Maria Cristina de Arruda Souza

A Corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, área de Oceanografia Física.

Orientador: Prof. Dr. Belmiro Mendes de Castro Filho

São Paulo

2000

Lista de siglas

AAF – Água Antártica de Fundo
AC – Água Costeira
ACAS – Água Central do Atlântico Sul
AIA – Água Intermediária Antártica
APAN – Água Profunda do Atlântico Norte
AT – Água Tropical
BS – Bacia de Santos
C1 – Fundeio correntográfico do projeto COROAS sobre a isóbata de 100 m
C2 – Fundeio correntográfico do projeto COROAS sobre a isóbata de 200 m
C21, C22, C23, C24, C31 C32 C33 e C34 – Vide Tabela 2.1.1
C3 – Fundeio correntográfico do projeto COROAS sobre a isóbata de 1000 m
CB – Corrente do Brasil
CG – Corrente do Golfo
CIA – Corrente Intermediária Antártica
CNB – Corrente Norte do Brasil
COROAS – Circulação Oceânica da Região Oeste do Atlântico Sul
CSE – Corrente Sul Equatorial
dbar – decibar
DP – desvio padrão
DSU – Data Storing Unit
DVP – Diagrama Vetorial Progressivo
E – Leste
EOF – Função Empírica Ortogonal
FC – Fundeio correntográfico
 F_f – Frequência máxima de corte
 F_o – Frequência crítica
GMT - Greenwich Meridian Time
HM1 – Hidrografia de Mesoescala realizada no verão/93
I1 – inverno de 1993
LIO – Laboratório de Instrumentação Oceanográfica
 M_2 – Componente lunar semidiurna da maré
Máx. – valor máximo da série de dados
Me ou $\bar{x}$ – média aritmética
MICOM – Modelo Oceânico da Universidade de Miami
Mín. – valor mínimo da série de dados
mn – Milhas náuticas
Mo – moda
N/Oc. – Navio oceanográfico
NE – Nordeste
NRF – Nível de referência fixo
NRV – Nível de referência variável
O1 – outono de 1993
P1 ou primavera/93 – primavera de 1993

PCE – Plataforma Continental Externa
 PCSE – Plataforma Continental Sudeste
 pmn = Profundidade de movimento nulo
 POM – Princeton Ocean Model
 QPC – Quebra da Plataforma Continental
 RJ – Rio de Janeiro
 S – Salinidade ou sul
 S_2 – Componente solar semidiurna da maré
 SE - Sudeste
 SP – São Paulo
 Sv – Sverdrup
 SW – Sudoeste
 T – Temperatura
 TV – Transporte de volume da CB
 U – Componente do vetor velocidade transversal à isóbata
 UTC – Unidade de tempo científica (GMT)
 V – Componente do vetor velocidade paralela à isóbata
 V1 ou verão/93 – verão de 1993
 V2 ou verão/94 – verão de 1994
 Var – variância
 $V_{máx}$ – Componente paralela máxima do vetor velocidade
 $V_{mín}$ – Componente paralela mínima do vetor velocidade
 W – Oeste
 WOCE – World Ocean Circulation Experiment
 WSW – Oeste/sudoeste

Lista de Figuras

1.1 - Representação esquemática do Giro Subtropical do Atlântico Sul	2
1.2 – Temperatura da superfície do mar na South Brazil Bight (SBB)	3
1.3 - Diagrama esquemático da possível explicação da diferença nos transportes de volume da CG e da CB	5
1.4 – Transecção meridional do oceano Atlântico, mostrando o movimento das principais massas de água	6
1.5 – Mapa mostrando as posições dos fundeios C1, C2 e C3	8
2.1 - Esquema dos fundeios do projeto COROAS	18
2.2 - Filtro passa-baixa	27
2.3 – Esquema dos fundeios do projeto COROAS	35
3.1 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para V1 e O1 (fundeio C1)	44
3.2 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para I1 e P1 (fundeio C1)	45
3.3 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para V2 (fundeio C1)	47
3.4 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para V1 (fundeio C2)	49
3.5 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para O1 (fundeio C2)	50
3.6 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para I1 (fundeio C2)	51
3.7 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para P1 (fundeio C2)	53
3.8 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para V2 (fundeio C2)	54
3.9 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para V1 (fundeio C3)	57
3.10 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para O1 (fundeio C3)	58
3.11 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para I1 (fundeio C3)	59
3.12 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para P1 (fundeio C3)	61
3.13 – Rosas de distribuição de correntes filtradas para V2 (fundeio C3)	62
3.14 – Distribuição temporal dos vetores velocidade de corrente filtrada (V1)	65
3.15 – Distribuição temporal dos vetores velocidade de corrente filtrada (O1)	66
3.16 – Distribuição temporal dos vetores velocidade de corrente filtrada (I1)	67
3.17 – Distribuição temporal dos vetores velocidade de corrente filtrada (P1)	68
3.18 – Distribuição temporal dos vetores velocidade de corrente filtrada (V2)	69
3.19 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C1 (V1)	71
3.20 – Diagramas Vetoriais Progressivos para o fundeio C1 (V1, O1 e I1)	73
3.21 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C1 (O1)	75
3.22 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C1 (I1)	77
3.23 – Diagramas Vetoriais Progressivos para o fundeio C1 (P1 e V2)	78
3.24 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C1 (P1)	80
3.25 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C1 (V2)	82
3.26 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C2 (V1)	84
3.27 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C3 (V1)	85
3.28 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C2 (O1)	87
3.29 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C3 (O1)	88

3.30 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C2 (I1)	90
3.31 – Diagramas Vetoriais Progressivos para o fundeio C2 (I1 e P1)	91
3.32 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C3 (I1)	92
3.33 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C2 (P1)	93
3.34 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C3 (P1)	94
3.35 – Diagramas Vetoriais Progressivos para o fundeio C3 (I1 e P1)	96
3.36 – Diagramas Vetoriais Progressivos para o fundeio C2 (V2)	97
3.37 – Diagramas Vetoriais Progressivos para o fundeio C3 (V2)	98
3.38 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C2 (V2)	99
3.39 – Séries temporais filtradas de U, V e T para o fundeio C3 (V2)	100
3.40 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C1 (V1)	106
3.41 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C1 (O1)	107
3.42 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C1 (I1)	108
3.43 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C1 (P1)	109
3.44 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C1 (V2)	110
3.45 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C2 (V1)	113
3.46 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C2 (O1)	114
3.47 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C2 (I1)	115
3.48 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C2 (P1)	116
3.49 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C2 (V2)	117
3.50 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C3 (V1)	120
3.51 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C3 (O1)	121
3.52 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C3 (I1)	122
3.53 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C3 (P1)	123
3.54 - Funções empíricas ortogonais (EOF) para o fundeio C3 (V2)	124
3.55 – Séries temporais filtradas de transporte entre os fundeios C2 e C3	129
3.56 (a) – Variabilidade da média da componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) ao longo da coluna d’água, no fundeio C3 (V1 e O1)	130
3.56 (b) – Variabilidade da média da componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) ao longo da coluna d’água, no fundeio C3 (P1 e V2)	131
4.1 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C1, em V1	138
4.2 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C2, em V1	139
4.3 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C2, em V1	140
4.4 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C3, em V1	141
4.5 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C3, em V1	142
4.6 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C1 e C2, em V1	144
4.7 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C1 e C3, em V1	145
4.8 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C2 e C3, em V1	146
4.9 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C3, em I1	148
4.10 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C3, em I1	149
4.11 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C1 e C2, em P1	151
4.12 - Correlações entre os dados provenientes do fundeio C1 e C3, em P1	152

Lista de Tabelas

1.1 - Estimativas para o transporte de volume geostrófico da CB	15
2.1 - Profundidades dos correntógrafos nos fundeios C1, C2 e C3	18
2.2 - Características dos correntógrafos em cada fundeio	19
2.3 - Cruzeiros oceanográficos realizados durante os trabalhos de campo	21
2.4 (a) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C1	22
2.4 (b) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C2	23
2.4 (c) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C3	24
2.5 - Posição dos fundeios e inclinação média das isóbatas	25
2.6 – Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas das componentes paralelas às isóbatas	33
3.1 (a) – Primeiros momentos estatísticos do fundeioC1	38
3.1 (b) – Primeiros momentos estatísticos do fundeioC1	39
3.1 (c) – Primeiros momentos estatísticos do fundeioC1	40
3.2 (a) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C1, para o cálculo de EOF	102
3.2 (b) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C2, para o cálculo de EOF	103
3.2 (c) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C3, para o cálculo de EOF	104
3.3 – Primeiros momentos estatísticos para as séries de transporte	132
4.1 (a) - Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes dos fundeios C1, C2 e C3 (V1)	136
4.1 (b) - Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes dos fundeios C1, C2 e C3 (V1, I1 e P1)	137

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Belmiro Mendes de Castro Filho, pela orientação, confiança e compreensão.

À CAPES pelo suporte financeiro, à FAPESP e PETROBRÁS, pelo apoio ao projeto.

À Anita, minha segunda mãe, e ao meu pai, pelo incentivo, principalmente nos momentos de desânimo. À minha irmã, Cintia, pela amizade. Ao meu marido, Marcelo, pelo amor, amizade, compreensão e pela ajuda, na reta final.

Ao colega de turma Luiz Paulo e ao Lúcio (hoje na UEBA), pelo uso de seus micros e empréstimo de alguns trabalhos. Ao colega Rezende, pela valiosa indicação do trabalho do Sr. José Antônio Moreira Lima.

Ao técnico Ulisses Manzo e ao Prof. Dr. Edmo D. Campos, pelo empréstimo do scanner do LABMON. À Ademildes, também pelo empréstimo do scanner. Ao Jorge, da Secretaria de Pós-Graduação do IOUSP, pelos esclarecimentos. Aos técnicos do LIO, que participaram dos cruzeiros do projeto COROAS.

Ao IOUSP, pelo suporte técnico e pelas cópias do trabalho.

A Deus, por todas as coisas.

Resumo

O comportamento da Corrente do Brasil (**CB**) ao largo de Santos foi determinado a partir de medições diretas de velocidade e temperatura realizadas como parte do projeto COROAS. Foram lançados três fundeios, sobre as isóbatas de 100 m (C1), 200 m (C2) e 1000 m (C3). Os dados obtidos passaram por diversas análises - estatística descritiva, análises gráficas com o auxílio de rosas de distribuição, “stickplots”, séries temporais e hodógrafos e análise de Funções Empíricas Ortogonais (EOF). Os resultados mostram que o ponto C1 sofre grande influência meteorológica – em todas as estações sazonais e profundidades amostradas, há predominância do fluxo para SW, mas este apresenta grande variabilidade devida à sua alternância com o fluxo para NE. Essa variabilidade, com escala subinercial, mostra que durante a maior parte do tempo, o ponto C1 esteve imerso num regime típico de plataforma continental, e não de correntes de contorno oeste. O fluxo da **CB** atinge essa região apenas esporadicamente. Foi observada a bipolaridade entre as intrusões das massas de água transportadas pela **CB** (ACAS e AT), como caracterizada por Castro (1996). Nos pontos C2 e C3, a presença da **CB** é marcante. Nos três primeiros níveis, persistiu um forte fluxo para SW, com intensidades da ordem de 1 m/s. A variabilidade temporal dessas correntes é pequena, principalmente nos três níveis superiores. No nível de 698 m, em C3, predominou o fluxo para NE da Água Intermediária Antártica. As melhores definições do fluxo da **CB** nas três profundidades superiores dos fundeios C2 e C3 foram observadas na primavera/93 e no verão/94. A variabilidade do fluxo, nos três fundeios, é bem descrita pelo comportamento das EOF. Um vórtice ciclônico, de núcleo frio, com período de 20 dias e escala vertical de aproximadamente 700 m, foi registrado em fevereiro de 1993. Indícios desse vórtice foram detectados até no ponto C1. O transporte de volume da **CB**, entre a quebra da plataforma e o talude, possui um valor médio de $-2,01 \pm 0,98$ Sv, relativamente ao nível de 300 m e tem sentido predominante para SW. Foram realizados alguns estudos dos casos de variabilidade da corrente. Esses estudos ilustram o modelo de Lee *et al.* (1981), sobre surgimento e características dos vórtices ciclônicos de núcleo frio, e o transporte de Ekman.

Abstract

Current and temperature measurements, off shore Santos (23° 56' S - 046° 19' W), were performed to determine the behaviour of the Brazil Current (BC), during COROAS Project. Three moored arrays were launched on the 100 m (C1), 200 m (C2) e 1000 m (C3) isobaths. Several analysis were performed – statistical, compass plots, time series and Empirical Orthogonal Functions (EOF). On the C1 point, external continental shelf, meteorological influence is notable – in all seasons and depths sampled, predominate southwestward currents, with big variability in consequence of the alternating northwestward. This variability, with subinercial scale, shows that C1 point was immersed in a typical continental shelf pattern, almost all the time, and not in a western boundary pattern. Brazil Current flow reaches this region sporadically. It was observed a bipolarity between water masses intrusions, South Atlantic Central Water and Tropical Water, transported by BC, supporting earlier observations from Castro (1996). On the three first levels of C2 (continental break) and C3 (continental slope) points, Brazil Current is a well-developed boundary current southwestward, reaching speeds of 1 m/s, with small time variability. On C3 point, 698 m depth, predominate Intermediate Antarctic Water northwestward flow. The best definitions of the BC flow were observed during Spring (1993) and Summer (1994). A good representation of the observed variability was obtained by EOFs . A cyclonic, cold core BC eddy with period of 20 days and vertical scale approximately of 700 m, was detected in February (1993). This eddy seems to have reached C1 point. Brazil Current mean volume transport, between continental break and continental slope , was 2.01 ± 0.98 Sv, relative to 300 m and southwestward, predominately. Some cases of current variability were studied. These cases illustrate the Lee *et al.* (1981) model about onset and features of the cyclonic cold core eddies and Ekman transport.

Capítulo 1

Introdução

A Corrente do Brasil (**CB**) é a corrente de contorno oeste do Giro Subtropical do Atlântico Sul. Ela se origina próximo aos 10° S, a partir da bifurcação do ramo mais setentrional da CSE (Figura 1.1), transportando inicialmente 4 Sv ($1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) (Tomczak & Godfrey, 1994). Dali, a **CB** flui para sudoeste, acompanhando aproximadamente a linha de quebra da plataforma continental. Comparativamente a outras correntes de contorno oeste, a **CB** é rasa; aproximadamente metade do seu fluxo ocorre sobre a plataforma com o eixo da corrente acima da isóbata de 200 m (Tomczak & Godfrey, 1994). Em regiões onde a plataforma continental é mais larga, por exemplo, ao sul de 15° S, parte substancial do transporte da **CB** pode ocorrer na própria plataforma continental, em profundidades menores do que 200 m (Castro, 1996). Nas proximidades de Cabo Frio, onde há um estreitamento da plataforma, Evans & Signorini (1985) obtiveram evidências de que cerca de metade do transporte da **CB** ocorria na parte externa da plataforma continental, localizada a oeste da isóbata de 200 m.

Imediatamente ao sul de Cabo Frio, a mudança na orientação da linha da costa de NE-SW para E-W, faz com que a **CB** gire ciclonicamente para oeste, aproximando-se da quebra da plataforma continental, como consequência da conservação da vorticidade potencial

(Figura 1.2). A **CB** penetra na plataforma continental cruzando as isóbatas quase perpendicularmente e após isso, gira anticiclonicamente para sudoeste (Castro, 1996).

Influenciada pelo sistema de ventos prevalecente e pela rotação da Terra, a **CB** tende a defletir para leste. À medida que a corrente segue para o sul, essa tendência é acentuada e ao redor de 35-38° S sua componente na direção leste se torna mais e mais marcante. Então, nestas latitudes, ela conflui com a água fria da Corrente das Malvinas e se separa da costa, formando a Corrente do Atlântico Sul (Tchernia, 1980) (Figura 1.1).

A contrapartida da **CB** no Hemisfério Norte é a Corrente do Golfo (CG), que é uma

Capítulo 1 – Introdução

corrente rápida, intensa, profunda e estreita (Open University, 1991). Como semelhanças, temos que ambas são correntes de contorno oeste quentes e salinas e apresentam variabilidades de mesoescala, como a ocorrência de meandros e vórtices. Mas a **CB** é descrita na literatura como uma corrente menos intensa e que apresenta um transporte de

Figura 1.2 – Temperatura da superfície do mar, na região sudeste do Brasil, a partir do satélite AVHRR, tirada em 20 de julho de 1993, mostrando um meandramento bem desenvolvido da Corrente do Brasil. Alguns poucos vórtices de núcleo frio podem ser observados a oeste do fluxo principal (Velhote, 1998).

Capítulo 1 – Introdução

Stommel (1965), em seu livro *The Gulf Stream*, apresenta uma explicação para a diferença entre os volumes de água transportados pela CG e pela **CB**. Segundo sua hipótese, a componente “gerada pelo vento” da circulação apresenta o mesmo sentido dessas correntes nos dois hemisférios, mas a circulação termohalina desempenha papéis bastante diferentes, em relação a cada uma delas. Como mostra a Figura 1.3, no Atlântico Norte a componente termohalina apresenta o mesmo sentido que aquela “gerada pelo vento” e, portanto, reforça o movimento da CG; no Atlântico Sul a situação é completamente oposta.

Quanto à estrutura termohalina, a **CB** é classicamente delimitada como o fluxo associado aos movimentos da quente e salina Água Tropical (AT), que flui para sudoeste, na camada superior (0-200 m), com temperaturas (T) maiores que 20,0°C e salinidades (S) maiores que 36,40, e da fria Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que flui para sul ao longo do talude continental na camada inferior (200-500 m), próximo à extremidade da plataforma, e apresenta $T < 20,0^{\circ}\text{C}$ e $S < 36,40$ (Castro & Miranda, 1998).

Segundo Silveira *et al.* (1999), essa definição para a **CB** utiliza um critério dinâmico, que seria “o conceito teórico de que a **CB** é uma corrente de contorno oeste, requerida pelo transporte de Sverdrup para” fechar “a circulação gerada pelo vento no Giro Subtropical”. Mas, também segundo estes autores, tal definição é a mais adotada devido a razões históricas.

A Água Intermediária Antártica (AIA), localizada logo abaixo da ACAS, flui para o norte até a zona de Convergência Subtropical, onde ela deixa o contorno oeste e circula ao redor da bacia como parte do giro subtropical. Ela então, entra na região compreendida entre Cabo Frio (23° S) e Cabo de Santa Marta (28° 40' S) a partir do leste e se divide em dois ramos ao longo do talude continental. Um ramo flui em direção ao equador, a partir de 25° S, e o outro flui em direção ao pólo abaixo desta latitude, de acordo com as conclusões de Muller *et al.* (1998). Quanto à Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e à Água de Fundo Antártica (AFA), a primeira constitui um fluxo organizado para sul, ao longo do

Figura 1.3 - Diagrama esquemático da possível explicação da diferença nos transportes de volume da Corrente do Golfo e da Corrente do Brasil. De acordo com Stommel (1965).

contorno oeste até cerca de 32° S e a última flui abaixo da primeira, em direção ao equador. A estratificação de massas de água descrita acima está apresentada na Figura 1.4.

Figura 1.4 – Transecção meridional do oceano Atlântico, mostrando o movimento das principais massas de água: NADW = Água Profunda do Atlântico Norte; AAIW = Água Intermediária Antártica e AABW = Água Antártica de Fundo. Água com salinidade maior que 34,8 é mostrada em amarelo. O M, em torno de 35° N, indica o influxo da água do Mediterrâneo. Água mais quente do que 10° C é mostrada na superfície, em laranja e mais fria do que 0° C, é mostrada no fundo, em cinza claro. De acordo com Open University

1.1 A Região de Estudo

A região estudada faz parte da Bacia de Santos (BS). A bacia tem um formato de lua crescente, sendo a plataforma continental da mesma mais estreita nas proximidades de Cabo Frio (50 km) e Cabo de Santa Marta (70 km), onde a isóbata de 200 m, próxima à quebra da plataforma continental, aproxima-se da costa, e mais larga na parte central (230 km), em frente ao litoral do Estado de São Paulo, onde aquela isóbata encontra-se mais afastada da linha costeira, como podemos visualizar na Figura 1.5. O comprimento da Plataforma Continental Sudeste (PCSE), que é parte da BS, ao longo da costa é de aproximadamente 1100 km. A topografia é geralmente suave, com isóbatas paralelas à linha da costa. O talude continental tem largura média de 120 km e é formado pelo talude superior, estreito e íngreme cuja base localiza-se entre as isóbatas de 400 e 500 m, e pelo

Capítulo 1 – Introdução

talude inferior, mais largo que o superior e com a base situada em torno de 2000 m de profundidade (Silva, 1995).

Mais especificamente, os estudos foram situados sobre uma radial aproximadamente perpendicular à costa, em frente à cidade de Santos (SP) (23° 56' S - 046° 19' W) (Figura 1.5). Usando a divisão proposta por Castro (1996) para a PCSE, podemos dizer que a área de interesse engloba a plataforma continental externa (PCE), região desde as isóbatas de 70 e 90 m (limite interno) até a quebra da plataforma continental (região da isóbata de 200 m), a região da quebra da plataforma (QPC) e parte do talude continental. Nesta área, a linha da costa possui orientação NE-SW. As correntes na PCE fluem predominantemente para SW, devido à influência dos ventos predominantes e da **CB** que, de acordo com Emílsson (1961), é feição dominante na BS durante o ano inteiro, com suas águas quentes (22-28°C) fluindo para sul ao longo da QPC.

Segundo Castro & Miranda (1998), a variabilidade subdiurna no campo de correntes da PCE apresenta uma pequena quantidade de energia para períodos entre 5 e 10 dias, sendo que perturbações no fluxo da **CB**, na forma de meandros e vórtices, contribuem

esporadicamente para aquela variabilidade. Castro & Lee (1995) afirmam ainda que as forçantes meteorológicas na PCSE têm alta coerência na banda sinótica ao longo da costa e por isso as flutuações costeiras subdiurnas do nível do mar mostram coerência significativa em toda a BS.

Quanto à região da QPC e do talude continental, suas características dinâmicas são diferentes daquelas das regiões adjacentes, por tratar-se de uma região de transição entre o oceano profundo e os mares costeiros, e por apresentar uma abrupta variação batimétrica e estratificação da água. Huthnance (1995) enumera como principais processos físicos atuantes na borda da plataforma as ondas aprisionadas à costa, as correntes de talude, as correntes de contorno oeste e suas relações com meandros, vórtices, instabilidades e circulações secundárias, o transporte de Ekman, a ressurgência e subsidência, as marés, tormentas e correntes inerciais, e as frentes e ondas internas.

Capítulo 1 – Introdução

A climatologia atmosférica superficial no Oceano Atlântico Sul é dominada pela massa de ar Tropical Marítima, associada ao sistema de alta pressão semi-permanente (Moreira, 1997). A região de estudo é uma região de transição entre os climas quentes das baixas latitudes e os climas mesotérmicos do tipo temperado, das latitudes médias (Nimer, 1979). O sul dessa região é afetado por perturbações transientes em escalas sinóticas do tipo frente fria, existindo uma variabilidade anual na intensidade e frequência destes distúrbios, que são caracteristicamente mais frequentes de março a novembro (Ochipinti, 1963).

Figura 1.5 – Mapa mostrando as posições dos fundeios C1, C2 e C3 bem como algumas isobatimétricas (em m).

Capítulo 1 – Introdução

Silva (1989), analisando os ventos mais freqüentes para Cananéia no período de 1956-85, observou que durante os meses de outubro a janeiro os ventos prevalecentes são provenientes de E-NE e que durante os meses de março a setembro, os ventos predominantes sopram do quadrante SW (SW e WSW). Valores médios mensais de ventos podem ser associados a fenômenos meteorológicos com escala espacial da ordem de 1000 km, por isso não deve haver grandes diferenças entre Cananéia e Santos. Além disso, como dito anteriormente, a região da PCSE está sujeita às mesmas condições meteorológicas com escala sinótica. Cabe ainda ressaltar que, durante o inverno, a intensidade dos ventos de sudoeste, característicos das frentes frias, aumenta sobre a região, podendo tornar as correntes para nordeste mais freqüentes e intensas que aquelas para sudoeste, na região interna adjacente à PCE (Castro & Miranda, 1998).

1.2 O Projeto

A circulação da **CB** e sua interação com as extensões em direção ao norte das águas subantárticas, no talude continental e na plataforma externa da costa sudeste do Brasil, desempenham papéis importantes na troca de sal e calor (Ikeda & Campos, 1994). Além disso, os padrões de circulação e os processos de troca na costa oeste do Atlântico Sul são centralmente importantes para os recursos marinhos regionais e economias locais (Campos *et al.*, 1994).

Desde a expedição do *Meteor* na década de 20, a circulação em larga escala no Atlântico Sul tem sido relativamente bem investigada. Entretanto, até recentemente a maioria dos estudos oceanográficos nessa parte do oceano foi voltada aos aspectos gerais da circulação, aos padrões principais dos campos de temperatura e salinidade e às características das massas de água. Nos últimos 20 anos, vários estudos em meso-escala têm sido desenvolvidos mas, em geral, estes estudos se concentram em regiões específicas, principalmente entre Cabo de São Tomé e Rio de Janeiro (Cirano & Campos, 1996).

Capítulo 1 – Introdução

O entendimento das variabilidades temporal e espacial da circulação no oeste do Atlântico Sul representa uma contribuição fundamental à modelagem da circulação dos oceanos do mundo. Tais estudos provavelmente terão um forte impacto na determinação da variabilidade climática em várias escalas de tempo. Em adição, a determinação dos mecanismos envolvidos na troca de massas de água entre o talude e a plataforma (vórtices frontais e meandros), associado com o aumento ou decréscimo de nutrientes encontrados em águas costeiras, requer um entendimento das variabilidades em mesoescala e em escala sazonal, da circulação na costa oeste do Atlântico Sul (Ikeda & Campos, 1994).

Em consequência do que foi exposto acima, surgiu a idéia do *World Ocean Circulation Experiment* (WOCE). Participam do WOCE pesquisadores e instituições de cerca de 30 nações, sendo este o primeiro programa de pesquisa mundialmente unificado com o intuito de montar uma investigação verdadeiramente global dos oceanos, através da implementação de modelos oceânicos que permitirão a previsão adequada das mudanças climáticas decadais (Moreira, 1997). Em comparação com o Hemisfério Norte, existem poucos estudos de caráter sistemático desenvolvidos no Hemisfério Sul, por isso, as áreas prioritárias do WOCE se situam nesta parte do globo.

A contribuição da comunidade oceanográfica brasileira ao programa WOCE foi o Projeto COROAS (Circulação Oceânica na Região do Oeste do Atlântico Sul), cujo objetivo geral é determinar os campos médios sazonais de velocidade, calor e transporte de volume das diferentes massas de água da vizinhança da costa sudeste do Brasil (Ikeda & Campos, 1994). O Projeto COROAS foi elaborado com o intuito de suprir conhecimentos sobre os processos físicos e biológicos na BS, uma das regiões de maior importância ecológica e econômica ao longo da costa brasileira, principalmente na região da **CB**.

1.3 Trabalhos Anteriores

Um dos primeiros trabalhos sobre a **CB** foi realizado por Emílsson (1961). Baseado em dados obtidos no decorrer de três cruzeiros oceanográficos realizados em 1956, ele observou que a partir do Cabo de São Tomé (22° S), a **CB** corre ao longo do talude continental, estendendo-se por volta de 50 mn (aproximadamente 100 km) afastada da costa.

Um mapeamento com XBT e secções hidrográficas entre 19° S e 25° S realizado em abril de 1982 foi usado por Evans *et al.* (1983) para medir o transporte e a estrutura vertical da **CB**. A maior parte do transporte em 19° S ocorreu através da passagem mais próxima da costa dos bancos da Cadeia Vitória-Trindade (20° 30' S). Esta é uma feição contínua da corrente, que não é caracterizada por meandros e vórtices nestas latitudes. Em 21° 40' S, a **CB** está melhor organizada, sendo o transporte relativo a 500 m (1000 m) de aproximadamente 3,8 Sv (6,8 Sv). O mesmo transporte foi observado próximo ao Cabo Frio, onde houve também alguma evidência de uma contra-corrente, ao largo, em direção ao norte. Estimativas do transporte em outras latitudes estão apresentadas na Tabela 1.1.

