de circulacao %
% gravitacional (m/s) %
% udesc: Velocidade teorica gerada pela parcela de descarga de agua %
% doce (m/s) %
% uven: Velocidade teorica gerada pela parcela de influencia do vento %
% (m/s) %
% uhan: Velocidade teorica resultante do modelo de Hansen-Rattray (m/s) %
% integphig: Integral phi da parcela gravitacional %
% integphid: Integral phi da parcela de descarga de agua doce %
% integphiv: Integral phi da parcela de influencia do vento %
% integralphi: Integral phi resultante %
% shan: Salinidade teorica %
% shand: Salinidade teorica relativa (M/ni)*((shan-smed)/smed) %
% sd: Salinidade observada relativa (M/ni)*((s-smed)/smed) %
% %
% PARAMETROS ADIMENSIONAIS %
% %
% eta: Distancia longitudinal adimensional %
% ni: Fracao de sal advectada estuario abaixo pela descarga fluvial e %
% que esta em balanço com o sal transportado estuario acima por difusao %
% turbulenta, inclusive a gerada pela mare %
% Ra: Numero de Rayleigh estuarino %

```



```

ni=(Kh*Sx)/(uf*S0)
Ra=(g*Beta*S0*h^3)/(Az*Kh)
M=(Kz*Kh*B^2)/q^2
niRa=ni*Ra
t=(B*h^2*TCV)/(Az*q)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Calculo da velocidade longitudinal %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

ugravit=uf*((niRa)*(0.167*z1.^3-0.188*z1.^2+0.0208));
udesc=uf*(-1.5*z1.^2+1.5);
uven=uf*(t*(0.75*z1.^2-z1+0.25));
uhan=ugravit+udesc+uven
uhan1=uhan/uf
u1=u/uf

plot(u1,z4,'k');
hold on
plot(uhan1,z4,'k*-');
plot([0 0],[0 1],'k');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel('u uf^{-1}');
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/hanbert0808uadim.pcx
figure

plot(u,z4,'k');
hold on
plot(uhan,z4,'k*-');
plot([0 0],[0 1],'k');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel('Velocidade Longitudinal (m s^{-1})')
ylabel('Profundidade Adimensional, Z')
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/hanbert0808u.pcx
figure

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Calculo da salinidade %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

integphig=-(niRa/48)*(2/5*z1.^5-3/4*z1.^4+1/2*z1.^2);
integphid=1/2*(1/4*z1.^4-3/2*z1.^2+2*z1);
integphiv=-(t/4)*(1/4*z1.^4-2/3*z1.^3+1/2*z1.^2);
integralphi=integphig+integphid+integphiv;
shan=smed*(1+ni*eta+((ni/M)*((z1-0.5)-0.5*(z1.^2-1/3))-
integralphi+(11/40)-niRa/576)))
shand=(M/ni)*((shan-smed)/smed)
sd=(M/ni)*((s-smed)/smed)

plot(sd,z4,'k');
hold on

```



```
plot(shand,z4,'k*-');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia')
xlabel('M ni^{-1} ( (s-s0) s0^{-1} )');
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
%%%%%%%%%%legend('sd','shand',3)
%print -dpcx256
/user/angra/home2/bernardes/simbert/hanbert0808saladim.pcx
figure

smed1=[smed smed smed smed smed smed smed smed smed smed smed]';
plot(s,z4,'k');
hold on
plot(shan,z4,'k*-');
plot([smed smed],[0 1],'k');
hold off
title('Manguezal 08/08/99 - Sizigia');
xlabel('Salinidade')
ylabel('Profundidade Adimensional, Z');
%legend('s','shan',3);
%print -dpcx256 /user/angra/home2/bernardes/simbert/hanbert0808sal.pcx
diary off
```