O primeiro registro de estimativa para o transporte de volume da **CB** utilizando medidas diretas de velocidade foi realizado por Evans & Signorini (1985), que usaram um perfilador *Pegasus* a bordo do N/Oc. *Oceanus*, em abril de 1983, próximo a 23° S. Com essas medidas eles concluíram que o fluxo da **CB** deve estar restrito a profundidades mais rasas que 400 m, naquela latitude, e que abaixo desta profundidade flui a AIA, em direção ao norte. Na camada superior, o transporte foi de aproximadamente 6 Sv em direção ao sul ao largo da isóbata de 200 m, com uma indicação de fluxo comparável (5 Sv) sobre a plataforma.

Silva (1995) analisou os dados coletados durante os cruzeiros do programa Hidrografia de Mesoescala realizados no verão (HM1) e inverno (HM2) de 1993, como parte do

Capítulo 1 – Introdução

projeto COROAS. Seu objetivo foi caracterizar as massas de água na Bacia de Santos entre Ubatuba e Iguape em seus aspectos físicos (temperatura e salinidade) e químicos (oxigênio dissolvido e nutrientes). Segundo a autora, um dos mais importantes resultados foi a constatação da ocorrência de meandramento ciclônico da **CB** nos dois períodos amostrados, ao mesmo tempo em que foi verificada uma possível correlação entre essa feição e a ressurgência de águas mais profundas (ACAS) sobre a plataforma continental. Baseado nos mesmos dados de Silva (1995), Cirano (1995) fez uma adaptação do *Princeton Ocean Model* (POM) para a região compreendida entre Ubatuba (SP) e Iguape (SP). Os resultados da aplicação do modelo apresentaram feições bastante similares para a **CB** durante o verão e o inverno. Por exemplo, uma intrusão da **CB** sobre a plataforma continental na região entre Ubatuba e Santos e a penetração da ACAS sobre a plataforma externa, nas duas estações. Em ambos os experimentos para cada cruzeiro foi observada a presença de um meandro ciclônico na área de estudo, provavelmente associado com a penetração da ACAS, de acordo com o mecanismo proposto por Campos *et al.* (1995). Como parte deste padrão de meandramento, a frente da corrente foi observada mais próxima da costa na vizinhança de Ubatuba (crista do meandro) e mais afastada em direção ao oceano na parte sul do domínio (vale do meandro localizado entre Santos e Iguape).

Estimativas para o transporte de volume da **CB** em 22° S foram feitas por Lima (1997). Ele utilizou medidas diretas de corrente e aplicou o “Método da Caixa” que consiste em definir uma área de influência para cada fundeio de correntógrafos e multiplicar a componente da velocidade paralela à costa pela área, encontrando assim, o transporte em cada caixa. Depois os transportes são integrados, para estimar o transporte de volume total. As áreas de influência foram escolhidas com base no conhecimento geral da estrutura hidrográfica e da circulação da região. E a escolha das alturas de cada área foi feita de tal modo a identificar os transportes das diferentes massas de água. A circulação oceânica básica identificada na região foi um fluxo em direção ao sul, associado com a **CB**, nos 400 m superiores e uma contra-corrente em direção ao norte, carregando águas intermediárias abaixo. Assim, o transporte de volume estimado para a **CB**, em direção ao sul, em 22° S sobre a QPC e o talude continental (de 40° 5,3' W a 39° 30' W) teve um

Capítulo 1 – Introdução

valor médio de $5,5 \pm 2,6$ Sv e uma moda de 6,5 Sv. Sendo este valor considerado um limite inferior por causa do espalhamento do jato pela Cadeia Vitória-Trindade. O transporte da AIA, em direção ao norte, teve um valor médio de $2,6 \pm 1,2$ Sv com uma moda de 2,5 Sv, para profundidades entre 700 e 1100 m.

Moreira (1997) analisou os dados correntográficos obtidos junto à região da quebra da plataforma continental ao largo de Santos, durante o verão de 1993. Estes dados fazem parte da atividade fundeios de correntógrafos do Projeto COROAS e juntamente com os dados de outras estações sazonais irão compor esta dissertação. Três fundeios foram realizados sobre as isóbatas de 100, 200 e 1000 m, respectivamente C1, C2 e C3. Moreira (1997) observou uma circulação predominantemente paralela à topografia e com fluxos para SW, com exceção de um correntógrafo situado a 698 m, em C3, que registrou fluxos predominantes para NE, sendo estes, portanto, representativos da AIA, e de outro correntógrafo, em C2, a 190 m, cuja predominância dos fluxos registrados foi para as direções S-SW e S-SE. No fundeio C1, localizado sobre a plataforma continental média (Castro, 1996), as correntes apresentaram um comportamento altamente barotrópico e velocidades médias de 0,1 a 0,2 m/s e máximas da ordem de 0,5 m/s, associadas à presença da **CB**, com fluxo predominante para SW e às frentes frias, quando as correntes se deslocaram para NE. Nos fundeios C2 e C3, situados sobre o talude continental, a presença da **CB** foi marcante e as intensidades médias das correntes ficaram em torno de 0,4 - 0,5 m/s, com valores máximos de 1 m/s. Dois vórtices foram observados na região, um em janeiro, que provocou inversões de corrente em C1 e abaixamento da temperatura e outro em fevereiro, que provocou rotações no sentido da corrente para NE.

Para investigar a existência e a força das correntes de contorno oeste entre a superfície e a APAN, três fundeios de correntógrafos permaneceram durante 23 meses sobre o talude continental brasileiro, entre 20° S e 28° S. A partir destas medidas, Müller *et al.* (1998) encontraram que em 28° S a **CB** é uma corrente de contorno oeste permanente, que atinge profundidades até maiores do que 670 m, com um transporte de volume em direção ao pólo de 16,2 Sv, a oeste de 45° W. Para a AIA, esses autores encontraram que

ela é transportada em uma corrente de contorno bem desenvolvida em direção ao sul, em 28° S e para o norte, ao norte de Cabo Frio (23° S). Este resultado confirma sugestões anteriores derivadas das análises de dados hidrográficos de que a AIA entra na Bacia do Brasil a partir do leste e bifurca, quando encontra a quebra continental.

A Tabela 1.1 apresenta alguns dos resultados para o cálculo do transporte de volume da **CB** encontrados na literatura.

1.4 Vórtices frontais

Variabilidade do fluxo de baixa frequência e troca de água na plataforma externa do sudeste dos Estados Unidos têm-se mostrado serem primariamente produzidos por meandros e vórtices frontais da CG. Vórtices frontais aparecem nas águas superficiais como línguas quentes ao redor de núcleos frios, de água ressurgida. Essa feição pode estar ou não completamente destacada da corrente. Lee *et al.* (1981) observaram que, na CG, os vórtices frontais evoluem a partir da amplificação de perturbações da frente ciclônica da corrente. Eles também observaram que, na CG, os vórtices podem se formar a partir de uma semana de geração do meandro e então persistir por uma ou duas semanas a mais. Esses distúrbios podem se formar em qualquer época do ano aleatoriamente, pois várias inversões podem ocorrer sucessivamente e outras vezes estarem separadas por várias semanas.

Lee *et al.* (1981) sugeriram um modelo conceitual para o ciclo de vida dos vórtices frontais. A perturbação da frente ciclônica da corrente é produzida por transporte de Ekman superficial para o largo, associado com ventos com mesmo sentido da corrente – o que traduz a influência das forçantes atmosféricas no desencadeamento do distúrbio; ou por interação do fluxo com feições do fundo. Essa perturbação pode gerar um meandro, que viaja com a corrente como uma onda de plataforma instável, na parte superior da mesma, onde a velocidade média é maior do que a velocidade de fase da onda. Aparentemente devido a um forte cisalhamento horizontal através do contorno da corrente, instabilidade barotrópica, a onda cresce rapidamente, possivelmente drenando energia potencial da corrente média, o que gera cisalhamento vertical (instabilidade

Latitude (S)	Profundidade de Referência (m)	Transporte ($10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Velocidade Máxima (m s^{-1})	Referência Bibliográfica
10° 5'	380 - 500	1,0*	0,191	Stramma et al. (1990)
12° 15'	410 - 500	2,2*	0,737	Stramma et al. (1990)
9° - 13°	390 - 510	4,1*	0,308	Stramma et al. (1990)
13° - 14°	480 - 520	2,1*	0,05	Stramma et al. (1990)
15°	470 - 530	6,0*	0,16	Stramma et al. (1990)
15° 45'	470 - 560	3,8*	0,11	Stramma et al. (1990)
16° 6'	490 - 580	5,6*	0,272	Stramma et al. (1990)
18° - 16°	510 - 580	0,8*	0,059	Stramma et al. (1990)
19°	560 - 670	3,7*	0,612	Stramma et al. (1990)
19°	500	5,5	0,72	Miranda & Castro (1982)
19°	500	5,3	0,50	Evans et al. (1983)
19° 25'	470 - 640	5,7*	0,188	Stramma et al. (1990)
19° 30'	480 - 560	1,0*	0,108	Stramma et al. (1990)
20° 15'	570 - 630	1,9*	0,187	Stramma et al. (1990)
20° 28'	500	3,8	0,52	Evans et al. (1983)
20° 28'	1000	6,8	0,52	Evans et al. (1983)
20° 3'	590 - 630	1,6*	0,239	Stramma et al. (1990)
21° 40'	500	4,4	0,61	Evans et al. (1983)
22°	400	$5,5 \pm 2,6^{**}$	-	Lima (1997)
23°	400	11**	0,50	Evans & Signorini (1985)
23°	600	10,2*	-	Stramma (1989)
23°	1300	11*	-	Stramma (1989)
24°	500	4,1	0,31	Evans et al. (1983)
24°	1000	7,8	0,31	Evans et al. (1983)
24°	600	9,4*	-	Stramma (1989)
24°	1300	10*	-	Stramma (1989)
25°	750	7,5	0,6	Gonçalves (1993)
25°	750	7,3	0,6 - 0,7	Campos et al. (1995)
25°	900	8,8	0,6 - 0,7	Campos et al. (1995)
25°	730 (NRV)	8,8	0,50	Piterskih (1999)
25°	730 (NRF)	10,1	0,50	Piterskih (1999)
28°	670	16,2**	0,447	Müller et al. (1998)
31°	730 (NRV)	16,7	0,45	Piterskih (1999)
31°	730 (NRF)	17,3	0,45	Piterskih (1999)
32°	1600	19,2 (13,3) *	-	Stramma (1989)
33°	1600	12,2*	-	Stramma (1989)

* Dados históricos

** Medida direta

Tabela 1.1 - Estimativas para o transporte de volume geostrófico da Corrente do Brasil entre 10° e 33° S. Os valores com *, foram obtidos a partir de dados históricos, e aqueles com**, foram obtidos a partir de medidas diretas da corrente.

baroclínica). Essa onda pode, eventualmente, evoluir em uma borda alongada, que age para dissipar a energia recentemente adquirida. A instabilidade associada ao crescimento da onda, que culmina com a dissipação do vórtice, é ainda de natureza incerta.

Essas feições servem como um mecanismo efetivo para a troca de água entre a plataforma externa e a corrente de contorno oeste, provendo um meio rápido de renovação das águas costeiras. O tempo de residência das águas da plataforma externa pode ser definido como o tempo médio entre eventos de vórtices. A ressurgência induzida pelos vórtices transporta águas profundas, ricas em nutrientes, para a zona eufótica.

1.5 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é determinar o comportamento da Corrente do Brasil ao largo de Santos, a partir das medições diretas realizadas durante o projeto COROAS. Como objetivos específicos, temos:

- 1) analisar a variabilidade temporal do campo de velocidades da **CB** para verificar possíveis sazonalidades e variações de menor período;
- 2) estimar a posição do contorno oeste da **CB** na região de estudo e, a partir destes dados, calcular uma série temporal do transporte de volume da corrente;
- 3) detectar e estudar a ocorrência de meandros e vórtices da corrente.

Capítulo 2

Os Dados e os Métodos de Análise

Neste capítulo será feita, inicialmente, uma descrição dos fundeios da atividade *Fundeios de Correntógrafos* do projeto COROAS. Em seguida, serão apresentadas as principais características dos dados e, por último, uma síntese dos métodos utilizados para a análise dos mesmos.

2.1 Fundeios e equipamentos

Durante os trabalhos de campo da atividade *Fundeios de Correntógrafos*, do projeto COROAS, foram lançados três fundeios subsuperficiais em forma de “T”, numa radial em frente a Santos, sobre as isóbatas de 100 m (C1), 200 m (C2) e 1000 m (C3) (Figura 1.5). A Tabela 2.1 e a Figura 2.1 apresentam as profundidades nominais dos aparelhos. Em C2 foi também instalado um marégrafo de fundo e, em C3, o aparelho mais próximo da superfície possuía um sensor de pressão, que registrou as oscilações verticais do aparelho devidas ao arrasto causado pelas correntes.

FUNDEIO	PROFUNDIDADE (m)	LOCAL	PROFUNDIDADES DOS CORRENTÓGRAFOS (m)
C1	100		30, 58, 91
C2	200		31, 74, 127, 190
C3	1000		29, 91, 293, 698

Tabela 2.1 - Profundidades dos correntógrafos nos fundeios C1, C2 e C3.

Figura 2.1 - Esquema dos fundeios do projeto COROAS (Fonte: Laboratório de Instrumentação Oceanográfica - LIO) . Os valores entre parênteses indicam as profundidades dos aparelhos.

Fundeio		C1	C2	C3
Correntógrafo		Sensordata SD2000	Sensordata SD6000	AANDERAA RCM-7
	Intervalo	0 → 2 m/s	0 → 8 m/s	0,02 → 2,5 m/s
Velocidade	Resolução	0,005 m/s	0,005 m/s	-
	Acurácia	± 0,02 m/s	± 0,02 m/s	± 0,01 m/s ou ± 2% da velocidade (o que for maior)
Direção	Resolução	15°	2°	0,35°
	Acurácia	± 7,5°	± 1°	± 5° p/ velocidades de 0,05 m/s a 1 m/s; ± 7,5° p/ velocidades de 0,025 a 0,05 m/s e 1 a 2 m/s
	Intervalo	-2 → +40°C	-2 → +40°C	-0,34 → +32,17°C
Temperatura	Resolução	1/40°C	1/40°C	0,1%
	Acurácia	± 0,1°C	± 0,1°C	± 0,05°C
Período de medidas		4 minutos	4 minutos	50 amostragens por intervalo
Intervalo de amostragem		60 minutos	60 minutos	30 minutos
Número máximo de registros (conjuntos de dados.)		2048	> 6000	10920
Profundidade máxima		600 m	600 m	2000 m

Tabela 2.2 - Características dos correntógrafos em cada fundeio (Aanderaa, 1992; Sensordata s.d.).

Diferentes modelos de correntógrafos foram utilizados em C1, C2 e C3. Na Tabela 2.2 estão as principais características dos aparelhos de cada fundeio. O princípio de funcionamento dos três modelos é basicamente o mesmo. Os aparelhos possuem uma unidade mecânica e uma unidade eletrônica. A unidade mecânica consiste de um rotor e um leme. A velocidade da corrente é traduzida pelo número de revoluções do rotor e o leme serve para orientar o aparelho na direção da corrente. A orientação é medida por uma bússola. A unidade eletrônica possui sensores para temperatura e direção e um detector magnético para a contagem das revoluções do rotor.

O intervalo de amostragem dos dados foi de 1 h (inclusive no fundeio C3, para o qual foram considerados apenas os dados registrados a cada 60 minutos) e a medida horária é tomada pela média de 4 minutos de amostragem nos modelos SD2000 e SD6000 e pela média de 50 amostragens, no modelo RCM-7.

Os dados de cada conjunto de observações que ficaram registrados nas memórias dos correntógrafos SD2000 e SD6000 foram lidos com o auxílio de uma leitora óptica, colocada no topo dos correntógrafos. Esses dados foram, então, decodificados num computador portátil e processados em valores para velocidade de corrente, direção e temperatura. Também a data e hora quando cada observação ocorreu foram calculadas pelo programa. No caso dos correntógrafos RCM-7, suas DSU (*Data Storing Unit*), onde os dados ficaram armazenados, foram conectadas a um computador, via leitora DSU, para a leitura e processamento dos dados.

2.2 Os Dados

Os correntógrafos instalados mediram a intensidade e direção das correntes e a temperatura da água durante um período de 17 meses, entre dezembro de 1992 e maio de 1994. A Tabela 2.3 apresenta um resumo das atividades realizadas durante o período.

Capítulo 2 – Os Dados e os Métodos de Análise

Após a decodificação dos dados pelos programas fornecidos pelos fabricantes, as séries de velocidade e temperatura, obtidas em formato ASCII, passaram por um procedimento para a detecção e correção de valores discrepantes ou erros de digitalização, desenvolvido por Fleming & Hill (1982). Esse procedimento consiste de uma comparação de cada ponto da série com seus vizinhos, pelo método de diferenças finitas. O critério para seleção dos valores a serem corrigidos é que o erro seja maior, em módulo, que o nível de ruído da série. Os valores que satisfazem a esse critério são selecionados e passam a ter outro valor sugerido.

Para os dados em questão, uma pequena quantidade de correções foi sugerida, uma vez que a análise indicou uma coerência satisfatória entre os mesmos. As incoerências foram encontradas nos dados de temperatura, principalmente dos aparelhos SD2000, mas com diferenças geralmente inferiores a 0,1°C em relação aos dados originais.

As séries passaram a ser identificadas de acordo com o seguinte código sequencial:

C1, C2 ou C3 - Designação do fundeio;

ver, out, inv ou pri - Estação climática;

1 ou 2 - Ano de medição da série (1993 = 1 e 1994 = 2) (para os verões foram considerados sempre os anos posteriores);

1, 2, 3 ou 4 - Posição do correntógrafo em ordem crescente de profundidade (1 = mais próximo da superfície e 4 = mais próximo do fundo).

Uma listagem das séries com as datas de início e término das mesmas e os números de pontos está na Tabela 2.4 (a), (b) e (c). Algumas séries apresentam cortes em suas seqüências de amostragens devido às falhas apresentadas pelos aparelhos.

Capítulo 2 – Os Dados e os Métodos de Análise

CRUZEIRO	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO (dias)	ATIVIDADE
COROAS/FC-1	13/12/92	18/12/92	6	lançamento
COROAS/FC-2	24/03/93	28/03/93	5	manutenção
COROAS/FC-3	07/07/93	12/07/93	6	manutenção
COROAS/FC-4	06/10/93	09/10/93	4	manutenção
COROAS/FC-5	04/01/94	07/01/94	4	manutenção
COROAS/FC-6	18/05/94	21/05/94	4	recuperação

Tabela 2.3 - Cruzeiros oceanográficos realizados durante os trabalhos de campo da atividade *Fundeios de Correntógrafos*.

Série	Início	Final	Comprimento
C1ver11	21/12/1992 00:00 UTC	10/03/1993 19:00 UTC	1916
C1ver12	21/12/1992 00:00 UTC	10/03/1993 19:00 UTC	1916
C1ver13	21/12/1992 00:00 UTC	10/03/1993 19:00 UTC	1916
C1out11	27/03/1993 16:00 UTC	20/06/1993 22:00 UTC	2047
C1out12	27/03/1993 16:00 UTC	20/06/1993 22:00 UTC	2047
C1out13	-	-	0
C1inv11	11/07/1993 16:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1736
C1inv12	11/07/1993 16:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1736
C1inv13	11/07/1993 16:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1736
C1pri11	22/09/1993 00:00 UTC 09/10/1993 15:00 UTC	04/10/1993 22:00 UTC 20/12/1993 23:00 UTC	311 1737
C1pri12	22/09/1993 00:00 UTC 09/10/1993 15:00 UTC	04/10/1993 22:00 UTC 20/12/1993 23:00 UTC	311 1737
C1pri13	22/09/1993 00:00 UTC 09/10/1993 15:00 UTC	04/10/1993 22:00 UTC 20/12/1993 23:00 UTC	311 1737
C1ver21	21/12/1993 00:00 UTC 07/01/1994 15:00 UTC	02/01/1994 21:00 UTC 20/03/1994 23:00 UTC	310 1737
C1ver22	21/12/1993 00:00 UTC 07/01/1994 15:00 UTC	02/01/1994 21:00 UTC 20/03/1994 23:00 UTC	310 1737
C1ver23	21/12/1993 00:00 UTC 07/01/1994 15:00 UTC	02/01/1994 21:00 UTC 20/03/1994 23:00 UTC	310 1737

Tabela 2.4 (a) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C1, do projeto COROAS, subdivididas segundo as estações sazonais.

Capítulo 2 – Os Dados e os Métodos de Análise

Série	Início	Final	Comprimento
C2ver11	15/12/1992 22:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C2ver12	15/12/1992 22:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C2ver13	15/12/1992 22:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C2ver14	15/12/1992 22:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C2out11	21/03/1993 00:00 UTC	26/03/1993 10:00 UTC	131
	26/03/1993 20:00 UTC	20/06/1993 02:00 UTC	2047
C2out12	21/03/1993 00:00 UTC	26/03/1993 10:00 UTC	131
	26/03/1993 20:00 UTC	20/06/1993 23:00 UTC	2068
C2out13	21/03/1993 00:00 UTC	26/03/1993 10:00 UTC	131
	26/03/1993 20:00 UTC	20/06/1993 23:00 UTC	2068
C2out14	21/03/1993 00:00 UTC	26/03/1993 10:00 UTC	131
	26/03/1993 20:00 UTC	20/06/1993 23:00 UTC	2068
C2inv11	-	-	0
C2inv12	21/06/1993 00:00 UTC	08/07/1993 13:00 UTC	422
	09/07/1993 17:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1783
C2inv13	21/06/1993 00:00 UTC	08/07/1993 13:00 UTC	422
C2inv14	21/06/1993 00:00 UTC	08/07/1993 13:00 UTC	422
C2pri11	08/10/1993 19:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1757
C2pri12	22/09/1993 00:00 UTC	08/10/1993 10:00 UTC	395
	08/10/1993 19:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1757
C2pri13	08/10/1993 19:00 UTC	30/10/1993 00:00 UTC	510
C2pri14	08/10/1993 19:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1757
C2ver21	21/12/1993 00:00 UTC	05/01/1994 13:00 UTC	374
	05/01/1994 22:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1778
C2ver22	21/12/1993 00:00 UTC	02/01/1994 00:00 UTC	289
	05/01/1994 22:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1778
C2ver23	05/01/1994 22:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1778
C2ver24	21/12/1993 00:00 UTC	02/01/1994 00:00 UTC	289
	05/01/1994 22:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1778

Tabela 2.4 (b) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C2, do projeto COROAS, subdivididas segundo as estações sazonais.

Capítulo 2 – Os Dados e os Métodos de Análise

Série	Início	Final	Comprimento
C3ver11	21/12/1992 00:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C3ver12	21/12/1992 00:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C3ver13	21/12/1992 00:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C3ver14	21/12/1992 00:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C3out11	21/03/1993 00:00 UTC	25/03/1993 11:00 UTC	108
	25/03/1993 22:00 UTC	26/04/1993 19:00 UTC	766
C3out12	21/03/1993 00:00 UTC	25/03/1993 11:00 UTC	108
	25/03/1993 22:00 UTC	01/05/1993 14:00 UTC	881
C3out13	21/03/1993 00:00 UTC	25/03/1993 11:00 UTC	108
	25/03/1993 22:00 UTC	08/04/1993 08:00 UTC	322
C3out14	21/03/1993 00:00 UTC	25/03/1993 11:00 UTC	108
	25/03/1993 22:00 UTC	06/05/1993 21:00 UTC	1008
C3inv11	10/07/1993 18:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1758
C3inv12	10/07/1993 18:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1758
C3inv13	10/07/1993 18:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1758
C3inv14	10/07/1993 18:00 UTC	19/08/1993 16:00 UTC	959
	26/08/1993 08:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	640
C3pri11	22/09/1993 00:00 UTC	07/10/1993 11:00 UTC	372
C3pri12	22/09/1993 00:00 UTC	07/10/1993 11:00 UTC	372
	07/10/1993 22:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1778
C3pri13	22/09/1993 00:00 UTC	07/10/1993 11:00 UTC	372
	07/10/1993 22:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1778
C3pri14	22/09/1993 00:00 UTC	07/10/1993 11:00 UTC	372
	07/10/1993 22:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1778
C3ver21	06/01/1994 21:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1755
C3ver22	21/12/1993 00:00 UTC	06/01/1994 10:00 UTC	395
	06/01/1994 21:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1755
C3ver23	21/12/1993 00:00 UTC	06/01/1994 10:00 UTC	395
	06/01/1994 21:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1755
C3ver24	21/12/1993 00:00 UTC	06/01/1994 10:00 UTC	395
	06/01/1994 21:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1755

Tabela 2.4 (c) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C3, do projeto COROAS, subdivididas segundo as estações sazonais.

Capítulo 2 – Os Dados e os Métodos de Análise

As direções foram corrigidas da declinação magnética e as velocidades foram então decompostas em componente norte (N) e componente leste (E), de acordo com o norte geográfico. Essas componentes passaram por um filtro do tipo *Lanczos Quadrático* que é eficiente para eliminar sinais de maré de registros geofísicos (Walters & Heston, 1982). As características desse filtro serão descritas na próxima secção.

Após a filtragem, foram plotados os “Stickplots”, os “Diagramas Vetoriais Progressivos” (DVP) e as “Rosas de Distribuição de Correntes” das séries. Os primeiros são gráfico do tipo “palito”, nos quais os vetores são plotados em função do tempo relativamente ao norte geográfico. Desse modo, podemos ter uma idéia da variação da orientação da corrente com o tempo bem como observar a ocorrência de rotações. Os DVP são gráficos das somas vetoriais das componentes do vetor velocidade (hodógrafo). Esse gráfico fornece uma melhor visualização das inversões e rotações da corrente. A partir das “Rosas” (histogramas) é possível conhecermos a velocidade média, o número de observações (quantidade de vetores) e o deslocamento (produto do número de observações pela velocidade média) por classes de direções (valores de 0° (norte) a 360°, contados em sentido horário, divididos de 15° em 15°).

Um segundo procedimento, envolvendo além da decomposição, a rotação dos vetores velocidade das séries originais, foi realizado. Com isto foram obtidas a componente paralela (V) e a componente normal (U) a cada isóbata. Os ângulos de rotação para cada fundeio estão na Tabela 2.5.

Fundeio	Posição	Isóbata [m]	Inclinação	Carta
C1	25° 02' S - 045° 25' W	100	47°	Carta Náutica nº 30
C2	25° 25' S - 045° 05' W	200	44°	Carta REMAC
C3	25° 33' S - 044° 56' W	1000	38°	Carta REMAC

Tabela 2.5 - Posição dos fundeios e inclinação média das isóbatas, relativa ao norte geográfico, na região de estudo. Carta indica a referência de onde foi obtida a inclinação.

Valores positivos de V indicam fluxo em direção ao equador e positivos de U indicam afastamento da costa. Para estas séries, a seguinte identificação foi adotada:

U = componente normal à batimetria local;

V = componente paralela à batimetria local;

C1 = fundeio na isóbata de 100 m;

C2 = fundeio na isóbata de 200 m;

C3 = fundeio na isóbata de 1000 m;

NNN = seqüência de algarismos que indicam a profundidade do correntógrafo (da observação);

V1 = verão/1993;

O1 = outono/1993;

I1 = inverno/1993;

P1 = primavera/1993;

V2 = verão/1994.

A partir dessas componentes rotacionadas, foi feita uma análise estatística descritiva da corrente. As componentes V foram também usadas para calcular o Transporte de Volume da **CB**.

2.3 O filtro passa-baixa

Para analisar as características sazonais das correntes, utilizamos dados filtrados. A filtragem consiste em convoluir a seqüência de observações com um filtro adequado. É, portanto, bastante natural considerar o processo de filtragem como um operador abstrato aplicado às observações (Godin, 1972). Se o espectro do filtro desaparece para todas as frequências mais altas do que a frequência crítica ($F_o < F_f$ onde F_f é a frequência máxima de corte), o filtro corta todas as altas frequências além de F_o e é chamado de filtro passa-baixa.

Neste trabalho foi utilizado um filtro passa-baixa do tipo *Lanczos Quadrático*, com frequência de corte associada ao período de 40 h. Os pesos (r_j) atribuídos ao filtro são definidos pela equação (Walters & Heston, 1982):

$$r_j = \left\{ \frac{\sin[\pi(j-1)/M]}{\pi(j-1)/M} \right\}^2 \quad (2.1)$$

onde $j = (1, 2, \dots, M)$ e M é a meia largura do filtro.

A Figura 2.2 ilustra o comportamento do filtro. O método de filtragem adota um critério de 50%, ou seja, a energia do sinal, na frequência crítica, é reduzida pela metade. Marés diurnas são atenuadas por mais do que 10^5 , pela operação de filtragem (Lee *at al.*, 1981). No procedimento de filtragem, um intervalo de observações é tomado a partir do início da série, e os pesos r_j acima são atribuídos a cada ponto. Após a convolução um valor é obtido, o valor filtrado, que passa a ocupar a posição central do intervalo tomado. Então, um novo intervalo, de mesmo comprimento, é tomado a partir do ponto seguinte da série. Esse procedimento é realizado até que todos os pontos originais sejam substituídos por valores filtrados, obtendo-se assim, a série filtrada.

Figura 2.2 - Filtro passa-baixa - $G(f)$ é o ganho do filtro e F_0 é a frequência crítica.

2.4 Análise descritiva

A componente da análise estatística comumente denominada estatística descritiva trata da exploração dos dados, com o intuito de servir como um primeiro guia, fornecendo informações sobre a qualidade dos dados e indicando algumas tendências (se existirem) (Botter *et al.*, 1996).

Variáveis quantitativas podem ser representadas por medidas de posição e de dispersão. Como medidas de posição podemos destacar as de posição central, como a moda e a média aritmética. A *moda*, Mo , é definida como a realização mais freqüente do conjunto de valores observados. Em alguns casos, pode haver mais de uma moda, ou seja, a distribuição dos valores pode ser bimodal, trimodal, etc. (Bussab & Morettin, 1987). Quando o número de observações é grande, a moda pode ser definida como uma medida de concentração dos dados, o que possibilita dizer, por exemplo, que as variáveis apresentam um comportamento bimodal sem que as freqüências sejam, necessariamente, iguais (Botter *et al.*, 1996).

A *média aritmética*, Me , é a soma das observações dividida pelo número delas e pode ser expressa por

$$Me(X) = \bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_i \quad (2.2)$$

se $x_1 \dots x_k$ são os k valores distintos da variável X .

Outras medidas que podem representar um conjunto de valores são os casos extremos da chamadas estatísticas de ordem, o *máximo* ($Máx.$) e o *mínimo* ($Mín.$), que são respectivamente, o maior e o menor valor do conjunto de dados. Se esses valores extremos forem muito distintos, a média aritmética deixa de ser um bom “representante” da série, por ser exageradamente afetada pelos mesmos.

A sumarização de um conjunto de dados, através de uma única medida, seja de localização ou de ordem, omite informações a respeito da variabilidade do conjunto de valores. É conveniente conhecermos a variabilidade, para podermos comparar conjuntos diferentes de valores, segundo algum critério estabelecido. As chamadas medidas de dispersão servem para sumarizar a variabilidade de uma série de valores. Dentre estas medidas temos a amplitude, a variância e o desvio padrão.

A *amplitude* é a simples diferença entre o valor máximo e o valor mínimo observados (Botter *et al.*, 1996). A *variância*, *Var*, mede a concentração dos dados em torno de sua média e é definida como a soma dos quadrados dos desvios $(x_i - \bar{x})$ dividida por n , que é o número de observações (Bussab & Morettin, 1987). A variância pode ser expressa por :

$$Var(X) = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (2.3)$$

sendo $x_1, \dots, x_n$ os n valores distintos da variável X e $\bar{x}$, a média aritmética.

Como a variância expressa um desvio quadrático médio, para evitar erros de interpretação costuma-se usar o *desvio padrão*, *DP*, que é definido como a raiz quadrada positiva da variância (Bussab & Morettin, 1987). O desvio padrão é:

$$DP(X) = \sqrt{Var(X)} \quad (2.4)$$

Esta é, portanto, uma medida de variabilidade expressa na mesma unidade dos valores do conjunto de dados.

Neste trabalho, a planilha eletrônica *MICROSOFT EXCEL* foi utilizada para o cálculo das medidas de posição e de dispersão, descritas acima.

2.5 Análise estatística de EOF

A análise das funções empíricas ortogonais (EOF) provê uma descrição compacta da variabilidade espacial e temporal da série de dados, em termos de funções ortogonais ou “modos” estatísticos. EOF são simplesmente um método para particionamento da variância de um grupo de séries temporais concorrentes, distribuídas espacialmente (Emery & Thomson, 1998). EOF podem ser usados nos domínios do tempo e da frequência para variáveis escalares, como temperatura e componentes de velocidade, ou vetoriais, como velocidade de corrente.

A meta do procedimento, no domínio do tempo, é escrever a série de dados, $\psi_m(t)$, como uma soma de funções espaciais ortogonais, ϕ_{im} :

$$\psi(x_m, t) = \psi_m(t) = \sum_{i=1}^M [a_i(t) \phi_{im}] \quad (2.5)$$

onde $a_i(t_n)$ é a amplitude do i ésimo modo ortogonal no tempo $t = t_n$.

Para chegar à equação 2.5, forma-se a matriz de covariância cruzada dos dados, cujas componentes são calculadas por:

$$C_{mk} = \sum_{i=1}^M [(1/N) \sum_{n=1}^N [a_i(t_n)^2]] \phi_{im} \phi_{ik} \quad (2.6)$$

Essa matriz tem dimensão $M \times M$, sendo M o número de posições no espaço. Então, resolve-se o seguinte problema de autovalores:

$$C \Phi = \lambda I \Phi \quad (2.7)$$

onde

C é a matriz de covariância cruzada;

I é a matriz identidade;

Φ são as EOF ou autovetores do problema e

λI é uma matriz diagonal com os autovalores do sistema.

A “energia” (variância) associada com cada modo estatístico é ordenada de acordo com seu correspondente autovetor. O primeiro modo (autovetor), tendo o maior autovalor, contribui para a maior parte da variância dos dados. O segundo modo contém a mais alta porcentagem da variância remanescente, e assim por diante. A variância total nas M séries temporais é igual à variância total contida nos M modos estatísticos.

Assim, geralmente, é suficiente utilizar apenas os primeiros modos para descrever a variabilidade fundamental de um conjunto de dados muito grande. Além disso, a expansão dos dados em termos de funções como 2.5, minimiza os erros quadráticos médios. Essas características fazem das EOF a mais eficiente representação dos dados e seu uso, um dos mais eficientes métodos estatísticos para sintetizar a variabilidade de um conjunto de dados (Owens, 1985).

Os modos são chamados “empíricos” por serem definidos a partir da matriz de covariância do conjunto específico de dados analisado. Os padrões das funções ortogonais obtidas podem ser associados a possíveis mecanismos dinâmicos, mas não necessariamente, correspondem aos modos dinâmicos ou modos de comportamento físico locais (Emery & Thomson, 1998).

A análise de EOF tem muitas aplicações em Oceanografia Física como, por exemplo, o estudo das estruturas vertical e horizontal da variabilidade turbulenta (“eddy variability”) (Owens, 1985) e da variabilidade turbulenta de baixa-frequência (Lippert & Briscoe, 1990) da recirculação da Corrente do Golfo; estudo da conexão estatística entre temperatura da superfície e nível do mar (Davis, 1976) e no estudo da estrutura vertical da variabilidade subinercial da CB na QPC e talude do sudeste brasileiro (Lima, 1997).

2.6 O cálculo do Transporte de Volume

O transporte de volume da **CB** (TV) foi estimado para a área compreendida entre os fundeios C2 e C3, região onde a influência da **CB** é predominante. O verão (V1) foi a única estação na qual todos os pontos das séries filtradas da componente V puderam ser

Capítulo 2 – Os Dados e os Métodos de Análise

aproveitados. Como consequência dos defeitos apresentados pela aparelhagem, as séries correspondentes ao outono (O1), primavera (P1) e verão (V2), tiveram de sofrer cortes, para tornar simultâneas as medidas da corrente de ambos os fundeios, em todas as profundidades. E para o inverno (I1), não foi possível calcular o TV, pois não houve simultaneidade de medidas entre os dois fundeios, nesta estação. A Tabela 2.6 apresenta as datas de início e término das séries usadas no cálculo do TV e também os seus números de pontos.

O cálculo do TV foi efetuado através de um método semelhante àquele utilizado por Lima (1997). O método consiste em separar a área entre os dois fundeios em áreas menores e multiplicar a componente da velocidade paralela às isóbatas (V) pela área, para encontrar o transporte em cada área. Estes transportes são, então, integrados para estimar o TV total.

Como mostra a Figura 2.3, as alturas das áreas foram escolhidas de acordo com as profundidades dos correntógrafos, com exceção dos pontos 3' e 4', no fundeio C3. Por não existirem correntógrafos nestes pontos, os valores da componente V foram obtidos por interpolação linear.

Capítulo 2 – Os Dados e os Métodos de Análise

Série	Início	Término	Comprimento
VC2031V1	21/12/92 00:00 UTC	20/03/93 23:00 UTC	2160
VC2074V1	21/12/92 00:00 UTC	20/03/93 23:00 UTC	2160
VC2127V1	21/12/92 00:00 UTC	20/03/93 23:00 UTC	2160
VC2190V1	21/12/92 00:00 UTC	20/03/93 23:00 UTC	2160
VC2031O1	21/03/93 00:00 UTC	25/03/93 11:00 UTC	108
	26/03/93 20:00 UTC	08/04/93 07:00 UTC	300
VC2074O1	21/03/93 00:00 UTC	25/03/93 11:00 UTC	108
	26/03/93 20:00 UTC	08/04/93 07:00 UTC	300
VC2127O1	21/03/93 00:00 UTC	25/03/93 11:00 UTC	108
	26/03/93 20:00 UTC	08/04/93 07:00 UTC	300
VC2190O1	21/03/93 00:00 UTC	25/03/93 11:00 UTC	108
	26/03/93 20:00 UTC	08/04/93 07:00 UTC	300
VC2074P1	8/10/93 19:00 UTC	30/10/93 00:00 UTC	510
VC2127P1	8/10/93 19:00 UTC	30/10/93 00:00 UTC	510
VC2190P1	8/10/93 19:00 UTC	30/10/93 00:00 UTC	510
VC2031V2	6/01/94 21:00 UTC	20/03/94 23:00 UTC	1755
VC2074V2	6/01/94 21:00 UTC	20/03/94 23:00 UTC	1755
VC2127V2	6/01/94 21:00 UTC	20/03/94 23:00 UTC	1755
VC2190V2	6/01/94 21:00 UTC	20/03/94 23:00 UTC	1755
VC3029V1	21/12/92 00:00 UTC	20/03/93 23:00 UTC	2160
VC3091V1	21/12/92 00:00 UTC	20/03/93 23:00 UTC	2160
VC3293V1	21/12/92 00:00 UTC	20/03/93 23:00 UTC	2160
VC3698V1	21/12/92 00:00 UTC	20/03/93 23:00 UTC	2160
VC3029O1	21/03/93 00:00 UTC	25/03/93 11:00 UTC	108
	26/03/93 20:00 UTC	08/04/93 07:00 UTC	300
VC3091O1	21/03/93 00:00 UTC	25/03/93 11:00 UTC	108
	26/03/93 20:00 UTC	08/04/93 07:00 UTC	300
VC3293O1	21/03/93 00:00 UTC	25/03/93 11:00 UTC	108
	26/03/93 20:00 UTC	08/04/93 07:00 UTC	300
VC3698O1	21/03/93 00:00 UTC	25/03/93 11:00 UTC	108
	26/03/93 20:00 UTC	08/04/93 07:00 UTC	300
VC3091P1	8/10/93 19:00 UTC	30/10/93 00:00 UTC	510
VC3293P1	8/10/93 19:00 UTC	30/10/93 00:00 UTC	510
VC3698P1	8/10/93 19:00 UTC	30/10/93 00:00 UTC	510
VC3029V2	6/01/94 21:00 UTC	20/03/94 23:00 UTC	1755
VC3091V2	6/01/94 21:00 UTC	20/03/94 23:00 UTC	1755
VC3293V2	6/01/94 21:00 UTC	20/03/94 23:00 UTC	1755
VC3698V2	6/01/94 21:00 UTC	20/03/94 23:00 UTC	1755

Tabela 2.6 - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas das componentes paralelas às isóbatas, selecionadas para o cálculo do transporte de volume. As datas e os números de pontos são, em geral, diferentes das séries originais (Tabela 2.1 (a), (b), (c)), devido aos cortes sofridos.

Capítulo 2 – Os Dados e os Métodos de Análise

Fisicamente, o transporte de volume ϕ_v é calculado pela seguinte expressão:

$$\phi_v = \iint_A (\mathbf{v} \bullet \mathbf{n}) dA \quad [\text{L}^3 \text{T}^{-1}] \quad (2.8)$$

onde

A = área da secção transversal;

$\mathbf{v}$ = vetor velocidade;

$\mathbf{n}$ = versor da normal à secção transversal (o ponto denota o produto escalar dessas quantidades vetoriais).

O integrando da equação (2.8) é a componente V da velocidade de corrente. Para C2 e C3, temos $\mathbf{v} = v(x,z)$, a orientação do sistema de referência Oxz está apresentada na Figura 2.3. Com isto, a equação (2.8) pode ser reescrita como:

$$\phi_v = \iint_A [v(x,z)] dx dz \quad [\text{L}^3 \text{T}^{-1}] \quad (2.9)$$

Como a função $\mathbf{v} = v(x,z)$ não é conhecida analiticamente, calculou-se $\bar{V}$ (componente V média) entre cada par de correntógrafos C2P e C3P onde P designa os pontos 1, 2, ... , onde estão localizados os correntógrafos (Tabela 2.1 e Figura 2.3). Depois, fez-se uma média de $\bar{V}$ em cada área. Estas médias foram multiplicadas pelas respectivas áreas, conforme descrito acima, para então fazermos a integração dos transportes de volume.

2.7 Interpolação linear

A interpolação é definida como sendo uma forma de estimar os valores de uma função entre os pontos de algum conjunto de dados. É uma ferramenta valiosa, quando não se pode calcular rapidamente a função nos pontos intermediários desejados. Isso ocorre, por exemplo, quando o conjunto de dados resulta de medidas experimentais ou de procedimentos computacionais demorados. Na interpolação, parte-se do pressuposto de que os dados estejam corretos e procura-se alguma maneira de descrever o que acontece entre esses dados (Neves & Pertence Jr., 1997).

Uma das possíveis maneiras de se interpolar dados é linearmente. Considera-se que os valores intermediários caem em uma linha reta entre os pontos definidos. O valor interpolado é um valor sobre essa reta. Quanto maior o conjunto de dados, menor a distância entre os pontos e a interpolação linear torna-se mais precisa (Neves & Pertence Jr., 1997).

As interpolações lineares deste trabalho foram realizadas aplicando-se a função `interp1` (Neves & Pertence Jr., 1997), componente do pacote gráfico MATLAB.

Capítulo 3

Análise dos Resultados

Analisaremos neste capítulo os dados correntográficos filtrados pela aplicação do filtro passa-baixa descrito anteriormente. Estes dados são referentes aos fundeios C1, C2 e C3 localizados respectivamente, sobre as isóbatas de 100 m, 200 m e 1000 m de profundidade. A variabilidade temporal será analisada com o objetivo de estabelecer os limites da Corrente do Brasil (CB) entre as isóbatas e obter a intensidade média sazonal, em cada fundeio. Posteriormente, calcularemos o transporte de volume na região em questão e também determinaremos escalas temporais típicas para as oscilações predominantes.

3.1 Primeiros momentos estatísticos

Os resultados para as séries filtradas da componente do vetor velocidade normal à batimetria (U) e da componente paralela à batimetria (V), dos fundeios C1, C2 e C3 estão na Tabela 3.1.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

NOME	INÍC.	FINAL	COMP.	MÍN.	MÁX.	AMPL.	MODA	MÉDIA	D. PAD.	VAR.
UC1030V1	21/12/92 00h	10/03/93 19h	1916	-0,2	0,33	0,53	-0,02	0,03	0,09	0,0087
VC1030V1	21/12/92 00h	10/03/93 19h	1916	-0,47	0,38	0,85	-0,03	-0,05	0,12	0,0142
UC1058V1	21/12/92 00h	10/03/93 19h	1916	-0,17	0,19	0,36	-0,03	0,02	0,06	0,0039
VC1058V1	21/12/92 00h	10/03/93 19h	1916	-0,38	0,4	0,78	-0,02	-0,05	0,12	0,0156
UC1091V1	21/12/92 00h	10/03/93 19h	1916	-0,12	0,19	0,31	0,02	0,02	0,05	0,003
VC1091V1	21/12/92 00h	10/03/93 19h	1916	-0,32	0,4	0,72	-0,05	-0,05	0,13	0,0171
UC1030O1	27/03/93 16h	20/06/93 22h	2047	-0,12	0,32	0,44	0,01	0,04	0,09	0,0087
VC1030O1	27/03/93 16h	20/06/93 22h	2047	-0,42	0,29	0,71	0,01	-0,03	0,14	0,0186
UC1058O1	27/03/93 16h	20/06/93 22h	2047	-0,07	0,26	0,33	0,02	0,04	0,06	0,0034
VC1058O1	27/03/93 16h	20/06/93 22h	2047	-0,52	0,54	1,06	-0,04	-0,03	0,2	0,0404
UC1030I1	11/07/93 16h	21/09/93 23h	1736	-0,33	0,3	0,63	0,01	0,02	0,1	0,0102
VC1030I1	11/07/93 16h	21/09/93 23h	1736	-0,38	0,44	0,82	0,05	0,01	0,16	0,0269
UC1058I1	11/07/93 16h	21/09/93 23h	1736	-0,18	0,23	0,41	0,03	0,02	0,08	0,0071
VC1058I1	11/07/93 16h	21/09/93 23h	1736	-0,4	0,46	0,86	0,02	-0,02	0,17	0,0296
UC1091I1	11/07/93 16h	21/09/93 23h	1736	-0,18	0,25	0,43	0	-0,01	0,08	0,0061
VC1091I1	11/07/93 16h	21/09/93 23h	1736	-0,46	0,48	0,94	-0,23	-0,04	0,19	0,0359
UC1030P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2048	-0,2	0,37	0,57	0,02	0,08	0,1	0,0101
VC1030P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2048	-0,44	0,22	0,66	-0,14	-0,1	0,13	0,0164
UC1058P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2048	-0,15	0,26	0,41	0,02	0,04	0,08	0,006
VC1058P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2048	-0,54	0,3	0,84	0,02	-0,11	0,15	0,0215
UC1091P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2048	-0,14	0,19	0,33	-0,02	0,03	0,07	0,0046
VC1091P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2048	-0,49	0,32	0,81	-0,22	-0,11	0,15	0,0225
UC1030V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2047	-0,13	0,45	0,58	0	-0,01	0,09	0,0081
VC1030V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2047	-0,53	0,37	0,9	0	-0,09	0,16	0,0257
UC1058V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2047	-0,16	0,24	0,4	-0,01	0,02	0,08	0,0066
VC1058V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2047	-0,45	0,36	0,81	-0,07	-0,05	0,14	0,0192
UC1091V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2047	-0,12	0,2	0,32	0,02	0,01	0,05	0,0027
VC1091V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2047	-0,37	0,37	0,74	-0,06	-0,04	0,14	0,0195

Tabela 3.1 – Primeiros momentos estatísticos para as séries filtradas da componente do vetor velocidade normal à batimetria (U) e da componente paralela à batimetria (V), do fundeio C1 (a). Os três algarismos subsequentes representam a profundidade local do fundeio em metros. Após estes, a letra seguida pelo algarismo representam a estação sazonal, de acordo com o código descrito no capítulo 2. INÍC. É a data inicial da série; COMP. É o número de pontos da série; MÍN. é o valor mínimo e MÁX. o máximo (em m/s); AMPL. É a diferença entre MÁX. e MÍN. (nas mesmas unidades); D.PAD. é o desvio padrão da média (em m/s) e VAR. é a variância (em m²/s²).

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

NOME	INÍC.	FINAL	COMP.	MÍN.	MÁX.	AMPL.	MODA	MÉDIA	D. PAD.	VAR.
UC2031V1	15/12/92 22h	20/03/93 23h	2160	-0,09	0,51	0,6	0,04	0,17	0,14	0,0184
VC2031V1	15/12/92 22h	20/03/93 23h	2160	-0,74	0,23	0,97	-0,53	-0,41	0,21	0,0444
UC2074V1	15/12/92 22h	20/03/93 23h	2160	-0,1	0,44	0,54	0,24	0,18	0,13	0,0163
VC2074V1	15/12/92 22h	20/03/93 23h	2160	-0,6	0,29	0,89	-0,35	-0,31	0,2	0,0408
UC2127V1	15/12/92 22h	20/03/93 23h	2160	-0,12	0,21	0,33	0,11	0,06	0,07	0,0044
VC2127V1	15/12/92 22h	20/03/93 23h	2160	-0,48	0,29	0,77	-0,28	-0,21	0,16	0,0259
UC2190V1	15/12/92 22h	20/03/93 23h	2160	-0,12	0,36	0,48	0,02	0,06	0,09	0,0078
VC2190V1	15/12/92 22h	20/03/93 23h	2160	-0,42	0,22	0,64	-0,06	-0,04	0,12	0,0153
UC2031O1	21/03/93 00h	20/06/93 02h	2178	-0,18	0,39	0,57	0,19	0,15	0,11	0,0121
VC2031O1	21/03/93 00h	20/06/93 02h	2178	-0,93	0,11	1,04	-0,74	-0,57	0,21	0,0438
UC2074O1	21/03/93 00h	20/06/93 23h	2199	-0,16	0,32	0,48	0,12	0,13	0,09	0,0078
VC2074O1	21/03/93 00h	20/06/93 23h	2199	-0,69	0,25	0,94	-0,37	-0,39	0,16	0,0269
UC2127O1	21/03/93 00h	20/06/93 23h	2199	-0,11	0,23	0,34	0,1	0,06	0,07	0,0045
VC2127O1	21/03/93 00h	20/06/93 23h	2199	-0,63	0,38	1,01	-0,38	-0,26	0,18	0,0318
UC2190O1	21/03/93 00h	20/06/93 23h	2199	-0,16	0,34	0,5	0,02	0,05	0,07	0,0056
VC2190O1	21/03/93 00h	20/06/93 23h	2199	-0,42	0,33	0,75	0	-0,06	0,15	0,0234
UC2074II	21/06/93 00h	21/09/93 23h	2205	-0,07	0,42	0,49	0,09	0,2	0,11	0,0121
VC2074II	21/06/93 00h	21/09/93 23h	2205	-0,64	0,07	0,71	-0,24	-0,31	0,14	0,0208
UC2127II	21/06/93 00h	08/07/93 13h	422	0,02	0,18	0,16	0,09	0,12	0,04	0,0015
VC2127II	21/06/93 00h	08/07/93 13h	422	-0,44	0,04	0,48	-0,21	-0,18	0,14	0,0191
UC2190II	21/06/93 00h	08/07/93 13h	422	-0,07	0,41	0,48	0,35	0,19	0,14	0,0185
VC2190II	21/06/93 00h	08/07/93 13h	422	-0,2	0,18	0,38	-0,04	0,01	0,1	0,0095
UC2031P1	08/10/93 19h	20/12/93 23h	1757	0	0,51	0,51	0,26	0,24	0,11	0,0111
VC2031P1	08/10/93 19h	20/12/93 23h	1757	-0,89	-0,17	0,72	-0,5	-0,47	0,13	0,0177
UC2074P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2152	-0,09	0,34	0,43	0,15	0,16	0,08	0,0071
VC2074P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2152	-1,02	-0,22	0,8	-0,5	-0,52	0,14	0,0206
UC2127P1	08/10/93 19h	30/10/93 00h	510	-0,16	0,18	0,34	-0,02	-0,02	0,06	0,0034
VC2127P1	08/10/93 19h	30/10/93 00h	510	-0,64	-0,26	0,38	-0,5	-0,45	0,1	0,01
UC2190P1	08/10/93 19h	20/12/93 23h	1757	-0,13	0,41	0,54	0,04	0,07	0,09	0,0086
VC2190P1	08/10/93 19h	20/12/93 23h	1757	-0,49	0,22	0,71	-0,18	-0,15	0,14	0,0209
UC2031V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2152	-0,07	0,35	0,42	0,26	0,19	0,08	0,006
VC2031V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2152	-0,6	-0,09	0,51	-0,39	-0,37	0,1	0,0108
UC2074V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2067	-0,09	0,34	0,43	0,17	0,13	0,08	0,0065
VC2074V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2067	-0,77	-0,02	0,75	-0,35	-0,44	0,14	0,0185
UC2127V2	05/01/94 22h	20/03/94 23h	1778	-0,03	0,28	0,31	0,16	0,13	0,06	0,0035
VC2127V2	05/01/94 22h	20/03/94 23h	1778	-0,54	-0,03	0,51	-0,23	-0,26	0,11	0,012
UC2190V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2067	-0,15	0,31	0,46	0,02	0,06	0,08	0,0064
VC2190V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2067	-0,43	0,16	0,59	0,04	-0,08	0,13	0,0175

Tabela 3.1 – Primeiros momentos estatísticos para as séries filtradas da componente do vetor velocidade normal à batimetria (U) e da componente paralela à batimetria (V), do fundeio C2 (b). Os três Algarismos subsequentes representam a profundidade local do fundeio em metros. Após estes, a letra seguida pelo algarismo representam a estação sazonal, de acordo com o código descrito no capítulo 2. INÍC. é a data inicial da série; COMP. é o número de pontos da série; MÍN. é o valor mínimo e MÁX. o máximo (em m/s); AMPL. é a diferença entre MÁX. e MÍN. (nas mesmas unidades); D.PAD. é o desvio padrão da média (em m/s) e VAR. é a variância (em m²/s²).

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

NOME	INÍC.	FINAL	COMP.	MÍN.	MÁX.	AMPL.	MODA	MÉDIA	D. PAD.	VAR.
UC3029V1	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-0,26	0,41	0,67	0,33	0,12	0,14	0,0203
VC3029V1	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-0,83	0,27	1,1	-0,62	-0,46	0,27	0,0703
UC3091V1	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-0,27	0,3	0,57	0,02	0,01	0,12	0,0143
VC3091V1	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-0,77	0,33	1,1	-0,54	-0,41	0,28	0,0769
UC3293V1	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-0,12	0,16	0,28	-0,03	-0,02	0,04	0,0019
VC3293V1	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-0,55	0,26	0,81	-0,13	-0,15	0,2	0,0399
UC3698V1	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-0,14	0,11	0,25	-0,03	-0,04	0,04	0,0019
VC3698V1	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-0,41	0,42	0,83	0,17	0,09	0,16	0,0242
UC3029O1	21/03/93 00h	26/04/93 19h	874	-0,09	0,33	0,42	0,02	0,06	0,1	0,0092
VC3029O1	21/03/93 00h	26/04/93 19h	874	-0,79	-0,24	0,55	-0,48	-0,54	0,11	0,0125
UC3091O1	21/03/93 00h	01/05/93 14h	989	-0,28	0,33	0,61	0,13	0,07	0,12	0,0146
VC3091O1	21/03/93 00h	01/05/93 14h	989	-0,8	-0,15	0,65	-0,51	-0,49	0,12	0,0134
UC3293O1	21/03/93 00h	08/04/93 08h	430	-0,12	0,2	0,32	-0,04	0,01	0,08	0,0058
VC3293O1	21/03/93 00h	08/04/93 08h	430	-0,47	-0,01	0,46	-0,18	-0,25	0,12	0,0134
UC3698O1	21/03/93 00h	06/05/93 21h	1116	-0,11	0,14	0,25	-0,06	-0,04	0,04	0,0016
VC3698O1	21/03/93 00h	06/05/93 21h	1116	-0,09	0,34	0,43	0,21	0,15	0,11	0,0121
UC3029II	10/07/93 18h	21/09/93 23h	1758	-0,1	0,53	0,63	0,36	0,19	0,15	0,0234
VC3029II	10/07/93 18h	21/09/93 23h	1758	-0,92	0,05	0,97		-0,43	0,27	0,0719
UC3091II	10/07/93 18h	21/09/93 23h	1758	-0,14	0,45	0,59	0,24	0,18	0,15	0,0226
VC3091II	10/07/93 18h	21/09/93 23h	1758	-0,84	0,09	0,93	-0,69	-0,42	0,24	0,0569
UC3293II	10/07/93 18h	21/09/93 23h	1758	-0,05	0,17	0,22	0,01	0,06	0,05	0,0029
VC3293II	10/07/93 18h	21/09/93 23h	1758	-0,53	0,31	0,84	-0,08	-0,15	0,16	0,026
UC3698II	10/07/93 18h	21/09/93 23h	1599	-0,1	0,24	0,34	-0,01	-0,01	0,05	0,0027
VC3698II	10/07/93 18h	21/09/93 23h	1599	-0,35	0,31	0,66	-0,01	0,01	0,14	0,0198
UC3029P1	22/09/93 00h	07/10/93 11h	372	0,05	0,23	0,18	0,16	0,14	0,04	0,0019
VC3029P1	22/09/93 00h	07/10/93 11h	372	-0,58	-0,24	0,34	-0,43	-0,46	0,09	0,008
UC2091P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2150	-0,1	0,38	0,48	0,15	0,14	0,09	0,0077
VC3091P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2150	-0,87	-0,21	0,66	-0,52	-0,57	0,15	0,0234
UC3293P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2150	-0,04	0,24	0,28	0,08	0,07	0,06	0,0039
VC3293P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2150	-0,8	-0,09	0,71	-0,35	-0,38	0,12	0,0156
UC3698P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2150	-0,18	0,06	0,24	-0,04	-0,03	0,04	0,0015
VC3698P1	22/09/93 00h	20/12/93 23h	2150	-0,13	0,45	0,58	0,03	0,12	0,13	0,016
UC3029V2	06/01/94 21h	20/03/94 23h	1755	-0,13	0,47	0,6	0,3	0,16	0,12	0,0133
VC3029V2	06/01/94 21h	20/03/94 23h	1755	-0,83	0,04	0,87	-0,48	-0,45	0,18	0,0333
UC3091V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2150	-0,07	0,42	0,49	0,15	0,09	0,09	0,0082
VC3091V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2150	-0,88	0,04	0,92	-0,63	-0,49	0,2	0,0411
UC3293V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2150	-0,07	0,26	0,33	0,01	0,06	0,06	0,0038
VC3293V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2150	-0,73	0,2	0,93	-0,18	-0,23	0,15	0,0219
UC3698V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2150	-0,13	0,1	0,23	-0,01	-0,02	0,04	0,0015
VC3698V2	21/12/93 00h	20/03/94 23h	2150	-0,27	0,33	0,6	0	0,09	0,12	0,0132

Tabela 3.1 – Primeiros momentos estatísticos para as séries filtradas da componente do vetor velocidade normal à batimetria (U) e da componente paralela à batimetria (V), do fundeio C3 (c). Os três algarismos subsequentes representam a profundidade local do fundeio em metros. Após estes, a letra seguida pelo algarismo representam a estação sazonal, de acordo com o código descrito no capítulo 2. INÍC. É a data inicial da série; COMP. É o número de pontos da série; MÍN. é o valor mínimo e MÁX. o máximo (em m/s); AMPL. É a diferença entre MÁX. e MÍN. (nas mesmas unidades); D.PAD. é o desvio padrão da média (em m/s) e VAR. é a variância (em m²/s²).

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Em C1, C2 e C3 os valores médios da componente U são, em geral, menores, em módulo, que os respectivos valores médios da componente V. Em C1, todas as médias são muito próximas de zero. Para as variâncias e amplitudes, os comportamentos em C1, C2 e C3 são análogos aos das médias – as variâncias e amplitudes da componente paralela são maiores que as da componente normal, com exceção de apenas duas das séries. Portanto, a componente V é, em média, mais intensa que a componente U, em qualquer profundidade, em todas as estações sazonais, mas as suas médias são mais afetadas por valores extremos. A componente V possui maior energia cinética que a componente U.

Em todas as séries de C1 o desvio padrão é maior que a média, já em C2 isto ocorre em aproximadamente 30% das séries e em C3, com aproximadamente 50% - metade destas séries são referentes à profundidade de 698 m. Assim, comparativamente, a variabilidade das correntes é grande em C1, média em C3 e pequena em C2. Considerando-se apenas as séries dos três primeiros níveis amostrados em C3, sua variabilidade fica comparável com a de C2. O verão de 1994 foi a estação na qual as correntes apresentaram a menor variabilidade, em C2. Para C3, a menor variabilidade foi registrada na primavera de 1993.

Quanto ao fluxo, em C1 e C2 as correntes paralelas médias são negativas, com exceção apenas de duas séries de inverno, uma na superfície em C1 e outra no fundo em C2, indicando fluxo predominante para SW em todas as profundidades e em todas as épocas. Em C3, o mesmo acontece em todas as séries nas três primeiras profundidades, já para todas as séries da profundidade de 698 m, as correntes médias paralelas são positivas. Isto indica que nas três primeiras profundidades o sentido preferencial do fluxo é para SW e, a 698 m, para NE.

Comparando-se os módulos dos valores mínimo e máximo da componente V, vê-se que C1 é o fundeio que apresenta maioria das séries com valores mais próximos, sugerindo que, na região da plataforma continental externa, as correntes para NE tenham intensidades comparáveis com aquelas das correntes para SW. Neste fundeio, as componentes V mínimas ($V_{\min}$) mais intensas em relação às máximas ($V_{\max}$) foram encontradas nas séries da primavera, sugerindo que nesta estação as correntes para SW sejam um pouco mais

intensas que as correntes para NE. Em C2 e C3, a superioridade do módulo de $V_{\min}$ em relação ao de $V_{\max}$ é, na maioria das séries, mais pronunciada que em C1. Em C3, na profundidade de 698 m, o módulo de $V_{\min}$ supera o de $V_{\max}$ em apenas uma das séries. Esses resultados sugerem que, em geral, o fluxo para SW, em C2 e C3, é mais intenso que o fluxo para NE, com exceção do fluxo na profundidade de 698 m, onde ocorre o inverso.

A moda da grande maioria das séries em C1 é muito próxima de zero, o que mostra que há grande frequência de correntes pouco intensas neste fundeio. Para a série de inverno, correspondente à profundidade de 91 m, a moda da componente U é igual a zero e a da componente V, é negativa e foi a maior de todas as encontradas. Para a série de primavera, da mesma profundidade, os resultados foram semelhantes - a moda da componente U é muito próxima de zero e a da componente V, é negativa e foi a segunda maior de todas as encontradas. O que significa que nesta profundidade, nessas duas épocas do ano, o fluxo paralelo à isóbata, provavelmente para SW e mais intenso que em outras épocas e em outras profundidades, deve ter sido bastante frequente. Ao contrário de C1, poucas séries em C2 e C3 apresentaram modas próximas de zero, significando que nestes fundeios as correntes mais frequentes são as mais intensas. Neles, a moda da componente V, na maioria das séries é negativa e maior em módulo que a da componente U. Em C2, a 190 m, no outono e no inverno, a moda da componente U foi positiva e a da componente V igual a zero na primeira estação e muito próxima de zero na segunda, indicando que frequentemente, o fluxo tenha sido perpendicular à isóbata, afastando-se da costa. Em C3, a 698 m, as modas das séries da componente V foram positivas, com exceção da série de inverno.

3.2 Rosas de distribuição de correntes

A seguir, estão descritos os padrões sazonais para as velocidades médias, frequências e deslocamentos das correntes filtradas em C1, C2 e C3, obtidos a partir da análise das rosas de distribuição de correntes por classes de 15° .

3.2.1 Fundeio C1

No verão de 1993 (Figura 3.1), as correntes mais freqüentes apontam para o quadrante S-W, com sentido predominante para SW, em todas as profundidades. Um segundo grupo de correntes mais freqüentes flui para NE, mas suas freqüências são menores que as do primeiro grupo. Apesar de não serem as mais freqüentes, as correntes que apontam para NE são as mais intensas, a 58 e 91 m de profundidade. A 30 m, as correntes para SW são as mais intensas. O segundo bloco de correntes mais intensas aponta para SW a 58 e 91 m e para SE a 30 m. Em qualquer profundidade, houve uma concentração de correntes menos intensas no quadrante N-W. O comportamento dos deslocamentos foi dependente da profundidade. A 30 m o deslocamento preponderante é para 195° - 180° e a 58 m para 210° , ambos divergindo da isóbata local. A 91 m o deslocamento preponderante foi para 225° , ou seja, praticamente sobre a isobatimétrica.

Temos, no outono de 1993 (Figura 3.1), observações somente para as duas primeiras profundidades. Nesta estação, os padrões para as freqüências e intensidades das correntes, a 30 e 58 m, são análogos aos observados no verão do mesmo ano. Em relação aos deslocamentos, eles são predominantes para 195° a 30 m de profundidade, para 225° a 58 m.

Durante o inverno de 1993 (Figura 3.2), as direções do primeiro e segundo grupos de correntes mais freqüentes a 30 m são opostas, em relação às outras duas profundidades: o primeiro grupo aponta para o quadrante N-E e o segundo para o quadrante S-W; o inverso ocorre nas profundidades de 58 e 91 m. As velocidades médias por classes de 15° são maiores para as correntes que fluem para SW seguidas por aquelas que fluem para NE, nas três profundidades. No entanto, as correntes registradas com sentido para NE são relativamente intensas. Nota-se, em relação ao verão e outono, que as correntes estão mais uniformemente distribuídas por classes de direções e que, como no outono, as velocidades

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

médias são, em geral, maiores que no verão. Os maiores deslocamentos são para 45°- 210° a 30 m e para 210° a 58 e 91 m.

Durante a primavera de 1993 (Figura 3.2), as correntes mais freqüentes apontam para o quadrante S-W e em número mais reduzido para o quadrante S-E. O número de observações para o quadrante S-W representa mais da metade do total das correntes observadas, em todas as profundidades. E sua proporção cresce com a profundidade. O sentido das correntes médias mais intensas apresentou o mesmo comportamento nas três profundidades: as correntes mais intensas fluem para SW, seguidas das correntes para sul. Os maiores deslocamentos ocorreram nas direções 195°- 180°, a 30 m de profundidade, 210°- 195° a 58 m e 225° a 91 m.

No verão de 1994 (Figura 3.3), o padrão de correntes mais freqüentes com sentido predominante para S-W em todas as profundidades, observado no verão de 1993, é repetido. Sendo estas, agora, também as mais intensas. Um segundo grupo de correntes mais freqüentes e mais intensas flui para NE a 58 e 91 m. A 30 m, o segundo grupo de correntes mais freqüentes aponta para NW, enquanto o de correntes mais intensas flui para sul. Quanto aos deslocamentos, estes foram preponderantes para 225°, nas profundidades de 30 e 91 m e para 210°, a 58 m.

Em síntese, as observações mostram que o sentido predominante do fluxo em C1, em todas as estações sazonais e profundidades amostradas, foi para SW, destacando-se a seguir o fluxo para NE, o que denota a freqüente alternância no sentido das correntes deste fundeio. A primavera foi a estação na qual o fluxo para SW esteve melhor definido (Figura 3.2). As correntes mais freqüentes apresentaram, em geral, as maiores velocidades médias. Mas é importante notar que, em quase todas as amostragens, as correntes que fluíram nos outros sentidos são relativamente intensas. Com exceção apenas do fundeio de inverno, nas proximidades da superfície, os maiores deslocamentos para as parcelas de água ocorreram na direção SW, divergindo um pouco ou sobre a isóbata local.

3.2.2 Fundeio C2

Durante o verão de 1993 (Figura 3.4), as correntes mais freqüentes apontam para o quadrante S-W, em todas as profundidades, com sentido predominante para SW e o número de observações entre 180° e 225° , nas três primeiras profundidades, é superior a 80% do número total de registros em cada profundidade. A 190 m, as correntes para o quadrante S-W representam menos de 50% do total e o segundo bloco de correntes freqüentes aponta para SE. As correntes médias mais intensas fluíram para S/SW, nas duas primeiras profundidades, para SW a 127 m e para SE a 190 m, seguidas por aquelas que fluíram para SE e NE, nas duas primeiras profundidades, para NE e S a 127 m e para SW e NE a 190 m. Os correntógrafos situados a 31, 74 e 190 m de profundidade apresentaram deslocamentos preponderantes das águas para 195° , enquanto o correntógrafo situado a 127 m mediu deslocamento predominante para 210° , ou seja, todos divergentes da isobatimétrica. Os maiores deslocamentos registrados a 190 m são bem inferiores aqueles registrados nas outras profundidades como consequência da distribuição mais uniforme das correntes entre os quadrantes e das menores intensidades de corrente observadas.

Para o outono de 1993 (Figura 3.5), não foram registradas correntes fluindo para N, NE e NW, a 31 m. As correntes mais freqüentes apresentaram comportamento análogo ao observado no verão de 1993, sendo que nesta estação, mais de 90% do número total de observações, em cada uma das três primeiras profundidades, localizou-se no quadrante S-W e mais de 84% ficou concentrado entre 180° e 225° . As maiores correntes medidas apontam para SW em todas as profundidades. A 31, 127 e 190 m, os deslocamentos preponderantes foram para 210° , sendo o deslocamento a 190 m bem inferior ao das outras duas profundidades. A 74 m, o deslocamento preponderante foi para 195° .

Para os fundeios C2 realizados durante o inverno de 1993 (Figura 3.6), em decorrência de falhas na aparelhagem, somente foram registradas correntes nas profundidades de 74, 127 e

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

190 m e nas duas últimas, o número de registros é bem menor que o da primeira. Não houve registro de correntes fluindo para norte e, em cada profundidade, pelo menos 88% do total de correntes fluíu para os quadrantes ao sul. As correntes mais freqüentes apontaram para o quadrante S-W, a 74 e 127 m e para o quadrante S-E a 190 m, esta última quase perpendicular à isobatimétrica. O segundo bloco de correntes mais freqüentes apresentou comportamento inverso. As correntes mais intensas apontaram predominantemente para S/SW, a 74 m, para SW a 127 m e para SE a 190 m. Os maiores deslocamentos das parcelas de água apresentaram dependência com a profundidade: foram para 195° a 74 m, para 210° a 127 m e para 120° - 135° a 190 m, como consequência do maior número de observações e das correntes mais intensas para SE, nesta última profundidade, durante a época dos registros.

Na primavera de 1993 (Figura 3.7), nas três primeiras profundidades, somente foram registradas correntes fluindo para S/SW. Também a 190 m, o sentido das correntes mais freqüentes foi para SW. Nesta profundidade, as correntes mais intensas alternaram entre SE e SW. A 31 m o deslocamento preponderante foi para 195° , a 74 e 190 m para 210° e a 127 m para 225° .

Durante o verão de 1994 (Figura 3.8), nas três primeiras profundidades, mais que 99% das correntes registradas apontaram para o quadrante S-W e não houve registros de correntes apontando para o quadrante N-E. As correntes mais freqüentes, em qualquer profundidade, fluem para o quadrante S-W, com sentido predominante para SW. Nas três primeiras profundidades, mais de 97% do número total de observações em cada profundidade, ficou concentrado entre 180° e 225° . A 190 m, há um segundo grupo de correntes freqüentes, que abrange 30% das observações, apontando para SE. As correntes mais intensas, nas três

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

primeiras profundidades, são as que fluem para 210° . Na profundidade de 190 m, as correntes mais intensas se distribuíram nas mesmas direções que as mais freqüentes. A 31 e a 127 m os deslocamentos preponderantes foram para 195° , a 74 m foram para 210° e a 190 m para 225° , ou seja, nesta última profundidade o maior deslocamento ocorreu praticamente sobre a isóbata local, mas convém notar que como no verão de 1993, os maiores deslocamentos nesta profundidade são inferiores, pelos mesmos motivos lá assinalados.

Pode-se, portanto concluir que em todas as épocas e em qualquer profundidade, as correntes mais freqüentes fluíram para SW em C2, sendo que entre 31 e 127 m de profundidade, em todas as estações, pelo menos 80% do número total de observações em cada profundidade, foram de correntes com sentido entre 180° e 225° , ou seja, a maioria dos eventos de correntes nas três primeiras profundidades fluiu entre a isóbata e a direção sul. A exceção ficou para a série de inverno, referente ao nível de 127 m, com número reduzido de registros e que, portanto, não é estatisticamente relevante. Na maioria absoluta das séries, as correntes mais freqüentes também foram as mais intensas, todas as séries em que isto não ocorreu são referentes à profundidade de 190 m. Maior número de observações e correntes mais intensas resultam em movimentos para S-W com deslocamento maior das parcelas de água, entre 31 e 127 m, em detrimento dos deslocamentos a 190 m. As intensidades médias são, em geral, superiores àquelas registradas em C1. Primavera/93 e verão/94 foram as estações nas quais os fluxos para SW, nas três primeiras profundidades, tiveram melhor definição. No inverno, a 190 m, o fluxo predominante para SE foi uma exceção. Esses resultados revelam a influência do fluxo para SW da **CB** sobre as correntes na isóbata de 200 m, a qual é menos pronunciada na região da isóbata de 100 m (fundeio C1), onde o fluxo resultante parece ser uma combinação entre as correntes geradas pelo vento e a **CB**.

3.2.3 Fundeio C3

Durante o verão de 1993 (Figura 3.9), as correntes mais freqüentes fluíram para o quadrante S-W, com sentido predominante para SW, nas três primeiras profundidades e para N-E, com sentido predominante para NE, a 698 m. As correntes mais freqüentes também foram as mais intensas, em todas as profundidades, mas nas outras direções também foram registradas correntes relativamente intensas, principalmente a 29 e 91 m. As maiores intensidades registradas a 698 m são menores que as das outras profundidades. As direções dos maiores deslocamentos foram dependentes da profundidade: foram para 195° a 29 m, para 210° a 91 m, para 225° a 293 m e para 15° a 698 m sendo, nas duas últimas profundidades, bem menores que os registrados nas primeiras.

Para o outono de 1993 (Figura 3.10), foram obtidos poucos registros em todas as profundidades, em comparação com as outras estações sazonais, devido às falhas na aparelhagem. A profundidade que apresentou menos registros foi a de 293 m. Somente foram registradas correntes com sentido para S/SW, nas duas primeiras profundidades. Mas, inclusive a 293 m as correntes mais freqüentes e mais intensas fluíram para SW. Entre 29 e 293 m mais de 74% do número total de observações em cada profundidade foram de eventos de corrente entre 180° e 225°. Analogamente ao verão, a 698m, a série que mais registros obteve, as correntes mais freqüentes e mais intensas apontaram para NE. Os maiores deslocamentos foram para 210°, nas três primeiras profundidades e para 15° a 698m, sendo inferior aos registrados a 29 e 91 m.

Para o inverno de 1993 (Figura 3.11), as correntes mais freqüentes fluíram para o quadrante S-W em todas as profundidades. O comportamento das correntes a 698 m foi diferente daqueles registrados nas outras estações. Nesta profundidade, as correntes mais freqüentes que apontaram para o quadrante N-E apresentaram freqüências próximas, porém menores, que as que apontaram para S-W, caracterizando uma distribuição bimodal para os eventos de correntes. Nas três primeiras profundidades, mais de 82% do número total de

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

observações em cada profundidade foi de correntes entre 180° e 225° . A 29, 91 e 293 m, as correntes mais freqüentes foram as mais intensas. A 698 m, as maiores correntes médias foram as que fluíram para NE com valores pouco maiores que os das que fluíram para S/SW. Os maiores deslocamentos das parcelas de água foram para 195° a 29, 91 e 293 m de profundidade e para 30° a 698 m, como consequência das maiores intensidades das correntes para NE. Mas, novamente, este deslocamento é bem menor que aqueles registrados nas três primeiras profundidades.

Para os fundeios realizados durante a primavera de 1993 (Figura 3.12), em C3, a série correntográfica referente à profundidade de 29 m contém um número de registros bastante inferior ao das séries das outras profundidades. Nas duas primeiras profundidades, houve somente registros de correntes fluindo para SW. As correntes mais freqüentes apontaram para S/SW a 293 m e para o quadrante N-E a 698 m. Entre 29 e 293 m, mais de 98% dos registros foram de correntes entre 180° e 225° . Ou seja, as correntes mais freqüentes apontaram para o quadrante S-W nas três primeiras profundidades e para o quadrante N-E a 698 m. As correntes mais freqüentes tiveram as maiores velocidades médias em todas as profundidades. Os maiores deslocamentos apresentaram dependência com a profundidade: a 29 m foram para 195° , a 91 e 293 m para 210° e a 698m para 30° . Repetindo-se nesta estação, a relação observada nas outras estações sazonais entre os deslocamentos a 698 m e nas profundidades anteriores com mesmo número de observações.

No verão de 1994 (Figura 3.13), as correntes mais freqüentes apresentaram comportamento análogo ao observado no verão de 1993, sendo que nas três primeiras profundidades, mais de 89% do número total de observações em cada profundidade é de correntes entre 180° e 225° . A 29 m mais que 98% das correntes fluíram para os quadrantes ao sul e não houve registros de correntes fluindo para o quadrante N-E; a 91 m não houve registros para os quadrantes a leste. As correntes mais freqüentes também foram as mais intensas, em todas

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

as profundidades. A 698 m, as maiores intensidades registradas foram bem menores que as das outras profundidades. Os maiores deslocamentos para as parcelas de água foram para 195° a 29 m, para 210° a 91 e 293 m e para 30° a 698 m de profundidade e como no verão de 1993, nesta última foram bem menores que nas anteriores.

Assim, em C3, o sentido preponderante do fluxo foi para SW nas três primeiras profundidades e para NE a 698 m. Em geral, as maiores velocidades médias foram as das correntes com o sentido do fluxo preponderante. Como em C1 e C2, as correntes que fluíram em direções que não as dos fluxos preponderantes foram também relativamente intensas durante o verão de 1993. Sendo também esta a estação na qual os eventos de corrente estiveram mais uniformemente distribuídos, em C2 e C3. Os deslocamentos predominantes entre 29 e 293 m estiveram bem definidos, eles foram para 210°- 195° sendo que, apenas com exceção do verão de 1993, pelo menos 74% do número total de observações em cada profundidade foi de correntes entre 180° e 225°, levando-se em conta inclusive as séries de outono, de menor valor estatístico. O fluxo para SW, nos três primeiros níveis, apresentou melhor definição na primavera e no verão/94. As intensidades médias, a 29 e 91 e 293 m, foram comparáveis e às vezes superiores àquelas observadas no fundo C2.

Com esses resultados, podemos concluir que, na região de estudo, o fluxo da CB fica concentrado entre as isóbatas de 200 e de 1000 m, atingindo esporadicamente a região da isóbata de 100 m. Em C3, a CB está restrita a profundidades menores que 700m, nível no qual predomina o fluxo para NE da AIA. Apenas no inverno, os eventos de corrente fluindo para SW foram um pouco superiores aos eventos para NE, a 698 m. Fora poucas exceções, nos três primeiros níveis de C2 e C3, mais de 74% das correntes fluíram num setor angular com abertura de 45° compreendido, aproximadamente, entre a isóbata e a direção sul. Na primavera, 100% dos eventos de correntes chegaram a ser registrados nesse setor.

3.3 Distribuições temporais dos vetores velocidade de corrente (“stickplots”)

Podemos apreciar nas Figuras 3.14 a 3.18, onde estão representadas as distribuições temporais dos vetores velocidade de corrente para os dados filtrados (“stickplots”) dos fundeios C1, C2 e C3, a variabilidade temporal e também as direções predominantes das correntes durante as épocas das medições.

No fundeio C1, as frequências subinerciais dominam a variabilidade temporal do vetor velocidade, destacando-se os períodos entre 3 e 14 dias. Nos fundeios C2 e C3, entretanto, as mudanças de velocidade com o tempo são semelhantes entre si, mas diferentes de C1.

Em C2, a maioria dos eventos de inversão da corrente ocorreu na profundidade de 190 m, em todas as estações do ano, com características subinerciais. As inversões atingiram simultaneamente todas as profundidades em apenas duas ocasiões: na segunda quinzena de fevereiro de 1993 e no início de junho. Nos meses de julho e agosto não foram observadas inversões (Figura 3.16). Em C3, a maioria dos eventos de inversão da corrente, considerando os três primeiros níveis, ocorreu na profundidade de 293 m, em todas as estações. A inversão observada na segunda quinzena de fevereiro, em C2, também atingiu as três primeiras profundidades de C3 (Figuras 3.14). As simultaneidades de eventos que atingiram parte substancial da coluna de água, em C2 e C3, permitem associar a variabilidade temporal nos fundeios situados na quebra da plataforma e no talude continental com meandros ou vórtices da **CB**. Na profundidade de 698 m, onde predomina o fluxo para NE da AIA, foram observadas inversões para SW com escalas temporais maiores que a subinercial. Entre julho e agosto de 1993, a inversão apresentou duração de 26 dias, coincidindo com parte do período em que não foram registradas inversões da corrente em C2 (Figura 3.16), o que sugere que possa ter ocorrido uma retração da AIA na região da isóbata de 1000 m e que a **CB** tenha passado a ocupar profundidades maiores que

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

700 m nesta época do ano.

Vamos, agora, detalhar a análise dos “stickplots” com o auxílio dos “Diagramas Vetoriais Progressivos” (DVP), que evidenciam os sentidos preferenciais dos fluxos e das rotações, e das séries temporais filtradas de temperatura e das componentes transversal (U) e paralela (V) às isóbatas do vetor velocidade da corrente.

3.3.1 Fundeio C1

Em C1, existe boa correlação visual entre os eventos ocorridos em todos os níveis do fundeio, em qualquer estação sazonal. Essa correlação é constatada nas inversões de correntes que ocorrem no nível do aparelho mais raso, as quais estão também quase sempre presentes nos dados dos correntógrafos mais profundos (Figuras 3.14 a 3.18), bem como na variabilidade do campo de temperaturas. Este pequeno cisalhamento vertical aponta para condições barotrópicas de corrente em C1. A média sazonal das velocidades é muito pequena, tendendo a zero, como observado para as médias das componentes U e V, na seção 3.1. Isto se deve à alta variabilidade subinercial com característica bimodal observada nessa posição. A característica bimodal da corrente, ora fluindo para SW, ora para NE, implica no cancelamento entre os valores positivos e negativos no cálculo da média.

No início do verão de 1993, uma rotação anticiclônica com duração de 7 dias atingiu o nível do aparelho mais raso (Figura 3.14). Nas outras duas profundidades, apenas a inversão da corrente foi observada. Durante o evento, a temperatura da água decaiu, sendo o decréscimo menos pronunciado na profundidade de 91 m (Figura 3.19(c)); as intensidades aumentaram nos três instrumentos. Após o evento, ou seja, entre final de dezembro e início de janeiro, houve um período de 8 dias no qual a corrente esteve fluindo para SW sem interrupções, na profundidade de 30 m, e apresentando um breve evento de rotação e outro de inversão, anticiclônicos, a 58 e 91 m, respectivamente. Este

Figura 3.19 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundo C1, durante o verão de 1993.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

período foi marcado por uma intensificação das correntes e aumento na temperatura da água. A seguir, uma inversão ciclônica foi observada simultaneamente nos três níveis. Em meados de janeiro, um evento anticiclônico, que causou inversão da corrente apenas nas duas primeiras profundidades, acarretou num abaixamento da temperatura, detectado em todos os níveis amostrados. Houve também uma desintensificação das correntes. Esses eventos anticiclônicos, cujos efeitos são observados principalmente nos níveis superiores, devem ser causados pela passagem de frentes frias. Logo em seguida, houve um aumento das temperaturas e intensidades e o aparecimento de um giro ciclônico, com duração de aproximadamente 8 dias seguido por uma queda na temperatura, que atingiu os três níveis. Esse giro precedeu um período de 13 dias no qual a orientação da corrente foi unicamente para SW/SE, com intensidades atingindo 0,49 m/s e aumento na temperatura, menos pronunciado à medida que descemos na coluna de água (Figuras 3.14 e 3.19(b) e (c)). Após este período, um giro anticiclônico foi registrado em todos os níveis, juntamente com uma queda das intensidades e das temperaturas. Os giros em questão estão evidenciados nas Figuras 3.14 e 3.19. Na segunda quinzena de fevereiro, uma inversão ciclônica, registrada simultaneamente pelos três aparelhos, foi precedida por queda e posterior aumento da temperatura e das intensidades de corrente para SW. A seguir, um giro anticiclônico com duração aproximada de 6 dias, foi observado também nas três profundidades e acompanhado por um ligeiro decréscimo na temperatura da água, mais destacado a 30 m. Os dois períodos em que o fluxo esteve predominantemente para SW, bem como os giros e inversões podem ser observados nas Figuras 3.14 e 3.20. Nesta estação, a frequência das inversões foi de, aproximadamente, uma a cada 9 dias, nas três profundidades. As flutuações de temperatura estiveram muito acopladas com os eventos de inversão e foram mais pronunciadas nos dois primeiros níveis.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Figura 3.20 – Diagramas Vetoriais Progressivos de correntes filtradas para os fundeios realizados na isóbata de 100 m durante o verão (VER), outono (OUT) e inverno (INV) de 1993. As profundidades que aparecem no topo das figuras representam a profundidade dos correntógrafos. Os números ao longo

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Durante o primeiro mês de registros do outono de 1993 (Figura 3.15), três giros anticiclônicos atingiram as duas profundidades amostradas, por períodos de 3, 9 e 14 dias. Nas épocas em que a corrente esteve para NE, foi observado um leve declínio da temperatura da água e a subida desta, quando a corrente fluía para SW/SE, apresentando maiores intensidades. Após este período, as intensidades e temperaturas ficaram estáveis, estas últimas chegando a formar um patamar inferior (Figura 3.21(c)). O fluxo permaneceu orientado para SW durante 10 dias, entre 12/04/93 e 21/04/93, observando-se apenas duas rápidas inversões anticiclônicas, na profundidade de 30 m. Essas observações indicam que no início do outono, a passagem de frentes frias foi freqüente, diminuindo a temperatura da água e apresentando um arrefecimento em meados de abril, o que reduziu o número de inversões. Ao término dos 10 dias, uma nova rotação anticiclônica foi observada em ambos os níveis. A seguir, foram registradas intensificação das correntes e elevação da temperatura, seguidas por uma rotação ciclônica, com duração aproximada de 7 dias, entre 12/05/93 e 18/05/93, que pode ser visualizada nas Figuras 3.21 e 3.15. Essa rotação precedeu um período de 9 dias com correntes predominantemente para SW, entre 18/05/93 e 26/05/93, cujas velocidades atingiram 0,53 m/s (Figura 3.21(b)). Durante o mês de junho, inversões e uma rotação anticiclônica foram observadas (Figuras 3.20 e 3.15). Durante esses eventos, houve decréscimos das temperaturas e intensidades, que voltaram a subir no final do mês. Não houve coerência entre algumas das inversões a 30 e a 58 m. Sendo assim, a freqüência das inversões na primeira profundidade foi de uma a cada 8 dias e na segunda, de uma a cada 10 dias. Nesta estação, as maiores oscilações de temperatura foram observados a 58 m (Figura 3.21(c)), os quais estão associados a épocas de reversão do fluxo para SW.

Nos primeiros 7 dias de medições durante o inverno de 1993 (Figura 3.16), as correntes fluíram predominantemente para NE, nas três profundidades, enquanto as temperaturas da água nos dois níveis superiores decaíram lentamente. Na última profundidade, estas flutuações na temperatura foram mais acentuadas. No final desse período, um evento anticiclônico que foi detectado como inversão, no nível superior e como rotação, a 58 e 91 m (apresentando maior duração nesta última) causou decréscimos nas temperaturas e intensidades, tanto maiores quanto maior a profundidade. Uma elevação da temperatura da

Figura 3.21 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura, para o fundeio C1, durante o outono de 1993.

água, no final de julho, foi precedida por uma rotação ciclônica (Figuras 3.22(c) e 3.16), nos dois primeiros níveis e acompanhada por uma alteração no sentido das correntes, que passaram a fluir para SW/SE e pelo aparecimento de correntes com intensidades próximas de 0,50 m/s (Figura 3.22(b)). Outros eventos anticiclônicos ocorreram, causando o abaixamento das temperaturas e intensidades. Em todo o mês de julho, na profundidade de 30 m, o fluxo preponderante foi para NE; a 58 m, houve uma alternância entre os fluxos para NE e para SE; e a 91 m, a alternância foi entre os fluxos para NE e SW (Figuras 3.16 e 3.20). Em meados de agosto, durante 11 dias, o fluxo foi predominantemente para NE, nos três níveis. Registraram-se giros anticiclônicos, correntes relativamente intensas e quedas da temperatura, sendo aquela do final do período a mais significativa. Nos últimos dez dias de agosto, preponderou o fluxo para SW (Figuras 3.16 e 3.20) e uma inversão ciclônica foi detectada, acompanhada por intensificação das correntes e elevação na temperatura, com amplitudes da ordem de 3 °C em todos os níveis amostrados (Figura 3.22(c)), o que sugere a presença da **CB**. Até o final do inverno, a temperatura da água permaneceu estável e predominou a alternância entre as correntes para SW e para NE/NW. As observações acima confirmam as conclusões tiradas a partir das rosas de distribuição: o grande número de eventos de corrente para NE indica que estas sejam, provavelmente, forçadas pelos ventos de SW, predominantes na região durante esta época do ano; as rotações anticiclônicas do vetor velocidade da água foram, quase sempre, acompanhadas pela passagem de frentes frias, o que indica que a influência meteorológica em C1 é marcante e que as correntes sejam apenas ocasionalmente forçadas pela **CB**, quando o eixo da mesma incursiona sobre a plataforma continental, induzindo à predominância do fluxo para SW. Nesta estação, as flutuações de temperatura de maior amplitude estiveram acopladas às variações de velocidade de maior período. Os eventos de inversão/rotação ocorreram, em média, com frequência de um a cada 5 dias, traduzindo a grande variabilidade na direção do fluxo em relação às outras estações.

Na primavera de 1993 (Figura 3.17), o fluxo preponderante foi para SW durante toda a estação, como pode ser observado na Figura 3.23. Com exceção de apenas um evento de inversão da corrente, no nível mais próximo da superfície, todos os outros estiveram

Figura 3.22 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundeio C1, durante o inverno de 1993.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

associados com giros anticiclônicos, que precederam períodos que variaram entre 5 e 19 dias, nos quais a corrente esteve orientada unicamente para SW/SE. Desse modo, as correntes giraram, em média, uma vez a cada 8 dias. No início da estação, na profundidade de 30 m, ocorreu o único giro ciclônico registrado. A série de temperatura correspondente, Figura 3.24(c) apresenta uma tendência de subida, ao contrário das séries das outras profundidades. As temperaturas, entre 10 de outubro e meados de novembro apresentaram tendência de queda a 30 m, a qual foi menos acentuada, nos níveis mais profundos. No início do período mais longo no qual a corrente permaneceu fluindo para SW/SE, as temperaturas da água nos três níveis convergiram para um mesmo valor e em seguida, um evento ciclônico que não chegou a inverter a corrente atingiu os três níveis. Então, a temperatura da água se elevou nos mesmos, com amplitude máxima e as intensidades atingiram novamente valores da ordem de 0,50 m/s (Figura 3.24(b)). Após esta época, as temperaturas caíram, voltando a apresentar valores próximos aqueles anteriores à elevação. Esse evento pode corresponder a uma perturbação da **CB** que atingiu C1. Apenas no início de dezembro, uma outra oscilação de temperatura, que se torna menos pronunciado com a profundidade, também esteve associado com velocidades em torno de 0,50 m/s e fluxo para SW. As rotações, o fluxo para SW e os gradientes de temperatura podem ser apreciados nas Figuras 3.17, 3.23 e 3.24(c), que nos permitem perceber a grande coerência entre os três níveis amostrados. O sentido do fluxo predominante concorda com aquele esperado a partir do campo de ventos prevalecente nessa estação (proveniente de E-NE). Períodos com fluxo constante para SW, nos quais a corrente apresentou intensidades máximas (Figuras 3.17 e 3.24(b)), devem corresponder a épocas em que a **CB** se aproximou da plataforma.

No verão de 1994 (Figura 3.18), o fundeio C1 apresentou características semelhantes às da primavera de 1993. Nas três profundidades, o fluxo predominante foi para SW (Figura 3.23). Os eventos de inversão/rotação da corrente estiveram associados com giros anticiclônicos do vetor velocidade com exceção de apenas uma inversão ciclônica no final de fevereiro, na primeira profundidade. Suas frequências foram em média de um evento a cada 6,5 dias. A coerência visual entre as três profundidades foi grande (Figuras 3.18). No início da estação, a temperatura da água nos três níveis subiu, permanecendo mais alta por

Figura 3.24 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundeio C1, durante a primavera de 1993.

aproximadamente 7 dias, coincidindo com um período com fluxo predominante para SW, com velocidades atingindo 0,68 m/s, denotando possível influência da **CB** (Figura 3.25(b) e (c)). Outros eventos semelhantes ocorreram em janeiro, fevereiro e março. As quedas de temperatura com as maiores amplitudes observadas estiveram associadas com rotações anticiclônicas da corrente, o que indica a passagem de frentes frias. As amplitudes das variações das séries de temperatura foram decrescendo à medida que descemos na coluna de água. Como na primavera de 1993, os ventos predominantes de E-NE devem ter impulsionado as correntes até fevereiro. Os picos de intensidade (0,68; 0,53 e 0,48 m/s) (Figura 3.25(b)) podem ter sido causados por uma aproximação da **CB**. No último mês de registros, embora permaneça a predominância do fluxo para SW (Figura 3.23), sua intensidade foi arrefecida. As rotações anticiclônicas foram um pouco mais frequentes neste, que no verão de 1993.

3.3.2 Fundeios C2 e C3

A influência da **CB** está claramente indicada na quebra da plataforma e no talude continental, onde as intensidades de corrente atingiram valores da ordem de 1 m/s. Nos três primeiros níveis de C2 e C3, persistiu um forte fluxo para SW durante a maior parte do período de medidas e as flutuações de corrente foram visivelmente coerentes entre esses níveis, em cada um dos fundeios. Naqueles três níveis, apenas oito inversões foram observadas em C2 e apenas dezessete, em C3 (mais concentradas a 293 m), durante 15 meses de estudo. Em C2, a 190 m, embora tenham predominado os fluxos para SW/SE, o número de inversões aumentou, em todas as estações sazonais, sendo, portanto, pequenas as similaridades visuais com os outros níveis. A maioria dos eventos de inversão/rotação registrados nessa profundidade foram anticiclônicos. Em C3, a 698 m vê-se que, em quase todo o tempo, o fluxo é para NE, ou seja, oposto ao das três primeiras profundidades, devido à influência da camada superior da Corrente Intermediária Antártica (CIA). Várias inversões foram registradas e os períodos mais prolongados com fluxo para SW guardam similaridade visual com as camadas superiores.

Figura 3.25 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundo C1, durante o verão de 1994.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

No verão de 1993, no mês de fevereiro, um vórtice ou meandro da **CB** atingiu todos os níveis amostrados em C2, causando um giro ciclônico da corrente. O evento com duração aproximada de 20 dias atuou de forma marcante também sobre os três níveis superiores de C3 e atingiu, com menor presença, as três profundidades de C1 (Figura 3.14). No período imediatamente anterior à passagem da perturbação houve um aumento na temperatura da água e as correntes, em C2 e C3, apresentaram ainda uma redução do cisalhamento vertical, principalmente em C2, chegando a apresentar mesmos valores de U e V em todos os níveis amostrados (Figuras 3.26(a) e (b) e 3.27(a) e (b)). A seguir, houve uma queda na temperatura, menos pronunciada nos dois níveis mais rasos amostrados de C2 e em C3 (Figuras 3.26(c) e 3.27(c)). Existem traços da assinatura desse vórtice a 698 m, o que indicaria que a sua escala vertical atingiu cerca de 700 m. Simultaneamente, houve inversão das correntes também em C1 e os dados coletados apresentaram intensificação das correntes para SW e aumento da temperatura, indicando a presença da **CB** nas proximidades.

Em C24, no início de janeiro, foi registrado um giro ciclônico com duração de 5 dias, acompanhado por elevação e posterior queda na temperatura com intensificação das correntes para SW, observados também nos outros níveis de C2 (Figuras 3.14 e 3.26(b) e (c)), embora a rotação não tenha sido detectada. Antes e depois da ocorrência do grande vórtice da **CB**, a corrente, em C24, permaneceu fluindo para SW com maiores intensidades e por períodos mais longos de 20 e de 9 dias, respectivamente, os quais foram acompanhados por elevações na temperatura da água. Nesses períodos, houve aumento da coerência visual com os níveis superiores. No início de março, uma inversão da corrente seguida por um giro ciclônico e acompanhados por aumento na temperatura foram registrados em C24. A inversão atingiu também C23, durante um período de tempo menor. O aumento de temperatura foi registrado também nos dois primeiros níveis do fundeio (Figuras 3.14 e 3.27(c)), mas a inversão não foi observada.

Figura 3.26 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundo C2, durante o verão de 1993.

Figura 3.27 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundo C3, durante o verão de 1993.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Em C33, entre dezembro e meados de janeiro, houve alternância dos movimentos para SW e NE, juntamente com rotações anticiclônicas, menores intensidades e decréscimo da temperatura. No mesmo período em C34, o fluxo preponderante foi para NE, o que sugere meados de fevereiro e o início de março, correspondem com predominância do fluxo para SW e aumento da coerência visual com as outras profundidades, indicando que a **CB** tenha atingido este nível (Figuras 3.14 e 3.26(b) e (c)).

Durante o outono de 1993, as direções das correntes e a temperatura da água apresentaram pequena variabilidade em C2 e C3 (Figuras 3.15, 3.28(c) e 3.29(c)). Inversões da corrente, atingindo simultaneamente os quatro níveis amostrados em C2, foram registradas somente entre final de maio e início de junho. Nesse período, foram registradas duas rotações ciclônicas do vetor velocidade precedidas por aumento e posterior decréscimo da temperatura da água, muito pouco pronunciados em C21. Antes do giro, as correntes em C24 permaneceram 10 dias fluindo para SW sem inversões e com aumento de intensidade. O que indica tratar-se de um vórtice ou meandro da **CB** (Figuras 3.15 e 3.28(c)). Nenhuma outra inversão foi registrada em C21, no período. Outra inversão, agora anticiclônica, entre C22 e C24, ocorreu em meados de junho e também foi acompanhada por aumento seguido de decréscimo na temperatura. Logo após, as correntes foram intensificadas em todos os níveis e permaneceram fluindo para SW até o final da estação (Figuras 3.15 e 3.28), com exceção de uma inversão anticiclônica juntamente com queda da temperatura observada no final de março, em C24. Neste nível, os saltos de temperatura estiveram relacionados com giros ciclônicos ou períodos em que a corrente esteve predominantemente para SW. Em C2, as flutuações das correntes e da temperatura estiveram bastante acopladas.

No fundeio C3 (Figuras 3.15 e 3.29), os registros de outono abrangem praticamente só um mês após o início da estação, pois o restante foi perdido em decorrência de falhas nas baterias dos correntógrafos. A única inversão de corrente observada entre os três níveis superiores ocorreu no início do outono, em C33, juntamente com uma breve diminuição na temperatura. Na última profundidade, inversões para SW foram registradas nos finais de março e abril, associadas com giros anticiclônicos e pequenos decréscimos na temperatura.

Figura 3.28 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundo C2, durante o outono de 1993.

Figura 3.29 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundo C3, durante o outono de 1993.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Para o inverno de 1993 (Figuras 3.16 e 3.30), muitas informações relativas ao fundeio C2 foram perdidas por causa das falhas na aparelhagem. Dentre aquelas recuperadas, a série mais extensa corresponde à profundidade de 74 m. A partir desta série, verificamos que a temperatura da água apresentou variabilidade menor ainda que aquela observada no outono. As outras duas séries, bem menores, são para as profundidades de 127 e 190 m. As únicas inversões de corrente registradas nessa estação ocorreram no final de junho, em C24, e no início de setembro, em C22. Ambas rotações anticiclônicas do vetor velocidade, acompanhadas por queda da temperatura da água e das intensidades. Analisando a Figura 3.31, notamos que a orientação do fluxo predominante é para SW, em C22 e C23 e para SE, em C24, como notado anteriormente nas rosas de distribuição.

No fundeio C3 (Figuras 3.16 e 3.32), nenhuma inversão de corrente foi observada durante o mês de julho, em C31 e C32. As intensidades registradas nestes níveis foram altas, chegando a atingir 1,03 m/s. Em C33, foi detectada uma rotação ciclônica seguida por uma inversão anticiclônica, acompanhadas por pequenas variações na temperatura. Na primeira quinzena de agosto, uma brusca queda nas intensidades acompanhou uma inversão anticiclônica que atingiu, simultaneamente, os três níveis superiores. A inversão foi precedida por um declínio na temperatura, a qual, logo retornou aos valores anteriores ao declínio, passando a apresentar uma breve tendência de queda. O período em que as correntes apresentaram menores intensidades teve duração de aproximadamente 30 dias. Quando as intensidades voltaram a atingir valores mais altos, as temperaturas também se elevaram. Entre início de julho e início de agosto, e durante a primeira quinzena de setembro, o fluxo preponderante foi para SW, em C34. As intensidades chegaram a atingir 0,41 m/s e a temperatura média da água nessas épocas foi maior que aquela registrada no período intermediário, em que o fluxo esteve para NE (Figuras 3.16 e 3.32(b) e (c)). Os pequenos períodos de inversão notados foram coincidentes com aqueles registrados em C33, indicando que a **CB** tenha ocupado o nível de 700 m durante boa parte do inverno.

Durante a primavera de 1993, a temperatura da água apresentou pequenas variações, em todas as profundidades de C2 e C3 (Figuras 3.33(c) e 3.34(c)). Em C23 e C31, os dados

Figura 3.30 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundeio C2, durante o inverno de 1993.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Figura 3.31 – Diagramas Vetoriais Progressivos de correntes filtradas para os fundeios realizados na isóbata de 200 m durante o inverno (INV) e primavera (PRI) de 1993. As profundidades que aparecem no topo das figuras representam a profundidade dos correntógrafos. Norte aponta verticalmente para cima e a linha tracejada no canto superior direito indica a orientação aproximada da isobatimétrica local. Os números ao longo de

Figura 3.32 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundo C3, durante o inverno de 1993.

Figura 3.33 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura, para o fundo C2, durante a primavera de 1993.

Figura 3.34 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundeio C3, durante a primavera de 1993.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

obtidos correspondem a menos de um mês de amostragem, devido às falhas nos instrumentos. O fluxo preponderante foi para SW em todos os níveis de C2 e nos três primeiros níveis de C3. Nenhuma inversão foi registrada nos três níveis superiores de C2 e C3, o que denota a pequena variabilidade da **CB** nessa estação, onde podemos apreciar um fluxo para SW praticamente paralelo à isobatómica (Figuras 3.31 e 3.35). Em C24, giros anticiclônicos foram registrados entre final de outubro e início de novembro (Figura 3.17). Nesta época, as temperaturas estiveram mais baixas. No início de dezembro foi registrada uma inversão que ocorreu juntamente com um pequeno decréscimo seguido por elevação na temperatura. Em C34, predominou o fluxo para NE, poucas inversões da corrente foram registradas (Figuras 3.17 e 3.35). Duas delas ocorreram na primeira quinzena de outubro e, a outra, na primeira quinzena de dezembro. Nas duas primeiras, a corrente permaneceu invertida um total de 8 dias e na última, por 9 dias. Essas inversões estiveram associadas com aumentos na temperatura da água, o que indica que sejam sinais da presença da **CB** a 698 m.

Durante o verão de 1994 (Figuras 3.36 e 3.37), o fluxo predominante foi para SW nos quatro níveis amostrados em C2 e nos três primeiros níveis de C3. A temperatura da água apresentou pequena variabilidade em ambos os fundeios (Figuras 3.38(c) e 3.39(c)). No final de janeiro, um evento ciclônico perturbou o fluxo em C2 e nos três níveis superiores de C3. Durante o evento, que teve duração aproximada de 7 dias, as temperaturas inicialmente se elevaram, caindo após algum tempo. Em C34, essa variação na temperatura também foi notada. Na época em que o fluxo inverteu nos outros níveis, a intensidade do fluxo para NE, em C34, atingiu 0,35 m/s (Figura 3.39(b)). A entidade, portanto, apresenta características semelhantes às aquelas observadas para o meandro ou vórtice da **CB** detectado no verão de 1993, mas possui duração menor que a deste. Em C24, rotações anticiclônicas provocaram pronunciadas quedas na temperatura, como por exemplo no final de dezembro, na primeira e segunda quinzenas de fevereiro e no início de março (Figuras 3.18 e 3.38(c)). Em C33, outra inversão acompanhada por elevação seguida de queda na temperatura foi registrada no final de março. Em C34, inversões da corrente juntamente com subidas na temperatura foram observadas nos inícios de janeiro e de fevereiro (Figuras 3.18 e 3.39(c)).

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Figura 3.26 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundo C2, durante o verão de 1993.

Figura 3.39 – Séries temporais filtradas das componentes (a) normal (U) e (b) paralela (V) do vetor velocidade de corrente e (c) de temperatura da água, para o fundeio C3, durante o verão de 1994.

Entre a segunda quinzena de fevereiro e a primeira de março, houve alternância dos movimentos para NE/SW, neste nível, com pouca variabilidade da temperatura e no fim da estação, predominou o fluxo para SW, com elevação da temperatura, indicando a influência da CB.

3.4 Funções Empíricas Ortogonais (EOF)

Nesta seção, será analisada a estrutura vertical da variabilidade subinercial das correntes, na plataforma externa, QPC e talude da Bacia de Santos, através do uso das EOF no domínio do tempo.

Em cada estação sazonal, as séries filtradas das componentes do vetor velocidade normal (U) e paralela (V) à batimetria, de todos fundeios, foram decompostas em EOF (Figuras 3.40 à 3.54). Para o cálculo das amplitudes dos autovetores, é necessário que as séries analisadas conjuntamente tenham um mesmo comprimento. Portanto, para as séries que apresentavam lacunas, dois tipos de procedimento foram efetuados:

- i) para fundeios nos quais as lacunas das séries de todas as profundidades eram correspondentes à mesma época (Tabelas 2.4), foi escolhido o mais longo período de tempo sem lacunas, de acordo com o método sugerido por Davis (1976), que pode levar a um menor erro quando comparado à utilização de séries com dados interpolados, pelo fato de estarmos usando os dados originais;
- ii) em alguns fundeios, não foram consideradas todas as profundidades em razão da não simultaneidade dos dados ou da predominância de lacunas.

Os períodos e comprimentos das séries usadas no cálculo das EOF estão na Tabela 3.2.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Série	Início	Final	Comprimento
C1ver11	21/12/1992 00:00 UTC	10/03/1993 19:00 UTC	1916
C1ver12	21/12/1992 00:00 UTC	10/03/1993 19:00 UTC	1916
C1ver13	21/12/1992 00:00 UTC	10/03/1993 19:00 UTC	1916
C1out11	27/03/1993 16:00 UTC	20/06/1993 22:00 UTC	2047
C1out12	27/03/1993 16:00 UTC	20/06/1993 22:00 UTC	2047
C1out13	-	-	0
C1inv11	11/07/1993 16:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1736
C1inv12	11/07/1993 16:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1736
C1inv13	11/07/1993 16:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1736
C1pri11	09/10/1993 15:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1737
C1pri12	09/10/1993 15:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1737
C1pri13	09/10/1993 15:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1737
C1ver21	07/01/1994 15:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1737
C1ver22	07/01/1994 15:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1737
C1ver23	07/01/1994 15:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1737

Tabela 3.2 (a) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C1, do projeto COROAS, usadas para os cálculos das funções empíricas ortogonais (FOE), subdivididas segundo as estações sazonais

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Série	Início	Final	Comprimento
C2ver11	15/12/1992 22:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C2ver12	15/12/1992 22:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C2ver13	15/12/1992 22:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C2ver14	15/12/1992 22:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C2out11	26/03/1993 20:00 UTC	20/06/1993 02:00 UTC	2047
C2out12	26/03/1993 20:00 UTC	20/06/1993 23:00 UTC	2068
C2out13	26/03/1993 20:00 UTC	20/06/1993 23:00 UTC	2068
C2out14	26/03/1993 20:00 UTC	20/06/1993 23:00 UTC	2068
C2inv12	21/06/1993 00:00 UTC	08/07/1993 13:00 UTC	422
C2inv13	21/06/1993 00:00 UTC	08/07/1993 13:00 UTC	422
C2inv14	21/06/1993 00:00 UTC	08/07/1993 13:00 UTC	422
C2pri11	08/10/1993 19:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1757
C2pri12	08/10/1993 19:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1757
C2pri14	08/10/1993 19:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1757
C2ver21	05/01/1994 22:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1778
C2ver22	05/01/1994 22:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1778
C2ver23	05/01/1994 22:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1778
C2ver24	05/01/1994 22:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1778

Tabela 3.2 (b) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C2, do projeto COROAS, usadas para os cálculos das funções empíricas ortogonais (FOE), subdivididas segundo as estações sazonais.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

Série	Início	Final	Comprimento
C3ver11	21/12/1992 00:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C3ver12	21/12/1992 00:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C3ver13	21/12/1992 00:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C3ver14	21/12/1992 00:00 UTC	20/03/1993 23:00 UTC	2160
C3out11	25/03/1993 22:00 UTC	08/04/1993 08:00 UTC	322
C3out12	25/03/1993 22:00 UTC	08/04/1993 08:00 UTC	322
C3out13	25/03/1993 22:00 UTC	08/04/1993 08:00 UTC	322
C3out14	25/03/1993 22:00 UTC	08/04/1993 08:00 UTC	322
C3inv11	10/07/1993 18:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1758
C3inv12	10/07/1993 18:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1758
C3inv13	10/07/1993 18:00 UTC	21/09/1993 23:00 UTC	1758
C3pri12	07/10/1993 22:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1778
C3pri13	07/10/1993 22:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1778
C3pri14	07/10/1993 22:00 UTC	20/12/1993 23:00 UTC	1778
C3ver21	06/01/1994 21:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1755
C3ver22	06/01/1994 21:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1755
C3ver23	06/01/1994 21:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1755
C3ver24	06/01/1994 21:00 UTC	20/03/1994 23:00 UTC	1755

Tabela 3.2 (c) - Datas de início e término e número de pontos das séries filtradas do fundeio C3, do projeto COROAS, usadas para os cálculos das funções empíricas ortogonais (FOE), subdivididas segundo as estações sazonais.

3.4.1 Fundeio C1

As Figuras 3.40 a 3.44 apresentam a porcentagem de variância explicada por cada um dos modos e as amplitudes dos autovetores, para as três profundidades amostradas neste fundeio, com exceção do outono/93 (O1), estação para a qual não possuímos dados no nível mais profundo. Cabe observar que as porcentagens apresentadas a seguir não foram extraídas diretamente das Figuras 3.40 a 3.54. Estas sintetizam os dados gerados pelo programa utilizados para o cálculo das EOFs, a partir dos quais aquelas porcentagens foram obtidas.

Para a corrente paralela, o primeiro modo explica mais do que 78% da variância dos dados originais, no inverno (I1) e mais do que 87%, nas outras estações, em qualquer profundidade, sendo, portanto, o modo dominante. Esse modo é ligeiramente mais importante na profundidade intermediária, onde explica mais do que 94% da variância. No verão/94 (V2), sua importância para o nível mais profundo é ainda um pouco maior. O segundo modo contribui mais para as variâncias próximo à superfície e ao fundo. A porcentagem da variância dos dados originais explicada pelo terceiro modo não ultrapassa 4,6%, em qualquer nível e época, sendo mais importante para a profundidade intermediária.

No verão/93 (V1), O1 e I1 as amplitudes do primeiro modo aumentam em direção ao fundo. Na primavera/93 (P1), a amplitude do primeiro modo aumenta entre o correntógrafo mais próximo da superfície e o intermediário e depois, diminui um pouco, em direção ao fundo. Em V2 ocorreu o inverso. O primeiro modo não muda de sinal entre os três níveis amostrados. O segundo modo tem amplitudes maiores na menor e na maior profundidade, sendo que a mudança de sinal ocorre no nível da profundidade intermediária em V1, I1 e P1 e acima dela, em O1 e V2. O terceiro modo apresentou o mesmo padrão em todas as estações: amplitudes relativamente próximas na maior e menor profundidades, com exceção de V2, e de mesmo sinal; amplitude máxima na profundidade intermediária, com

Figura 3.40 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C1 no período do verão de 1993 (V1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.41 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C1 no período do outono de 1993 (O1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.42 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C1 no período do inverno de 1993 (I1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.43 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C1 no período da primavera de 1993 (P1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.44 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C1 no período do verão de 1994 (V2). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

sinal oposto ao das outras duas profundidades. Ou seja, o terceiro modo trocou de sinal entre o nível mais raso e o intermediário e entre este e o mais profundo.

No caso da componente normal, a contribuição do primeiro modo para a energia cinética ou variância é mais significativa somente nos dois primeiros níveis amostrados, com exceção do outono/93, quando ela é maior apenas na profundidade de 30 m. Em V1, o primeiro modo é mais importante na menor profundidade, enquanto em I1, P1 e V2 ele é ligeiramente mais importante na profundidade intermediária. Esse modo explica mais do que 77% da variância dos dados originais desses dois níveis, nestas quatro estações. Em P1, o primeiro modo é também importante no nível mais profundo, contribuindo com mais de 71% da energia do nível. Em O1, o primeiro modo explica 96% da variância, no nível mais raso e 57%, no intermediário. Na maior profundidade, o segundo modo ganha importância em V1, I1 e O1 chegando a contribuir para mais de 50% da energia, nas duas primeiras estações e para 43,26% em O1. O terceiro modo é mais importante para o nível de 91 m, em V2, explicando quase 15% da variabilidade dos dados (o segundo modo é responsável por 19%) e para o de 58 m, nas outras estações, explicando não mais do que 11%. Em todas as estações, com exceção de V2, as amplitudes do primeiro modo diminuem em direção ao fundo e não há mudança de sinal em qualquer estação. As amplitudes do segundo e terceiro modos apresentaram mesmo comportamento que para a corrente paralela, com a mudança de sinal para aquele, ocorrendo acima da profundidade intermediária. Em V2, a amplitude do primeiro modo aumenta do nível mais próximo à superfície para o intermediário e depois diminui, em direção ao fundo. As amplitudes do segundo e terceiro modos tiveram seus comportamentos trocados em relação às outras estações.

O primeiro modo domina as correntes paralelas, nos três níveis amostrados e as correntes normais, nos dois primeiros níveis, explicando mais do que 77% da variância observada. Em P1, o primeiro modo chega a explicar quase 72% da variância das correntes normais, no nível mais profundo. Esse modo tem caráter barotrópico, com pequenas variações em direção ao fundo. As correntes normais do nível mais profundo, em V1, O1 e I1, são dominadas pelo primeiro e segundo modos. Este último se assemelha ao primeiro modo baroclínico. Em V2, 66% da energia dessas correntes é explicada pelo primeiro modo e a

porcentagem restante, fica dividida entre o segundo e terceiro modos, sendo este, semelhante ao segundo modo dinâmico baroclínico. Para cada componente, somando-se as contribuições do primeiro e segundo modos empíricos, mais do que 95% da energia associada aos níveis de 30 e 91 m pode ser explicada e mais do que 89%, para o nível de 58 m, pois o terceiro modo tem maior importância nessa profundidade, relativamente às outras.

3.4.2 Fundeio C2

Neste fundeio, não foi considerado o nível mais raso no inverno/93, devido à ausência de dados e o nível de 127 m, na primavera/93, em razão da predominância de lacunas. A porcentagem de variância explicada por cada um dos modos e as amplitudes dos autovetores, para as quatro profundidades amostradas neste fundeio estão nas Figuras 3.45 a 3.49.

Para a componente V da velocidade de corrente, paralela à isobatimétrica, o primeiro modo domina a variância dos dados originais nos três primeiros níveis. A porcentagem dessa variância explicada por aquele modo é maior que 78%, em cada um dos três níveis. Sendo esse modo ligeiramente mais importante para a profundidade de 74 m, onde explica mais do que 90% da variabilidade. O segundo modo explica a maior parte da variância dos dados do nível mais profundo, em V1, P1 e V2, contribuindo para mais de 61% da energia deste nível. Em O1 e I1, a influência do segundo modo é um pouco menos destacada; ele explica, respectivamente, 34% e 39% da variância da maior profundidade, nessas estações. A contribuição do terceiro modo é notável no nível de 127 m, mas ele não explica mais do que 12% da variabilidade. Em P1, estação na qual esse nível não foi estudado, o terceiro modo explica a maior parte da variância da menor profundidade. O quarto modo não está representado nas figuras e contribui com menos de 2% da variância de todos os registros da velocidade paralela.

Figura 3.45 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C2 no período do verão de 1993 (V1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.46 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C2 no período do outono de 1993 (O1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.47 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C2 no período do inverno de 1993 (II). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.48 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C2 no período da primavera de 1993 (P1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.49 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C2 no período do verão de 1994 (V2). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

As amplitudes do modo 1, em geral, diminuem com a profundidade. Em P1 e V2 sua amplitude aumenta entre 31 e 74 m, para depois diminuir. Em O1, há um aumento entre 74 e 127 m. O primeiro modo não muda de sinal entre os quatro níveis amostrados. As amplitudes do segundo modo são máximas, em módulo, no nível mais profundo, em todas as estações sazonais. Essas amplitudes sofrem uma mudança de sinal entre os níveis de 74 e 127 m. O terceiro modo tem maiores amplitudes na profundidade de 127 m. Em cada estação, nas profundidades extremas amostradas, as amplitudes do terceiro modo apresentam o mesmo sinal, que é oposto aquele do nível de 127 m. As amplitudes do terceiro modo, portanto, trocam de sinal duas vezes: em V1 e O1, entre 31 e 74 m e depois entre 127 e 190 m; em I1, entre 74 e 127 m e depois entre esta profundidade e 190 m; em P1, entre 31 e 74 m e entre esta profundidade e 190 m e em V2, entre 74 e 127 m e novamente entre 127 e 190 m.

Em relação às correntes normais à batimetria, a contribuição do primeiro modo é mais importante para a variância dos dados dos dois níveis mais rasos, com exceção de I1. Nas outras estações, aquele modo explica mais do que 83% da energia de cada um desses níveis. O primeiro modo também explica a maior fração da variância no nível de 127 m, nessas estações, contribuindo com 69% a 77% da variância dos dados originais. O segundo modo é mais importante no nível mais profundo, explicando mais do que 66% da energia deste nível, em O1 e V2 e mais do que 38%, em V1 e P1. A contribuição do terceiro modo para a variabilidade das correntes normais é destacada à 74 m, em P1 e à 127 m, nas demais estações. A porcentagem da variância explicada por esse modo é maior que 10% em todas elas, sendo superior a 55% em I1. Nesta estação, o padrão apresentado pelos dois primeiros modos é diferente daquele das outras estações: o primeiro modo é mais importante no nível mais profundo, explicando mais de 94% da variância e o segundo modo contribui para mais de 56% da energia do nível de 74 m, quase todo o restante da energia deste nível é explicado pelo primeiro modo. O quarto modo não está representado e explica no máximo 4% da variância de todos os registros de velocidade.

O comportamento das amplitudes dos três modos é semelhante àquele observado para a componente paralela. As exceções ocorrem em I1. Nesta estação, a amplitude do modo 1

aumenta entre 127 e 190 m, o segundo modo tem amplitude máxima no nível de 74 m e o terceiro modo só muda de sinal uma vez, entre 74 e 127 m.

Em síntese, o primeiro modo domina as correntes paralelas e normais nos três primeiros níveis, explicando mais do que 77% da variância registrada. As exceções são para as variâncias da componente normal à 127 m, em V2, onde 69% da variância dos dados originais é explicada por esse modo e em I1, quando as EOF para essa componente apresentaram padrão diferenciado. Esse modo tem caráter barotrópico, mas as variações em direção ao fundo são mais acentuadas que aquelas observadas em C1. O segundo modo é mais importante para a variância do nível mais profundo, embora sua contribuição não seja dominante em algumas estações, ela explica sempre mais que 33,5% da variabilidade de ambas as componentes. Novamente, a exceção fica para as correntes normais em I1, que no nível mais profundo são dominadas pelo primeiro modo. O terceiro modo é, geralmente, mais importante para o nível de 127 m. Em I1, ele é dominante neste nível, contribuindo para mais de 55% da energia. A porcentagem da variância explicada pelo quarto modo não ultrapassa 4% para todos os registros de velocidade. O segundo e terceiro modos têm o mesmo caráter baroclínico observado no fundeio C1.

3.4.3 Fundeio C3

As Figuras 3.50 a 3.54 representam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos e as amplitudes dos autovetores, para as quatro profundidades amostradas neste fundeio. Não foram considerados os níveis de 293m , no outono/93, de 698 m, no inverno/93, nem o nível de 29 m, na primavera/93, devido à predominância de lacunas.

Para as correntes paralelas, o primeiro modo explica mais do que 75% da variância dos dados originais dos dois primeiros níveis. Em V1, a importância do segundo modo é maior

Figura 3.50 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C3 no período do verão de 1993 (V1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.51 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C3 no período do outono de 1993 (O1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.52 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C3 no período do inverno de 1993 (I1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.53 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C3 no período da primavera de 1993 (P1). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Figura 3.54 – Funções empíricas ortogonais (EOF) para os dados correntográficos do fundeio C3 no período do verão de 1994 (V2). As figuras da esquerda são para a componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) e as da direita, para a componente normal (U). As figuras superiores indicam a porcentagem da variância explicada por cada um dos modos (M1, M2, M3) e as inferiores, a amplitude do autovetor em unidades arbitrárias.

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

à 293 m, mas a porcentagem da variância explicada por esse modo é aproximadamente a mesma explicada pelo primeiro modo de forma que os dois juntos contribuem com 99% da variabilidade. Em V2, algo semelhante acontece no nível mais profundo, os dois modos juntos totalizam mais do que 75% da variância dos dados originais; na profundidade de 293 m, o segundo modo explica 59% da variância sendo a restante explicada pelo primeiro e terceiro modos. Também em I1, o segundo modo é dominante à 293 m, explicando mais de 78% da energia registrada. Este modo não explica mais do que 26% da variância, em cada um dos três níveis considerados em P1. Nesta estação, nos níveis de 293 e 698 m, a contribuição do segundo e terceiro modos é bastante próxima e sua soma explica, aproximadamente, 50% da variabilidade. O terceiro modo é mais importante apenas em V1. Ele contribui para 54% da energia, à 698 m. Somando essa porcentagem aquela explicada pelo primeiro modo, 99% da variabilidade fica explicada. Em O1, o segundo modo explica, na profundidade de 698m, 81% da variância. Em I1 e V2, o terceiro modo empírico explica, no máximo, 3% da variância dos dados. O quarto modo não está representado nas figuras e não representa mais do que 4% da variância de todos os registros dessa componente da velocidade.

As amplitudes do primeiro modo, em geral, diminuem com a profundidade. As amplitudes do segundo modo são máximas, a 293 m, com exceção de P1, quando apresentou maior valor na profundidade de 91 m. Esse modo trocou de sinal três vezes, em V2, ou seja, a cada nível o sinal era alternado e uma vez, nas demais estações: entre 91 e 293 m, em V1, I1 e P1 e entre 91 e 293 m, em O1. O terceiro modo troca de sinal apenas uma vez em V1 e V2, entre 293 e 698 m na primeira estação e entre 91 e 293 m, em V2. Em O1, I1 e P1, há alternância de sinal entre cada nível amostrado. Este modo apresenta amplitudes máximas na profundidade de 698 m em V1, P1 e V2 e na profundidade de 91 m, em O1 e I1.

Para as correntes normais, o primeiro modo domina a variabilidade dos dois níveis superiores, em V1, O1, I1 e V2 e do nível de 91 m, em P1. A porcentagem da variância explicada por esse modo é superior a 88%, nessas localizações. Em O1, no nível mais profundo, o segundo modo explica 56% da variabilidade e o primeiro e terceiro, porcentagens próximas, totalizando os 100%. O segundo modo explica a maior fração da

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

variância dos dados apenas na profundidade de 293 m, em I1, representando 81% da mesma. Em V1, no nível mais profundo, o segundo e terceiro modos explicam, juntos, mais de 86% da variabilidade. Em P1 e V2, à 293 m, o primeiro e segundo modos contribuem para um total de 94% da energia. Nessas três estações, as porcentagens de variância associadas a cada um dos modos citados são relativamente próximas. Em I1 e V2, o terceiro modo é pouco significativo, explicando menos que 10% da variância dos dados originais. O terceiro modo contribui para 68% da energia registrada no nível mais profundo, em P1. Adicionando a contribuição do segundo modo, 92% dessa energia fica explicada. O quarto modo, que não está representado, é mais importante na profundidade de 293 m, em V1 e na de 698 m, em V2. Na primeira estação, ele explica 55% da variância e na segunda, 42%, nos respectivos níveis. Essas porcentagens somadas com as dos primeiros modos, totalizam mais de 90% da variância explicada.

As amplitudes do primeiro modo diminuem com profundidade, chegando próximo de zero no nível mais profundo amostrado em cada estação, sem troca de sinal. As amplitudes do segundo modo são máximas à 91 e 698 m, em V1 e O1, à 293 m, em I1, P1 e V2. Nas quatro últimas estações, essas amplitudes trocam de sinal apenas uma vez, entre 29 e 91 m, em I1 e V2 e entre 91 e 293 m, em P1. Em V1, a amplitude do segundo modo sofre duas trocas de sinal, a primeira entre 29 e 91 m e depois entre este nível e 293 m. Em O1 e V2, há uma troca entre 29 e 91 m e em I1 e P1, entre 91 e 293 m. Em V2, o sinal do terceiro modo se alterna a cada profundidade. Em V1, este modo trocou de sinal apenas entre 29 e 91 m. Nas outras estações, o terceiro modo trocou de sinal por duas vezes: entre 29 e 91 m e depois à 400 m, aproximadamente, em O1; entre 29 e 91 m e entre este nível e 293 m, em I1; entre 91 e 293 m depois entre esta profundidade e 698 m, em P1. Nos verões, estações nas quais o quarto modo foi representativo da variabilidade, este trocou de sinal duas vezes: entre 91 e 293 m e entre este nível e 698 m, em V1 e entre 29 e 91 m e depois entre 293 e 698m, em V2.

Em C3, o caráter barotrópico ou baroclínico, de cada uma das três primeiras EOF, não é unicamente definido, como nos outros fundeios. O primeiro modo apresenta caráter barotrópico mais acentuado entre 29 e 91 m e entre 293 e 698 m, em V1, I1 e V2, para a

componente paralela e, apenas a partir dos 293 m, para a componente normal. Nessas estações, nos dois níveis mais rasos, esse modo explica mais do que 75% da variância das correntes paralelas e normais, o mesmo ocorre na profundidade de 91 m, em P1. À 293 m, naquelas três estações, o segundo modo é o mais importante para a componente V e se assemelha ao primeiro modo dinâmico baroclínico; para a componente U, esse padrão é válido apenas em I1. Para essa componente, na profundidade de 293 m, em V1, a maior parte da variância é explicada pelo primeiro e quarto modos, sendo este semelhante ao segundo modo baroclínico; em P1 e V2, o primeiro e segundo modos empíricos contribuem com 94% da energia, este último é semelhante ao primeiro modo baroclínico. Na profundidade de 698 m, em V1, o primeiro modo explica, juntamente com o terceiro, 99% da energia das correntes paralelas e o segundo e terceiro explicam mais do que 80% da energia das correntes normais, sendo o terceiro modo, semelhante ao primeiro modo baroclínico; em V2, 75% da variância é explicada pela combinação entre primeiro e segundo modos, este se comporta como o terceiro modo baroclínico, para a componente V. Nessa estação, para a componente U, a combinação entre primeiro e quarto modos, à 698 m, contribui com 91% da variabilidade, este último se comporta como o segundo modo baroclínico. Em P1, 50% da variabilidade do nível de 293 m é explicada pelo primeiro modo empírico, semelhante ao modo barotrópico, e os 50% restantes, por uma combinação entre segundo e terceiro modos, cujos padrões foram, respectivamente, os do primeiro e segundo modos dinâmicos baroclínicos, o mesmo ocorrendo na profundidade de 698 m, para a corrente paralela; para a corrente normal, o terceiro modo é o mais importante e se comporta como o segundo modo baroclínico. Em O1, nos dois níveis mais rasos, a maior parte da variância das duas componentes é explicada pelo primeiro modos, levemente baroclínico, e no nível mais profundo, a variabilidade é dominada pelo segundo modo; para a componente normal, o primeiro modo domina a variabilidade nos três primeiros níveis. Nessa estação, no nível mais profundo, somando as contribuições do primeiro e terceiro modos a porcentagem da variância explicada atinge 83%.

3.5 Estimativas do transporte de volume

A Figura 3.55 apresenta a variabilidade temporal do transporte de volume da **CB** (TV) entre a plataforma continental externa (C2) e o talude continental (C3). Os valores do TV são horários e foram calculados de acordo com o método descrito na Seção 2.6. A região entre os dois fundeios tem uma largura aproximada de 12,5 mn (23150 m).

Em todas as estações sazonais, os transportes foram calculados em relação à profundidade de 293 m e em relação à profundidade de movimento nulo (pmn). A primeira se refere à máxima profundidade amostrada onde predominou o fluxo da **CB**. As pmn, 647 m para os verões e 545 m para outono e primavera (Figura 3.56 (a) e (b)), foram obtidas por interpolação linear entre os níveis de 293 e 698 m. As interpolações foram feitas de 1 em 1 m, gerando-se, para cada profundidade, séries de valores interpolados da componente do vetor velocidade paralela à isóbata (V). Em cada uma dessas séries, determinou-se o número de valores contidos no intervalo $(-0,04 \leq V \leq 0,04)$. Para cada estação, foi construída uma matriz associando cada número à profundidade correspondente. Foi escolhido como pmn, um nível que fosse correspondente ao número máximo ou, ainda, um nível médio. Desse modo, a coincidência do aparecimento da profundidade de 647 m para os verões, levou a sua escolha como pmn. Para o outono e primavera, a proximidade entre as profundidades encontradas acarretou na escolha de um nível médio (545 m).

A Tabela 3.3 contém os primeiros momentos estatísticos para todas as séries de transporte calculadas. O transporte médio estimado, relativo ao nível de 293 m, durante toda a época de medidas foi de $-2,01 \pm 0,98 \text{ Sv}$ ($1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), com uma moda de $-2,69 \text{ Sv}$. Devemos ressaltar que contribuem mais para esses valores, os TV dos verões, que foram as estações que sofreram os menores cortes em suas séries.

Figura 3.55 – Séries temporais filtradas de transporte de volume, entre os fundeios C2 e C3. As séries são referentes ao transporte entre a superfície e o nível de 293 m; e entre a superfície e o nível de movimento nulo (647 m para os verões de 1993 e 1994; 545 m para o outono e primavera de 1993).

Figura 3.56 (a) – Variabilidade da média da componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) ao longo da coluna d'água, no fundeio C3, para o (a) verão de 1993 (VER 1) e (b) outono de 1993 (OUT 1). Valores negativos de V indicam fluxo para SW. A profundidade de movimento nulo (PMN) é aquela a partir da qual o sinal de V inverte. Seus valores são, aproximadamente, 647 m, para VER 1 e 545 m, para OUT 1.

Figura 3.56 (b) – Variabilidade da média da componente do vetor velocidade paralela à batimetria (V) ao longo da coluna d'água, no fundeio C3, para a (a) primavera de 1993 (PRI 1) e (b) verão de 1994 (VER 2). Valores negativos de V indicam fluxo para SW. A profundidade de movimento nulo (pmn) é aquela a partir da qual o sinal de V inverte. Seus valores são, aproximadamente, 545 m, para PRI 1 e 647 m, para VER 2.

NOME	INIC.	FINAL	COMP.	MÍN.	MÁX.	AMPL.	MÉDIA	D.PAD.	VAR.	MODA
TVHV1293	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-3.25	1.63	4.87	-1.76	1.2	1.43	-2.69
TVHV1647	21/12/92 00h	20/03/93 23h	2160	-6.15	3.02	9.17	-2.56	2.16	4.67	-5.58
TVHO1293	21/03/93 00h	08/04/93 07h	408	-3.34	-1.1	2.24	-2.35	0.54	0.29	-1.93
TVHO1545	26/03/93 20h	08/04/93 07h	300	-4.99	-2.65	2.34	-3.89	0.66	0.44	-2.68
TVHP1293	08/10/93 19h	30/10/93 00h	510	-3.9	-1.68	2.22	-2.75	0.62	0.39	-3.49
TVHP1545	08/10/93 19h	30/10/93 00h	510	-6.41	-2.91	3.5	-4.37	1.01	1.01	-5.67
TVHV2293	06/01/94 21h	20/03/94 23h	1755	-3.58	-0.25	3.33	-2.03	0.67	0.45	-2.56
TVHV2647	06/01/94 21h	20/03/94 23h	1755	-6.15	-0.09	6.06	-3.16	1.26	1.59	-4.17

Tabela 3.3 – Primeiros momentos estatísticos para as séries temporais filtradas do transporte de volume da CB, calculado entre os fundeios C2 e C3. Nos nomes, o quarto e quinto dígitos são referentes à estação sazonal, de acordo com o critério adotado a partir do Capítulo 2 e os três últimos algarismos

Para a primavera de 1993 (P1), as áreas A1 e A2 da Figura 2.3 foram consideradas como uma única área, pois não houve simultaneidade entre as velocidades medidas nos pontos C21 e C31. O valor médio de V entre C22 e C32 foi extrapolado até a superfície. Como se pode observar nas Figuras 3.33 e 3.35, os valores da componente V registrados em C21 e C22 e em C31 e C32 são bastante próximos, o que não acarreta em grandes desvios no cálculo do TV, em relação ao método empregado para as outras estações sazonais. Em P1, foram registrados os maiores valores absolutos para o TV, em ambos os níveis de referência. As médias do TV também foram máximas, para cada nível, nessa estação ($-2,75 \pm 0,62$ (300 m) e $-4,37 \pm 1,01$ (pmn)). A Figura 3.56 mostra que, durante o mês de outubro, o sentido do TV foi unicamente para SW, com intensidade decrescente, do início para o final do mês, com tendência de subida no final dos registros. Os desvios padrão foram os segundos menores registrados, o que traduz a pequena variabilidade do TV. Embora as séries de transporte sejam relativamente curtas, a uniformidade e os máximos registrados no TV estão de acordo com o que foi observado para os campos de velocidade (Figura 3.17).

O outono de 1993 (O1) apresentou características semelhantes àsquelas observadas em P1. Os comprimentos das séries de transporte de ambas as estações são próximos. Os transportes médios registrados em O1 foram os segundos maiores ($-2,35 \pm 0,54$ (300 m) e $-3,89 \pm 0,66$ (pmn)), em cada nível, e os seus desvios padrão, os menores encontrados, denotando a pequena variabilidade do transporte que, como em P1, foi unicamente para SW durante todo o período. Os valores do TV apresentam tendência de aumento, entre o início

Capítulo 3 – Análise dos Resultados

da série e o final de março. A partir desta data, a curva do TV se assemelha a uma senóide amortecida. A pequena variabilidade do TV correspondente ao início dessa estação concorda com as observações sobre o comportamento do fluxo em C2 e C3, nesta época, feitas na seção 3.3.2.

Enquanto cada uma das séries de transporte de O1 e P1 engloba um período máximo de 20 dias, as séries dos verões cobrem praticamente toda a estação. O verão de 1993 (V1) apresentou as menores médias e os maiores desvios padrão para o TV, em cada um dos níveis de referência ($-1,76 \pm 1,2$ (300 m) e $-2,56 \pm 2,16$ (pmn)). Esses resultados são coerentes com o grande vórtice da **CB** detectado nesta estação. Somente no mês de fevereiro de 1993, durante a ocorrência dessa perturbação, foi registrado TV para NE, o qual chegou a atingir 3,02 Sv. A recirculação, promovida pelo vórtice ciclônico, é a responsável pelo máximo atingido no transporte para NE. Os valores deste contrabalançam aqueles do transporte para SW, resultando nos pequenos valores do transporte médio e nos grandes desvios padrão.

Fora do período de ocorrência do vórtice, o TV em V1 foi unicamente para SW e apresentou pequena variabilidade, quando relativo aos 300 m. O TV relativo à pmn apresentou maior variabilidade em períodos anteriores e posteriores à ocorrência do vórtice. O TV máximo para SW foi de $-6,15$ Sv, coincidente com o máximo para SW registrado no verão de 1994 (V2). Nesta estação, como em O1 e P1, o TV foi unicamente para SW.

Os transportes médios em V2 foram ($-2,03 \pm 0,67$ (300 m) e $-3,16 \pm 1,26$ (pmn)). As curvas apresentam formato senoidal. O TV para SW assumiu um valor mínimo durante a passagem do evento ciclônico detectado no final de janeiro. O TV máximo para SW foi registrado na segunda quinzena de fevereiro, coincidindo com uma rotação anticiclônica, que deve ter contribuído para a recirculação de parte do fluxo da **CB**. A inexistência de fluxo para NE resultou em maiores médias para o TV, em relação àquele registrado no verão/93.

Capítulo 4

Estudos de Casos

A seguir, serão apresentados três estudos sobre a variabilidade da **CB**, visando a destacar aspectos como o desenvolvimento de vórtices, a presença da **CB** na profundidade de 700 m e na PCE. Além dos registros de velocidades e temperaturas já analisados, esses estudos foram complementados com as análises de correlações.

4.1 Primeiro caso: vórtice ciclônico - verão/93

Os registros de velocidade e temperatura indicam, no início de fevereiro/93, a formação de um vórtice ciclônico de núcleo frio. Esse vórtice teve uma duração aproximada de 20 dias. Nota-se que, em C2 e C3, imediatamente antes da passagem da perturbação, a velocidade, nos dois níveis superiores, sofreu queda nas intensidades e, nos níveis inferiores, intensificação (Figuras 3.14 e 3.26(b)). Em C1, as velocidades foram intensificadas nos três níveis. Houve queda nas temperaturas em todos os níveis amostrados, nos três fundeios (Figura 3.19(b) e (c)).

No início da perturbação, as temperaturas se elevaram e as correntes sofreram redução do cisalhamento vertical, chegando a atingir as mesmas intensidades em todos os níveis, nos fundeios C2 e C3 (Figuras 3.14, 3.26(b) e (c) e 3.27(b) e (c)). As variações de temperatura descritas acima foram menos acentuadas no nível de 91 m, em C1, nos níveis mais próximos à superfície, em C2 e C3, e no nível mais profundo, em C3. A elevação da temperatura deve estar associada com a passagem do filamento quente do vórtice. A borda oeste desse filamento atingiu C2 e C3 e parece ter alcançado C1, com menor presença. No final do evento, a temperatura abaixou no nível mais profundo de C1. Em C2, ela permaneceu alta, nos 74 m superiores e decresceu, nos dois níveis inferiores. Em C3, a temperatura permaneceu alta apenas nos 29 m superiores, apresentando queda acentuada à 91 m, a qual foi suavizada, nas profundidades inferiores. O filamento quente do vórtice, que parece estar relacionado com o aumento inicial da temperatura, em todos os fundeios, deve ser o responsável pela permanência das altas temperaturas nos níveis superiores de C2 e C3. Abaixo do nível do filamento quente, as temperaturas decresceram, conforme ocorria a intrusão da água fria de subsuperfície. Foram calculadas as correlações entre os três fundeios e entre os vários níveis de um mesmo fundeio, no período entre 21 de janeiro e 28 de fevereiro, englobando formação, permanência e dissipação do vórtice.

As correlações entre as componentes da velocidade paralelas e normais à topografia, provenientes dos correntógrafos situados no fundeio C1, são apresentadas na Figura 4.1. Para as componentes paralelas, a correlação é alta para lag zero, para qualquer combinação de séries temporais. Pode-se estimar o tempo de correlação como sendo de ± 1 dia. Para as componentes normais, ocorre uma gradativa redução da correlação, à medida que o intervalo entre as profundidades é aumentado. Entre 30 e 91 m, a correlação é baixa quando comparada com as das outras combinações de profundidades.

Em C2, as componentes paralelas e normais apresentam alta correlação para lag zero (Figuras 4.2 e 4.3). As combinações envolvendo o nível mais profundo apresentaram correlações mais baixas. Para quase todas, o tempo de correlação pode ser estimado em ± 8 a 10 dias (Tabela 4.1 (a)).

Capítulo 4 – Estudos de Casos

SÉRIES/LAG(dias)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C1C112VV1	0,09	0,14	0,08	0,39	0,47	0,26	0,19	0,21	0,22	0,54	0,94	0,05	0,09	0,06	0,09	0,23	0,37	0,02	-0,11	0,08	0,14
C1C112UV1	0,03	0,04	0,14	0,18	0,33	0,47	0,35	0,32	0,33	0,41	0,85	0,49	0,31	0,14	0,05	0,22	0,09	0,02	0,02	0,05	0,19
C1C113VV1	0,08	0,09	0,13	0,43	0,47	0,26	0,22	0,22	0,23	0,52	0,86	0,49	0,04	-0,06	-0,04	0,16	0,33	0,18	-0,1	0,07	0,17
C1C113UV1	-0,17	0,04	0,22	0,24	0,24	0,36	0,32	0,12	0,2	0,15	0,48	0,35	0,2	-0,05	-0,06	0,08	-0,25	0,11	0,26	0,18	0,38
C1C123VV1	0,07	0,08	0,09	0,34	0,35	0,23	0,19	0,15	0,19	0,55	0,97	0,57	0,12	0,03	0,02	0,16	0,32	0,26	0,04	0,1	0,08
C1C123UV1	-0,09	0,15	0,18	0,14	0,15	0,28	0,25	0,17	0,22	0,32	0,75	0,48	0,28	0,02	0,02	0,11	-0,15	0,09	0,25	0,26	0,34
C2C212VV1	0,47	0,52	0,58	0,64	0,67	0,71	0,76	0,83	0,89	0,95	0,98	0,94	0,88	0,81	0,75	0,7	0,66	0,61	0,55	0,5	0,44
C2C212UV1	0,45	0,46	0,52	0,61	0,67	0,71	0,78	0,85	0,85	0,9	0,97	0,92	0,85	0,82	0,8	0,74	0,67	0,63	0,61	0,57	0,55
C2C213VV1	0,38	0,46	0,53	0,59	0,62	0,66	0,71	0,78	0,85	0,91	0,94	0,92	0,89	0,85	0,8	0,79	0,76	0,72	0,66	0,59	0,54
C2C213UV1	0,38	0,39	0,44	0,55	0,56	0,61	0,7	0,75	0,76	0,83	0,92	0,88	0,84	0,82	0,8	0,78	0,69	0,65	0,6	0,53	0,5
C2C214VV1	0,11	0,21	0,3	0,37	0,39	0,42	0,51	0,59	0,65	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62	0,59	0,58	0,57	0,55	0,52	0,49	0,47
C2C214UV1	0,24	0,27	0,31	0,44	0,49	0,53	0,61	0,68	0,71	0,71	0,81	0,73	0,67	0,71	0,66	0,63	0,54	0,51	0,54	0,5	0,47
C2C223VV1	0,3	0,39	0,48	0,56	0,59	0,64	0,72	0,78	0,85	0,92	0,95	0,92	0,88	0,84	0,79	0,77	0,75	0,71	0,63	0,55	0,49
C2C223UV1	0,45	0,47	0,5	0,56	0,58	0,65	0,75	0,76	0,76	0,85	0,94	0,87	0,83	0,83	0,79	0,76	0,7	0,65	0,58	0,47	0,47
C2C224VV1	0,06	0,18	0,28	0,36	0,39	0,44	0,54	0,62	0,67	0,72	0,72	0,67	0,62	0,61	0,57	0,55	0,55	0,53	0,49	0,42	0,41
C2C224UV1	0,33	0,35	0,39	0,47	0,5	0,54	0,63	0,67	0,69	0,74	0,84	0,73	0,67	0,73	0,68	0,63	0,53	0,5	0,49	0,45	0,43
C2C234VV1	0,04	0,19	0,32	0,42	0,46	0,49	0,59	0,68	0,76	0,82	0,86	0,79	0,7	0,66	0,61	0,56	0,52	0,49	0,4	0,3	0,21
C2C234UV1	0,27	0,29	0,4	0,49	0,5	0,56	0,61	0,65	0,72	0,68	0,83	0,69	0,61	0,69	0,64	0,62	0,51	0,49	0,42	0,39	0,33
C3C312VV1	0,36	0,4	0,43	0,47	0,5	0,56	0,63	0,72	0,82	0,92	0,99	0,94	0,87	0,77	0,68	0,6	0,54	0,5	0,45	0,41	0,36
C3C312UV1	-0,09	-0,03	0	0,04	0,11	0,25	0,4	0,47	0,54	0,69	0,77	0,57	0,46	0,36	0,19	0,01	-0,13	-0,19	-0,22	-0,31	-0,34
C3C313VV1	0,3	0,34	0,38	0,43	0,48	0,54	0,6	0,69	0,78	0,85	0,91	0,93	0,88	0,82	0,77	0,72	0,68	0,65	0,59	0,53	0,44
C3C313UV1	-0,28	-0,2	-0,23	-0,19	-0,17	-0,16	-0,11	0	0,1	0,16	0,23	0,22	0,2	0,16	0,04	-0,01	-0,04	-0,26	-0,32	-0,37	-0,47
C3C314VV1	0,01	-0,06	-0,11	-0,18	-0,23	-0,26	-0,24	-0,19	-0,15	-0,13	-0,12	-0,18	-0,24	-0,27	-0,29	-0,34	-0,39	-0,46	-0,53	-0,64	-0,74
C3C314UV1	-0,25	-0,25	-0,22	-0,27	-0,31	-0,32	-0,33	-0,35	-0,37	-0,38	-0,44	-0,47	-0,42	-0,38	-0,36	-0,33	-0,35	-0,33	-0,3	-0,35	-0,37
C3C323VV1	0,28	0,34	0,4	0,46	0,52	0,58	0,65	0,74	0,82	0,89	0,94	0,94	0,89	0,82	0,78	0,73	0,69	0,65	0,59	0,53	0,44
C3C323UV1	-0,1	-0,04	-0,16	-0,12	-0,1	-0,03	0	0,16	0,36	0,39	0,58	0,59	0,54	0,48	0,3	0,23	0,25	0,05	0,03	0,02	-0,05
C3C324VV1	0,13	0,06	-0,01	-0,06	-0,12	-0,14	-0,12	-0,08	-0,04	-0,03	-0,02	-0,08	-0,15	-0,2	-0,23	-0,29	-0,34	-0,41	-0,49	-0,6	-0,71
C3C324UV1	0,06	0,08	0,11	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0,01	0,04	0,01	-0,04	0,01	0,02	0,02	0,1	0,14	0,18	0,24	0,24	0,26
C3C334VV1	0,21	0,18	0,11	0,04	-0,04	-0,09	-0,1	-0,09	-0,06	-0,04	-0,07	-0,14	-0,18	-0,21	-0,25	-0,32	-0,39	-0,45	-0,54	-0,64	-0,74
C3C334UV1	0,44	0,45	0,41	0,47	0,52	0,36	0,37	0,44	0,38	0,49	0,45	0,42	0,46	0,43	0,48	0,58	0,61	0,61	0,58	0,59	0,64
C1C211VV1	0,35	0,38	0,43	0,51	0,55	0,55	0,51	0,5	0,5	0,5	0,51	0,49	0,44	0,39	0,37	0,36	0,38	0,47	0,48	0,45	0,45
C1C211UV1	0	0,08	0,26	0,34	0,42	0,55	0,47	0,5	0,54	0,52	0,53	0,39	0,37	0,36	0,36	0,29	0,34	0,39	0,36	0,39	0,43
C1C222VV1	0,18	0,21	0,31	0,42	0,43	0,47	0,5	0,53	0,53	0,56	0,6	0,55	0,49	0,45	0,42	0,41	0,39	0,43	0,42	0,41	0,41
C1C222UV1	0,09	0,11	0,28	0,35	0,41	0,52	0,53	0,59	0,59	0,66	0,64	0,54	0,49	0,49	0,48	0,42	0,39	0,4	0,43	0,49	0,5
C1C233VV1	0	0,08	0,2	0,28	0,3	0,33	0,34	0,38	0,41	0,51	0,62	0,59	0,53	0,47	0,45	0,44	0,42	0,48	0,45	0,46	0,5
C1C233UV1	0,3	0,22	0,24	0,14	0,15	0,32	0,31	0,33	0,4	0,54	0,51	0,36	0,37	0,34	0,29	0,33	0,28	0,37	0,39	0,33	0,31
C1C234VV1	-0,24	-0,06	0,1	0,24	0,23	0,16	0,14	0,14	0,19	0,4	0,58	0,5	0,35	0,32	0,33	0,36	0,37	0,4	0,37	0,46	0,52
C1C234UV1	0,33	0,28	0,22	0,23	0,07	0,32	0,27	0,28	0,37	0,5	0,42	0,2	0,32	0,25	0,27	0,35	0,23	0,32	0,28	0,24	0,24
C1C311VV1	0,34	0,4	0,47	0,52	0,53	0,51	0,48	0,5	0,5	0,5	0,51	0,45	0,36	0,3	0,23	0,22	0,29	0,4	0,4	0,41	0,4
C1C311UV1	0,14	0,23	0,38	0,38	0,41	0,49	0,43	0,41	0,39	0,42	0,44	0,25	0,12	0,12	0,13	0,11	0,17	0,26	0,32	0,31	0,26
C1C322VV1	0,21	0,27	0,35	0,4	0,41	0,43	0,45	0,52	0,58	0,62	0,63	0,57	0,5	0,44	0,32	0,27	0,28	0,37	0,39	0,37	0,36
C1C322UV1	0,1	0,08	0,14	0,18	0,28	0,42	0,35	0,37	0,4	0,42	0,36	0,08	-0,01	0,01	-0,04	-0,09	-0,08	0,03	0,05	-0,07	-0,16
C1C333VV1	0,07	0,14	0,18	0,22	0,26	0,31	0,38	0,44	0,5	0,54	0,65	0,68	0,56	0,46	0,4	0,36	0,39	0,47	0,45	0,4	0,39
C1C333UV1	-0,03	-0,16	-0,32	0,01	-0,35	-0,29	-0,16	-0,12	-0,02	0,02	0,04	-0,06	-0,09	-0,21	-0,18	-0,13	-0,18	-0,24	-0,12	-0,25	-0,25
C1C332VV1	0,14	0,19	0,29	0,32	0,32	0,36	0,39	0,48	0,55	0,61	0,64	0,6	0,53	0,44	0,31	0,25	0,27	0,35	0,36	0,33	0,36
C1C332UV1	0,07	-0,09	-0,2	-0,19	-0,1	0,17	0,19	0,18	0,34	0,43	0,29	-0,04	-0,01	-0,07	-0,11	-0,13	-0,08	0,07	0,15	-0,04	-0,06

Tabela 4.1 (a) - Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes dos fundeios C1, C2 e C3 (V1).

Capítulo 4 – Estudos de Casos

SÉRIES/LAG(dias)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C2C311VV1	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65	0,69	0,74	0,81	0,89	0,95	0,97	0,92	0,85	0,77	0,69	0,63	0,58	0,53	0,47	0,42	0,38
C2C311UV1	0,36	0,37	0,45	0,53	0,57	0,59	0,69	0,78	0,78	0,83	0,85	0,76	0,66	0,6	0,52	0,42	0,32	0,24	0,2	0,18	0,17
C2C322VV1	0,45	0,49	0,54	0,58	0,62	0,67	0,73	0,79	0,88	0,93	0,97	0,92	0,86	0,78	0,69	0,62	0,56	0,51	0,43	0,35	0,28
C2C322UV1	0,17	0,18	0,21	0,24	0,26	0,35	0,43	0,41	0,38	0,44	0,44	0,28	0,19	0,14	0,03	-0,07	-0,2	-0,28	-0,34	-0,41	-0,43
C2C333VV1	0,46	0,53	0,59	0,65	0,71	0,76	0,82	0,87	0,91	0,94	0,96	0,94	0,88	0,81	0,75	0,68	0,63	0,58	0,48	0,36	0,24
C2C333UV1	-0,08	-0,02	-0,1	-0,07	-0,03	0	-0,03	0,02	0,13	0,06	0,08	0,06	-0,07	-0,07	-0,25	-0,26	-0,33	-0,51	-0,59	-0,66	-0,73
C2C344VV1	0,31	0,19	0,07	-0,05	-0,09	-0,13	-0,15	-0,13	-0,12	-0,13	-0,15	-0,17	-0,21	-0,2	-0,19	-0,16	-0,21	-0,26	-0,33	-0,41	-0,5
C2C344UV1	-0,16	-0,18	-0,16	-0,24	-0,21	-0,21	-0,25	-0,3	-0,41	-0,33	-0,4	-0,39	-0,37	-0,36	-0,37	-0,35	-0,43	-0,38	-0,42	-0,55	-0,6
C3C312VI1					1,66	1,23	0,88	0,81	0,72	0,81	0,98	0,83	0,78	0,84	0,87	1,26	1,62				
C3C312UI1					0,92	0,99	0,8	0,82	0,76	0,78	0,98	0,87	0,89	0,94	0,92	1,33	1,52				
C3C313VI1					1,55	1,43	0,98	0,76	0,67	0,72	0,97	0,87	0,67	0,64	0,69	1,05	1,79				
C3C313UI1					0,69	0,91	0,87	0,86	0,87	0,79	0,92	0,97	0,91	0,99	0,82	0,89	1,19				
C3C314VI1					1,83	1,22	0,9	0,97	0,79	0,78	0,82	0,68	0,76	0,81	0,47	0,44	0,04				
C3C314UI1					1,34	1,42	0,97	0,76	0,62	0,45	0,66	0,35	0,07	-0,08	-0,39	-0,43	-0,13				
C3C323VI1					1,36	1,33	0,98	0,88	0,83	0,79	0,96	0,88	0,7	0,74	0,71	0,97	1,6				
C3C323UI1					0,96	1,13	1	1	0,98	0,89	0,95	0,97	0,89	0,94	0,8	0,78	1				
C3C324VI1					1,6	1,16	0,89	1,09	0,92	0,85	0,89	0,72	0,77	0,76	0,43	0,4	0,04				
C3C324UI1					1,86	1,7	1,02	0,87	0,67	0,48	0,57	0,29	0,02	-0,12	-0,36	-0,33	-0,15				
C3C334VI1					1,78	0,93	0,74	0,91	0,73	0,86	0,83	0,72	0,85	0,78	0,48	0,38	0,03				
C3C334UI1					1,45	1,14	0,9	1,02	0,82	0,69	0,58	0,22	-0,05	-0,19	-0,36	-0,29	-0,04				
C1C211VP1	0,5	0,31	0,56	0,6	0,51	0,51	0,58	0,64	0,74	0,77	0,81	0,86	0,88	0,95	1,03	0,97	0,98	1,01	1,1	1,17	1,21
C1C211UP1	0,6	0,52	0,72	0,71	0,53	0,48	0,55	0,77	0,79	0,8	0,83	0,76	0,76	0,83	0,83	0,81	0,83	0,94	1,06	1,1	1,02
C1C222VP1	0,8	0,58	0,87	0,8	0,72	0,7	0,71	0,72	0,78	0,8	0,88	0,83	0,82	0,89	0,97	0,92	0,92	0,93	1,01	1,09	1,25
C1C222UP1	0,25	0,49	1,02	0,46	0,42	0,34	0,28	0,31	0,25	0,37	0,54	0,31	0,29	0,45	0,35	0,33	0,33	0,44	0,58	0,65	0,85
C1C233VP1	0,83	0,73	0,83	0,76	0,77	0,77	0,75	0,81	0,84	0,87	0,93	0,91	0,89	0,94	1	0,98	1	1,04	1,13	1,2	1,28
C1C233UP1	-1,79	1,09	0,07	-0,13	0,34	-0,48	0,06	0,15	-0,2	0,15	0,42	-0,19	0,26	-0,2	-0,22	0,02	-0,03	0,12	0,25	-0,1	0,43
C1C234VP1	0,78	0,86	0,97	0,82	0,76	0,69	0,61	0,64	0,67	0,7	0,9	0,86	0,75	0,86	0,79	0,61	0,56	0,49	0,7	0,93	1,17
C1C234UP1	-1,31	0,99	0,47	-0,19	0,27	-0,1	-0,07	0,04	-0,2	-0,05	0,44	-0,14	0	0,26	0,08	0,09	0,16	0,17	0,11	-0,06	-0,24
C1C322VP1	1,03	0,66	0,87	0,86	0,79	0,74	0,73	0,73	0,8	0,82	0,87	0,87	0,82	0,84	0,94	0,87	0,86	0,83	0,86	0,9	1,01
C1C322UP1	0,33	0,81	0,91	0,4	0,54	0,36	0,24	0,3	0,22	0,35	0,55	0,31	0,35	0,46	0,32	0,29	0,39	0,38	0,6	0,57	0,69
C1C333VP1	1,11	0,76	0,94	0,9	0,79	0,81	0,84	0,87	0,89	0,89	0,92	0,92	0,83	0,84	0,89	0,85	0,88	0,92	0,92	0,94	0,94
C1C333UP1	-0,29	0,36	0,31	0,16	0,23	-0,04	-0,07	0,07	-0,18	-0,08	0,11	0,23	0,1	0,19	0,05	0,05	0,1	0,03	0,14	0,37	0,43
C1C332VP1	1,04	0,73	0,93	0,92	0,87	0,84	0,83	0,85	0,89	0,89	0,92	0,91	0,86	0,88	0,95	0,89	0,87	0,84	0,84	0,87	0,9
C1C332UP1	-0,46	0,56	0,26	0,06	0,26	-0,01	0,02	0,04	-0,15	-0,02	0,23	-0,03	0,1	0,22	0,03	0,06	0,05	0,11	0,31	0,19	0,19

Tabela 4.1 (b) - Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes dos fundeios C1, C2 e C3 (V1, I1 e P1).

Figura 4.1 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes do fundeio C1, em V1 (21/1/1993 a 28/2/1993). Nos rótulos, C1C1 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Figura 4.2 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes do fundeio C2, em V1 (21/1/1993 a 28/2/1993). Nos rótulos, C2C2 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Figura 4.3 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes do fundeio C2, em V1 (21/1/1993 a 28/2/1993). Nos rótulos, C2C2 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d’água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

componente transversal (U), nota-se uma diminuição da correlação, quando comparada com a outra componente, com exceção das correlações entre as profundidades de 29 e No fundeio C3, as correlações para a componente da velocidade paralela à batimetria (V) são altas para lags iguais ou próximos de zero, com exceção das combinações envolvendo o nível de 698 m, nas quais as correlações são próximas de zero Figuras 4.4 e 4.5. Para a 698 m e entre 293 e 698 m mas, estas últimas, não ultrapassam 0,5. Para a componente V, estima-se o tempo de correlação em ± 7 a 10 dias e para U, em ± 2 dias (Tabela 4.1 (a)).

As correlações máximas entre os fundeios C1 e C2, para as componente paralelas e normais à batimetria (Figura 4.6), apresentaram, aproximadamente, o mesmo valor, em todas as posições para lag zero ou levemente negativo, isto é, com C2 liderando. Entre C1 e C3 (Figura 4.7), as correlações máximas para a componente V assumiram valores um pouco maiores que entre C1 e C2, com liderança de C3, com exceção da correlação entre os correntógrafos das posições de 91 m (C1) e 293 m (C3). Entre estas posições, não há, praticamente, correlação entre as componentes normais. Nas outras combinações, as correlações para a componente U são um pouco menores que para V, anulando-se em lags maiores que + 1 dia. Na Figura 4.8, estão as correlações entre os fundeios C2 e C3. Elas são muito próximas de 1, para as componentes paralelas, até lag de ± 2 dias, menos entre os correntógrafos mais profundos. Para a componente normal, a correlação é alta para a posição superior e cai à medida que nos aprofundamos na coluna d'água. Entre os correntógrafos mais profundos, a correlação é mais alta para a componente U que para V.

As altas correlações verticais e horizontais indicam a ocorrência de flutuações coerentes ao longo da coluna d'água e entre a PCE, QPC e talude. Essas flutuações são produzidas, caracteristicamente, por distúrbios como os vórtices ciclônicos de núcleo frio, descritos por Lee e Atkinson (1983). Em C3, as baixas correlações entre o nível mais profundo e os demais, e as menores correlações entre o fundeio C1 e os outros, traduzem a menor presença da perturbação no nível de 698 m e na PCE, conforme observado nos registros de velocidade e temperatura.

Figura 4.4 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes do fundeio C3, em V1 (21/1/1993 a 28/2/1993). Nos rótulos, C3C3 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Figura 4.5 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes do fundeio C3, em V1 (21/1/1993 a 28/2/1993). Nos rótulos, C3C3 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Figura 4.6 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes dos fundeios C1 e C2, em V1 (21/1/1993 a 28/2/1993). Nos rótulos, C1C2 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Figura 4.7 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes dos fundeios C1 e C3, em V1 (21/1/1993 a 28/2/1993). Nos rótulos, C1C3 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Figura 4.8 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes dos fundeios C2 e C3, em V1 (21/1/1993 a 28/2/1993). Nos rótulos, C2C3 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Segundo Lee *et al.* (1981), as forçantes atmosféricas podem influenciar no desencadeamento do distúrbio. A perturbação da frente ciclônica da corrente é produzida por transporte de Ekman superficial para o largo, associado com ventos com mesmo sentido da corrente. Os ventos prevalecentes na região estudada, na época do surgimento do vórtice, foram provenientes de NE, de acordo com as Cartas Sinópticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), ou seja, possuíam o mesmo sentido da **CB**. Portanto, de acordo com o modelo conceitual supracitado, esses ventos podem ter desencadeado a perturbação.

4.2 Segundo caso: presença da CB à 700 m

Entre os inícios de julho e agosto/93, o sentido da corrente, no fundeio C3, na profundidade de 698 m, foi predominantemente para SW. Há coerência visual entre os “stickplots” dos quatro níveis amostrados (Figura 3.16). A componente V chegou a atingir valores próximos a 1 m/s, nos dois primeiros níveis, e próximos a 0,5 m/s, nos dois níveis inferiores. As componentes U convergiram para valores muito próximos. As temperaturas se elevaram em todos os níveis. Essas características são indícios de que, nessa época, a **CB** tenha atingido o nível de 700 m.

Na Figuras 4.9 e 4.10 estão as correlações, para o período de 29 de julho a 4 de agosto, entre todos os níveis de C3. Para a componente da velocidade paralela à topografia, foram encontrados valores altos para lags próximos de zero, em qualquer combinação de séries temporais. Os tempos de correlação são superiores a ± 2 dias. Para as componentes normais, nota-se uma queda da correlação nas combinações envolvendo o nível de 698 m, com tempo de correlação de ± 1 dia. Nestas combinações, a correlação máxima para a componente V é um pouco menores que nas demais, mas seus valores são superiores a 0,8.

A partir desses resultados, podemos concluir que no mês de julho, o sentido do fluxo, na região do talude continental, desde a superfície até o nível de 700 m, tenha sido governado

Figura 4.9 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes do fundeio C3, em I1 (29/7/1993 a 4/8/1993). Nos rótulos, C3C3 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Figura 4.10 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes do fundeio C3, em I1 (29/7/1993 a 4/8/1993). Nos rótulos, C3C3 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

freqüentes os ventos de SW. Estes poderiam levar a um transporte superficial das águas da pela **CB**. Esse comportamento concorda com o que esperaríamos a partir dos ventos predominantes. De acordo com as Cartas Sinópticas da DHN, na época em questão, foram **CB** em direção à costa. Essa convergência, por continuidade, induz um movimento para baixo, de recessão da ACAS em direção ao talude.

4.3 Terceiro caso: uniformidade do fluxo

Em meados de outubro/93, as correntes, em qualquer posição amostrada, com exceção do nível de 698 m, tiveram sentido exclusivo para SW durante 9 dias. No início desse período, houve elevação das temperaturas, em todos os níveis. Em seguida, ocorreu o declínio, que teve proporções muito pequenas no fundeio C3. Essa diminuição pode ser devida à presença da ACAS, que por ressurgência, pode ter alcançado as camadas superiores e a PCE. Essa ressurgência seria induzida pelos ventos de NE, prevalecentes na região, durante a época considerada (Cartas Sinópticas da DHN). Os registros de velocidade de C1 e C2 guardam bastante semelhança visual. Nos três fundeios, as intensidades da componente V se elevaram e decaíram em seguida. A componente U permaneceu próxima de zero.

As correlações para a componente da velocidade paralela à batimetria entre os fundeios C1 e os demais (Figuras 4.11 e 4.12) são bem altas, no período considerado, para lags próximos de zero ou positivos, neste caso, liderança de C1. Para a componente U, as correlações são muito baixas quando comparadas com as das componentes paralelas.

Figura 4.11 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes dos fundeios C1 e C2, em P1 (10/10/1993 a 22/10/1993). Nos rótulos, C1C2 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Figura 4.12 – Correlações entre as componentes de velocidade para os dados provenientes dos fundeios C1 e C3, em P1 (10/10/1993 a 22/10/1993). Nos rótulos, C1C3 se referem aos fundeios dos quais foram tomadas as séries temporais, os dois algarismos subsequentes se referem à posição, na coluna d'água, do correntógrafo que registrou cada série e V1, indica a estação sazonal. Com linha contínua, estão as correlações para a componente paralela à batimetria e com linha pontilhada, para a componente normal.

Capítulo 5

Discussão e conclusões

Neste capítulo, será realizada uma discussão sobre os resultados analisados no Capítulo 3. No desfecho da discussão, serão apresentadas as conclusões do trabalho.

5.1 Discussão dos resultados

Na Bacia de Santos, na região da plataforma continental externa (fundeio C1), há predominância do fluxo para SW, em todas as estações sazonais e profundidades amostradas. Este fluxo apresenta grande variabilidade, devida à sua alternância com o fluxo para NE e à ocorrência de correntes relativamente intensas em todas as direções. Essa variabilidade é traduzida pelas médias das componente normal (U) e paralela (V) à isóbata, do vetor velocidade, que são muito próximas de zero, e também pelos grandes desvios padrão destas componentes. As inversões da corrente, que ocorreram na média de uma a cada 8 dias durante o período de amostragem, contribuíram muito para a variabilidade das correntes. No ponto C1, as intensidades de corrente são, em geral, menores que as dos

Capítulo 5 – Discussão e conclusões

fundeios C2 e C3, como pode ser observado a partir das séries de tempo e, inferido da comparação entre as modas de U e V nos três fundeios (Figuras 3.19 a 3.39 e Tabela 3.1 (a), (b) e (c)).

O fluxo para NE foi mais freqüente nos meses de inverno (I1) e menos destacado na primavera (P1) e no verão/94 (V2). Essa é uma observação importante no que se refere à influência meteorológica sobre as correntes na região da plataforma continental externa (PCE). Durante o inverno, os ventos intensos que sopram do quadrante sul, podem tornar as correntes para nordeste mais freqüentes e intensas que aquelas para sudoeste, na região da PCE. Esses ventos são característicos das frentes frias, que são mais freqüentes de março a novembro. Esses ventos predominantes devem ter forçado as correntes para NE. As frentes frias, mais freqüentes nesta época do ano, devem ter sido responsáveis pela maior freqüência de ocorrência de inversões/rotações da corrente, registrada durante o inverno.

Na primavera, os ventos prevalecentes são de E – NE, forçando o direcionamento preferencial do fluxo para SW, o qual englobou mais da metade do total de observações de todas as profundidades amostradas em C1 (Figuras 3.1 a 3.3). Em V2, a influência dos ventos de E – NE pôde ser ainda sentida até fevereiro, com correntes mais freqüentes e intensas para SW. No último mês desta estação, a intensidade das correntes foi arrefecida.

Outra evidência da influência meteorológica sobre o fundeio C1 é o predomínio do número de inversões/rotações anticiclônicas sobre as ciclônicas. As primeiras são, normalmente, causadas pela passagem de frentes frias, enquanto as últimas podem ser conseqüências da influência de vórtices ou meandros da **CB**. Em muitas ocasiões de ocorrência de giros anticiclônicos, saltos de temperatura ocorreram na coluna de água, repentinamente aquecida, concordando com a teoria de Ekman.

De qualquer forma, a variabilidade temporal das correntes no ponto C1, com escala preponderantemente subinercial, mostra que esse ponto esteve, durante a maior parte do tempo, em um regime hidrodinâmico típico de plataformas continentais largas.

De fato, Moreira (1997), analisando dados do ponto C1 para o verão/1993, observou concentração de energia para as faixas de período compreendidas entre 10 – 15 dias e 6 – 7 dias. Essas bandas são imediatamente identificadas com os períodos meteorológicos sinóticos em latitudes médias. Castro & Lee (1995) encontraram essas mesmas duas bandas como as mais energéticas nos dados de vento e de oscilação subinercial do nível do mar na Plataforma Continental Sudeste, mostrando que essa variabilidade subinercial é resultado da resposta das águas à forçante transiente do vento, na forma de ondas de plataforma continental. Castro (1996) analisou dados de corrente, coletados sobre a isóbata de 70 m, ao largo de Ubatuba, verificando a alta coerência entre os sinais subinerciais em várias profundidades, nas mesmas duas bandas de período; o autor obteve, ainda, alta coerência entre as correntes e o vento paralelo à isóbata nas mesmas bandas. Assim, todas as evidências mostram que o ponto C1 respondeu, harmonicamente com as águas de parte substancial da Plataforma Continental Sudeste, à forçante do vento sinótico. Isto é, durante a maior parte do tempo, o ponto C1 esteve imerso num regime típico de plataforma continental, e não de correntes de contorno oeste.

A presença da **CB** no ponto C1 ocorreu de maneira esporádica. Durante outono e inverno, a presença da **CB** foi sugerida uma ou duas vezes em cada estação, através do aparecimento de giros ciclônicos acompanhados de elevação seguida por queda na temperatura da água, intensificação das correntes, que atingiram valores da ordem de 0,50 m/s, e períodos de 10 dias com correntes fluindo preponderantemente para SW. Nesses casos, foi a AT, transportada pela **CB**, que aparentemente esteve presente em C1.

A **CB** parece ter atingido C1 com uma frequência um pouco maior no verão/93, primavera e verão/94. Nos verões, as temperaturas dos níveis amostrados assumiram valores inferiores àqueles registrados em O1 e P1 e, em geral, no intervalo $14^{\circ} < T < 20^{\circ}$, característico da ACAS (Figuras 3.19(c) e 3.25(c)). Em V1, até um vórtice ou meandro da **CB**, que perdurou por quase 20 dias em C2 e C3, atingiu C1, com menor impacto (Figuras 3.14 e 3.19). Neste fundeio houve inversão das correntes com intensificação para SW e aumento da temperatura, sugerindo a presença da **CB** nas proximidades. Em P1, foi registrado um período de 19 dias com correntes fluindo unicamente para SW e, em V2, as velocidades atingiram valores maiores que 0,50 m/s.

Capítulo 5 – Discussão e conclusões

A bipolaridade entre as intrusões das massas de água transportadas pela **CB** (ACAS e AT) na Plataforma Continental Norte de São Paulo foi caracterizada por Castro (1996): durante o inverno a AT está mais próxima da costa enquanto o mesmo ocorre para a ACAS durante o verão.

Outra importante característica do ponto C1 é a condição barotrópica do fluxo. Essa condição é constatada pela boa correlação visual entre os eventos ocorridos em todos os níveis do fundeio, em qualquer estação sazonal, e também pelos resultados da análise das EOF, calculadas a partir das duas componentes da velocidade, considerando-as como variáveis independentes. Cruzando esta análise com os resultados dos “stickplots”, resulta a seguinte interpretação para a variabilidade da corrente nesse fundeio. A variabilidade subinercial da corrente, na plataforma continental externa, é dominada pelo primeiro modo empírico, identificado com o modo físico barotrópico, que em todas as estações, explica mais do que 87% da variância dos registros de velocidade das correntes paralelas e mais do que 71%, das corrente normais.

O primeiro modo indica que, simultaneamente, as correntes em cada uma das três profundidades de C1 apresentaram predominantemente o mesmo sentido, com pequenas variações. Destaca-se, na maior e menor profundidades, a contribuição do segundo modo, semelhante ao primeiro modo baroclínico, para a variabilidade da corrente. Para ambas as componentes, esse modo, juntamente com o primeiro modo empírico, explicam mais do que 95% da variância dos dados originais. Na profundidade intermediária, é notável a contribuição do terceiro modo. Somada sua contribuição com a do primeiro modo, eles explicam mais do que 92% da variância, com exceção da componente normal da velocidade, em V2, para a qual esses dois modos juntos explicam 88% da variabilidade. Nos níveis de 30 e 58 m, respectivamente, o segundo e terceiro modos têm sinais opostos ao do primeiro modo empírico; portanto, aqueles parecem representar as pequenas variações do fluxo nesses níveis, em relação ao do nível mais profundo.

As regiões da quebra da plataforma continental (fundeio C2) e do talude continental (C3) são dominadas pelo fluxo para SW da **CB**, cujas intensidades chegam a atingir valores

maiores que 1 m/s. Trata-se de um fluxo bem definido – pelo menos $\frac{3}{4}$ do número total de observações nos três primeiros níveis de cada fundeio (com exceção das observações do V1), são de correntes que fluíram entre as direções de 225° e 180°, ou seja, num setor angular compreendido aproximadamente entre as isobatimétricas e a direção sul. A variabilidade temporal dessas correntes é pequena, principalmente nos três níveis superiores, traduzida pela minoria de séries com desvio padrão das componentes U e V maior que as respectivas médias. A frequência das inversões também é bastante baixa nestes fundeios – menos de uma por mês, em C2 e pouco superior a uma por mês, em C3.

No fundeio C2, o nível de 190 m foi o que apresentou a maior variabilidade. Muitas das inversões detectadas neste nível não foram observadas nos níveis superiores. O fluxo, nesta profundidade, está sob a influência da camada limite de fundo, a qual é altamente energética nas proximidades da quebra da plataforma continental. Através da camada limite de fundo ocorre parte substancial das trocas de massa entre a plataforma e o talude continentais. Essas trocas podem ser forçadas por uma diversidade de processos, tais como tensão de cisalhamento do vento e gradientes de pressão do oceano profundo (Csanady, 1978; Beardsley & Winant, 1979) ou vórtices e meandros das correntes de limite oeste (Lee & Pietrafesa, 1987; Hamilton, 1987). O papel e o comportamento dinâmico da camada limite de fundo nas trocas plataforma continental/talude, entretanto, não são ainda bem compreendidas (Gibbs *et al.*, 1998). Os eventos ciclônicos detectados em C24, durante V1 e O1, podem ser uma consequência do decréscimo da força de Coriolis, que é proporcional à velocidade, a qual é menor nesta profundidade. Esse efeito é válido caso sejam mantidas as condições barotrópicas do fluido. A força de gradiente de pressão, agindo à direita do movimento, deflete a correntes nesta direção. Os efeitos dessas rotações, tais como elevação seguida de queda da temperatura e intensificação das correntes, chegaram a ser observados nas camadas superiores, embora os giros não tenham sido registrados. Correntes invertidas somente nos níveis inferiores são características da formação da espiral de Ekman de fundo (Pond & Pickard, 1983). As inversões/rotações anticiclônicas detectadas na QPC, à 190 m, durante O1, I1, P1 e V2 parecem ter sido acarretadas por um efeito oposto ao que gerou os efeitos ciclônicos. A intensificação das correntes (Figuras

3.14 a 3.18), aumenta a intensidade da força de Coriolis que age à esquerda do movimento, destruindo o equilíbrio geostrófico. O que gera a deflexão da corrente para a esquerda.

Durante o outono, a temperatura da água permaneceu estável e o fluxo esteve bem definido nas regiões da QPC e do talude. Em C2 e C3, as intensidades de corrente para SW nos três primeiros níveis foram altas. Houve concordância entre os quatro níveis em C2 e C3, nos períodos mais longos em que a corrente, em C24 e C34, esteve fluindo para SW. No nível de 698 m, em C3, onde predomina o fluxo para NE da CIA, este também esteve bem definido.

No inverno, as temperaturas apresentaram variabilidades menores ainda que no outono. Poucas inversões foram registradas nos fundeios C2 e C3. Uma característica apresentada pelas correntes da profundidade de 190 m, em C2, foi a preponderância do fluxo para SE, com as maiores intensidades. Essa observação está evidente nas rosas de distribuição e nos DVP (Figura 3.31). Esse fenômeno de transporte das águas da camada profunda na direção perpendicular à costa, afastando-se dela, pode estar associado ao transporte em direção à costa, na camada de Ekman superficial. Os ventos que sopram de SW, freqüentes e intensos durante o inverno, induzem uma maior penetração da AT em direção à costa, na camada superficial – convergência – que, por continuidade, induz um movimento para baixo, de recessão da ACAS em direção ao talude. Como observado por Castro *et al.* (1987), essa inversão da circulação normal à costa, juntamente com o resfriamento das águas superficiais durante o inverno e com a intensificação dos processos de mistura vertical, devida ao aumento da freqüência de ventos fortes, pode ser suficiente para destruir a termoclina sazonal e tornar as águas quase homogêneas. Como uma consequência desses processos, as águas da camada mais profunda, durante o inverno, possuem temperaturas maiores do que durante o verão (Figuras 3.26, 3.27, 3.30, 3.32, 3.38 e 3.39).

No fundeio C3, a influência da passagem de um meandro ou vórtice da **CB** na primeira quinzena de agosto foi marcante. As intensidades e temperaturas decaíram e uma inversão anticiclônica foi registrada. As intensidades e temperaturas permaneceram mais baixas por, aproximadamente, 30 dias. Depois desse período, ambas voltaram a subir. O afastamento

da ACAS para o largo por subsidência teve efeito sobre o nível de 698 m, causando fluxo para SW, no início e final da estação, com elevação das intensidades e temperaturas em concordância com os níveis superiores. Essa concordância indica retração da AIA para níveis inferiores e ocupação da profundidade de 698 m pela ACAS.

As melhores definições do fluxo da **CB** nas três profundidades superiores dos fundeios C2 e C3 foram observadas em P1 e V2. Em C2, mais de 97% dos eventos de corrente registrados nessas estações concentraram-se no setor entre 180° e 225° e, em C3, mais de 89% ocorreram nesse setor. Na primavera, nenhuma inversão de corrente foi registrada nos três primeiros níveis de C2 e C3. A correlação visual entre esses níveis é grande, em cada estação. Nos níveis mais profundos dos dois fundeios, poucas inversões foram registradas no verão/94. Nessa última estação, um evento ciclônico com duração de 7 dias perturbou o fluxo em C2 e nos três níveis superiores de C3. Em C34, foi registrada variação na temperatura e aumento nas intensidades. Essa perturbação deve se tratar de um meandro ou vórtice da **CB** e foi a única notada simultaneamente em todos os níveis, de ambos os fundeios.

Também na QPC e no talude, a variabilidade do fluxo é bem descrita pelo comportamento das EOF. Nessas regiões, a presença da **CB** é marcante, portanto, o fluxo principal pode ser descrito pela componente paralela da velocidade. A componente normal é, em geral, próxima de zero, como podemos observar nas séries temporais (Figuras 3.26(a) a 3.39(a)) e na Tabela 3.1 (b). Nos três primeiros níveis de C2, a variabilidade é dominada pelo primeiro modo empírico, que explica mais do que 78% da variância dos dados originais da componente paralela. No nível mais profundo, o segundo modo é o mais importante, com exceção de O1 e I1, quando ele é um pouco menos influente que o primeiro modo. À 127 m, o terceiro modo é mais importante que nas demais profundidades. A porcentagem da variância explicada pelo primeiro e segundo modos juntos, para as profundidade de 31, 74 e 190 m e pelo primeiro e terceiro modos, para os 127 m, é maior que 92%. Em C3, o primeiro modo domina a variância das correntes nos dois níveis superiores, com exceção de O1, quando ele é dominante à 698 m. O segundo modo é mais importante para a profundidade de 293 m em O1, I1 e V2. Em V1, nessa profundidade, a porcentagem da

Capítulo 5 – Discussão e conclusões

variância explicada por esse modo é próxima daquela explicada pelo primeiro modo e em P1, o segundo e terceiro modos contribuem juntos para, aproximadamente, 50% da energia dos níveis de 293 e 698 m. No nível mais profundo, em V1, o terceiro modo contribui sozinho com 54% da energia. Nos demais casos, mais do que 75% da variabilidade é explicada pela combinação entre primeiro e segundo ou primeiro e terceiro modos empíricos, cada um contribuindo com porcentagens próximas.

Em C2, o primeiro modo empírico tem caráter barotrópico e o segundo modo se assemelha ao primeiro modo dinâmico baroclínico. Sendo assim, as características da variabilidade subinercial da **CB**, no fundeio C2, são que ela é dominada por uma componente barotrópica, nos três primeiros níveis, em todas as estações e por uma componente baroclínica, no nível mais profundo. Em O1 e I1, essa componente baroclínica é um pouco menos influente. Esses resultados estão de acordo com aqueles dos “stickplots” (Figuras 3.14 a 3.18), que demonstram que, em todas as estações sazonais, as perturbações sobre o fluxo principal para SW são concordantes entre os três primeiros níveis e que o número de inversões é maior à 190 m, existindo menos similaridades entre este e os níveis superiores

O padrão de EOF para o fundeio C3 demonstra que, na região do talude, a variabilidade subinercial da **CB** é dominada pelo primeiro modo empírico, que pode ser identificado com o modo físico barotrópico, nos dois níveis mais rasos e por uma componente baroclínica, abaixo dos 91 m. Ou seja, nas profundidades de 29 e 91 m, as correntes têm, predominantemente, o mesmo sentido e as perturbações são concordantes nessas duas profundidades (Figuras 3.14 a 3.18). O segundo modo empírico, semelhante ao primeiro modo baroclínico é mais importante à 293 m e parece representar as perturbações não concordantes com as dos níveis de 29 e 91 m. Essa observações concordam com os “stickplots” (Figuras 3.14 a 3.18), a partir dos quais notou-se, nessas estações, um persistente fluxo para SW, com aumento do número de inversões, à 293 m. Na profundidade de 698 m, onde predomina o fluxo para NE da CIA, a variabilidade é dominada por uma combinação entre primeiro e terceiro modos empíricos, em V1 e primeiro e segundo modos, em V2. Em V1, a porcentagem da variância explicada pelo terceiro modo é um pouco maior e ele parece representar o fluxo principal; o primeiro

modo representa as perturbações sobre o fluxo principal, com intensidades bem menores que este. Em V2, o três modos parecem representar as perturbações sobre o estado básico do fluxo do nível mais profundo. O fluxo principal parece estar sendo representado pelo primeiro modo, à 29 m e pelo primeiro e terceiro modos, à 91 m, as perturbações sobre este são representadas pelo segundo modo empírico.

Em todo o período estudado, o evento mais notável ocorreu no verão/93. Trata-se de um vórtice ou meandro ciclônico da **CB**, registrado no mês de fevereiro, com duração aproximada de 20 dias no local e que atingiu as regiões da QPC e o talude, sendo que algumas evidências suas foram detectadas até no ponto C1 e no nível de 698 m. Esse vórtice ou meandro de grande duração foi o responsável pela maior uniformidade da distribuição dos eventos e das intensidades de corrente, em C2 e C3, através das direções, em relação às outras estações.

As características desse vórtice ou meandro ciclônico da **CB** satisfazem qualitativamente a definição de vórtice frontal proposta em Lee *et al.* (1981) e Lee & Atkinson (1983). Vórtices frontais aparecem nas águas superficiais como línguas quentes, ao redor de núcleos frios formados de água ressurgida. Ocorrem com períodos que variam entre dois dias e três semanas. Esses autores detectaram este tipo de vórtice na CG, corrente de limite oeste análoga a **CB**, no hemisfério norte. A feição observada em fevereiro de 1993 parece não estar completamente destacada da **CB**, de acordo com os resultados das análises hidrográficas de Silva (1995) e da modelagem feita por Cirano (1995). Lee *et al.* (1981) observaram que os vórtices frontais evoluem a partir da amplificação de perturbações da frente ciclônica da corrente e parecem se formar aleatoriamente em qualquer época do ano. Assim, um processo de instabilidade pode estar envolvido, devido ou ao cisalhamento vertical (instabilidade baroclínica) ou ao cisalhamento horizontal (instabilidade barotrópica) através da frente. Segundo esses autores, tem também sido sugerido que forçantes atmosféricas possam desencadear um distúrbio na frente que viaja com a corrente como uma onda instável, eventualmente evoluindo em um filamento ciclônico.

Capítulo 5 – Discussão e conclusões

O começo do distúrbio produziu fluxo em direção à costa, seguido por decréscimos da temperatura e das intensidades de corrente para sul, em toda a coluna d'água, na QPC e talude (Figuras 3.14, 3.26(b) e (c) e 3.27(b) e (c)). Durante a ocorrência do vórtice da **CB**, as maiores variações de temperatura ocorreram nos dois níveis mais profundos de C2 e no segundo e terceiro níveis de C3. A temperatura primeiro aumentou e então decaiu abruptamente nestes níveis, permanecendo mais alta ou caindo levemente nos níveis superiores (Figuras 3.26(c) e 3.27(c)). O aumento inicial da temperatura parece relacionado à passagem do filamento quente, que causou a permanência das temperaturas mais altas nos níveis próximos à superfície. Abaixo do nível do filamento quente, as temperaturas decresceram, conforme a intrusão da fria água de subsuperfície passou pelos fundeios. O fim dos eventos produziu fluxo afastando-se da costa, com aumento nas temperaturas e velocidade para sul (Figuras 3.14, 3.26(b) e (c) e 3.27(b) e (c)). Os acontecimentos descritos acima são, segundo Lee *et al.* (1981), assinaturas típicas do giro, nas correntes nas correntes da QPC, do talude e nos registros de temperatura.

Os vórtices ciclônicos apareceram na região dos fundeios C2 e C3, durante o verão/93, na frequência de aproximadamente um por mês. E apenas uma vez no verão/94. Os dados disponíveis permitem detectar ainda, a ocorrência de dois vórtices ciclônicos no outono, na QPC e um no inverno, na região do talude, parecendo ser este, um indício do meandramento ciclônico observado por Silva (1995) e Cirano (1995) durante julho/93. Neste estudo, esse meandramento foi detectado apenas em C33 provavelmente devido ao afastamento da costa apresentado pela corrente, na região de estudo, como parte do padrão de meandramento. As suas durações sobre os pontos de fundeio variaram entre 5 e 20 dias. Em ambos os verões, esses vórtices foram os principais componentes da variabilidade de baixa frequência das correntes e temperaturas, na QPC e no talude continental.

Quanto ao transporte médio de volume, na região delimitada pelos fundeios C2 e C3, este foi quase que exclusivamente para SW, com exceção da época de ocorrência do vórtice frontal, no verão/93, quando a direção do transporte ficou invertida para NE por 10 dias. A variabilidade do transporte, geralmente pequena, aumentou nessa estação, devido à ocorrência do vórtice. Esse comportamento traduz a influência da **CB**. No outono e

primavera, estações nas quais a variabilidade do transporte foi mínima, os valores médios do TV relativo à pmn (aproximadamente 500 m) calculados em O1 e P1, são próximos do valor de 4,1 Sv, encontrado por Evans *et al.*(1983) (Tabela 1.3.1), relativo ao nível de 500 m, na latitude de 24° S.

Vórtices ciclônicos e anticiclônicos registrados nos dois verões ficaram evidentes nas séries de transporte, por intensificação dos mesmos para NE e SW, respectivamente, devida à recirculação das águas, promovida pelos giros. A **CB** é mais intensa e bem definida na primavera, provavelmente porque, ao seu fluxo, somam-se as correntes geradas pelos ventos prevaletentes, que sopram de E – NE, ou seja, no mesmo sentido do fluxo baroclínico da **CB**. Por isso, nesta época, o transporte de volume da **CB** foi máximo.

5.2 Conclusões

Embora tenha predominado, o fluxo para SW não foi tão persistente na PCE, quanto na QPC e talude continental. O número de inversões naquela foi maior e suas séries do vetor velocidade de corrente (“stickplots”) praticamente não mostram similaridade visual com as correntes destas últimas. As velocidades registradas foram baixas, quando comparadas com as da QPC e do talude. Assim, na PCE, correntes subdiurnas são principalmente geradas pelos ventos locais, que produzem transportes de Ekman de superfície e de fundo causando elevação e abaixamento do nível do mar costeiro e portanto, dirigindo um fluxo geostrófico ao longo da plataforma. O fluxo da CB atinge o limite interno da PCE apenas esporadicamente. Seu efeito parece ser mais pronunciado durante a primavera, na PCE, talvez induzido pelos ventos prevaletentes, que sopram de E – NE e causam um afastamento da AC, em direção ao talude, na camada superficial e a intrusão da ACAS, na PCE, a partir das camadas inferiores. A concordância entre as correntes da PCE e QPC foi mais alta naquela época.

Capítulo 5 – Discussão e conclusões

Exceto por diferenças sazonais observadas nos campos de velocidade, uma clara similaridade foi observada nos resultados. A CB está presente na quebra da plataforma e no talude continental, onde as intensidades de corrente atingiram valores da ordem de 1 m/s. Nos três primeiros níveis de C2 e C3, persistiu um forte fluxo para SW durante a maior parte do período de medidas e as flutuações de corrente foram visivelmente concordantes entre esses níveis, em cada um dos fundeios. No nível de 698 m, em C3, predominou o fluxo para NE da AIA. Durante o inverno, a CB parece ter alcançado este nível, provavelmente devido à recessão da ACAS em direção ao talude. Distúrbios da frente da CB, que podem ser classificados como vórtices frontais, têm núcleo frio e são ciclônicos. As assinaturas dos vórtices nas séries temporais de corrente e temperatura da QPC e do talude consistem em inversões ciclônicas do fluxo, coerentes através da coluna de água, acopladas a um grande declínio de temperatura, que é mais intenso próximo do fundo. Um vórtice ciclônico, com período de 20 dias e escala vertical de aproximadamente 700 m, foi registrado em fevereiro de 1993. Indícios desse vórtice foram detectados na PCE e na profundidade de 698 m.

Vórtices frontais parecem ser uma feição mais comum nas séries de verão dos fundeios C2 e C3 e, provavelmente, contribuíram significativamente para a variabilidade de baixa frequência na QPC e talude. Sua ocorrência parece estar associada à estação sazonal: ocorreram com maior frequência no verão e estiveram menos presentes na primavera. Os vórtices são fenômenos de vida curta, que se formam e dissipam em poucas semanas. De acordo com os resultados obtidos, seu ciclo parece perdurar entre, aproximadamente, 1 a 3 semanas.

A ressurgência induzida por esses vórtices contribui para a penetração de águas do talude na região da QPC e às vezes, até da PCE. Essas águas vêm através dos núcleos frios dos giros e são ricas em nutrientes.

O transporte de volume da **CB** entre a QPC e o talude possui um valor médio de $-2,01 \pm 0,98$ Sv, relativamente ao nível de 300 m. Ele tem sentido predominante para SW,

Capítulo 5 – Discussão e conclusões

sendo invertido apenas sob a influência de perturbações com escala temporal subinercial, e é mais intenso durante a primavera.

Os resultados dos estudos de casos corroboram algumas das conclusões acima e ilustram o modelo de Lee *et al.*(1981), sobre surgimento e características dos vórtices ciclônicos de núcleo frio, e o transporte de Ekman.

Referências

- AANDERAA, 1992. Operating manual RCM 7 & 8. Aanderaa Instruments, Norway. 38p.
- BEARDSLEY, R. C. & C. P. WINANT, 1979. On the mean circulation in the mid – Atlantic Bight. *J. Phys. Oceanogr.*, 9, 612-619.
- BOTTER, D. A., G. A. PAULA, J. G. LEITE & L. K. CORDANI, 1996. Noções de estatística, com apoio computacional. Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo. 231 p.
- BUSSAB, W. O. & P. A. MORETTIN, 1987. Estatística básica: métodos quantitativos. 4^a ed. São Paulo. Ed. Atual. 321 p.
- CAMPOS, E. J. D., J. E. GONÇALVES & Y. IKEDA, 1995. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight: Summer of 1991. *J. Geophys. Res.*, 100(C9): 18537-18550.
- CAMPOS, E. J. D., J. L. MILLER, T. J. MÜLLER & R. G. PETERSON, 1994. Report of the First Workshop on the Physical Oceanography of the Southwestern Atlantic Program (SWAP). Southwestern Atlantic Physical Oceanography Workshop. Publicação IOUSP. São Paulo. P. 1-15
- CASTRO, B. M., 1996. Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo. Tese de Livre-Docência. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. 248 p.
- CASTRO, B. M. & T. N. LEE, 1995. Wind-forced sea level variability on the southeast Brazilian shelf. *J. Phys. oceanogr.*, 24: 2546-2559.
- CASTRO, B. M. de & L. B. de MIRANDA, 1998. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S: coastal segment (4,W). In: *The Sea*, Vol. 11. John Wiley & Sons, Inc.
- CASTRO FILHO, B. M., L. B. MIRANDA & S. Y. MIYAO, 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 35(2): 135-151.

CIRANO, M. 1995. Utilização de modelo numérico no estudo diagnóstico da circulação oceânica na baía de Santos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 116p.

CIRANO, M. & E. J. D. CAMPOS, 1996. Numerical diagnostic of the circulation in the Santos Bight with COROAS hydrographic data. *Rev. Bras.oceanogr.*, 44(2): 105-121.

CSANADY, G. T. 1978. The arrested topographic wave. *J. Phys. Oceanogr.*, 8, 47-62.

DAVIS, R. E. 1976. Predictability of sea surface temperature and sea level pressure anomalies over the North Pacific Ocean. *J.Phys.Oceanogr.*, 6: 249-266.

EMERY, W. J. & R. E. THOMSON, 1998. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Oxford, Pergamon Press. 634p.

EMÍLSSON, I. 1961. The shelf and coastal waters off southern Brazil. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, 11(2):101-112.

EVANS D. L. & S. R. SIGNORINI, 1985. Vertical structure of the Brazil Current. *Nature*, 315: 48-50.

EVANS D. L., S. R. SIGNORINI & L. B. MIRANDA, 1983. A note on the transport of the Brazil Current. *J.Phys.Oceanogr.*, 13: 1732-1738.

FLEMING, H. E. & M. L. HILL, 1982. An objective procedure for detecting and correcting errors in Geophysical data. *J. Geophys. Res.*, 87(C9): 7312-7324.

GIBBS, M. T. , J. H. MIDDLETON & P. MARCHESIELLO, 1998. Baroclinic response of Sidney shelf waters to local wind and deep ocean forcing. *J.Phys.Oceanogr.*, 28: 178-190.

GODIN, G. 1972. The analysis of tides. Liverpool University Press. 264p.

GONÇALVES, J. E., 1993. Estrutura termohalina, campos de velocidade e transportes geostróficos da Corrente do Brasil entre Rio de Janeiro (RJ) e Iguape (SP). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 98 p.

HAMILTON, P. 1987. Summer upwelling on the Southeastern Continental Shelf of the U.S.A. during 1981 – The structure of shelf and Gulf Stream motions in the Georgia Bight. *Prog. Oceanogr.*, 19, 329-351.

HUTHNANCE, J. M. 1995. Circulation, exchange and water masses at the ocean margin: the role of physical processes at the shelf edge. *Prog. oceanogr.*, 35: 353-431.

IKEDA, Y. & E. J. D. CAMPOS, 1994. Brazilian Participation in WOCE. Southwestern Atlantic Physical Oceanography Workshop. Publicação IOUSP. p. 21-23

LEE T. N. & L. P. ATKINSON, 1983. Low-frequency current and temperature variability from Gulf Stream frontal eddies and atmospheric forcing along the Southeast U. S. outer continental shelf. *J. Geophys. Res.*, 88(C8): 4541-4567.

LEE T. N., L. P. ATKINSON & R. LEHECKIS 1981. Observations of a frontal eddy on the Georgia continental shelf, April 1977. *Deep-Sea Res.*, 28 A (4): 347-378.

LEE, T. N. & L. J. PIETRAFESA, 1987. Summer upwelling on the Southeastern Continental Shelf of the U.S.A. during 1981. *Circulation Prog. Oceanogr.*, 19, 267-312.

LIMA, J. A. M. 1997. Oceanic circulation on the Brazilian Shelf Break and Continental Slope at 22° S. PhD Thesis. The University of New South Wales, Australia. 164p.

LIPPERT, A. & M. G. BRISCOE, 1990. Observations and EOF Analysis of Low-Frequency Variability in the Western Part of the Gulf Stream Recirculation. *J. Phys. Oceanogr.*, 20: 646-656.

MIRANDA, L. B. & B. M. CASTRO FILHO, 1982. Geostrophic flow conditions of the Brazil Current at 19° S. *Ciencia Interamericana*, 22(1-2): 44-48.

MOREIRA, J. R. G. B. 1997. Correntes na plataforma externa e talude ao largo de Santos: observações no verão de 1993. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 214 p.

MÜLLER, T. J., Y. IKEDA, N. ZANGENBERG, & L. V. NONATO, 1998. Direct measurements of the western boundary currents between 20°S and 28°S. *J. Geophys. Res.*, 103(C3): 5429-5437.

NEVES, H. P. & A. PERTENCE JR., 1997. MATLAB: versão do estudante: guia do usuário/com um tutorial escrito por L. Hanselman e B. Littlefield. São Paulo. Makron Books do Brasil Ed. Ltda. 303p.

NIMER, E. 1979. Climatologia do Brasil. SUPREN/IBGE, v. 4, 420 p.

OCHIPINTI, G. A. 1963. Climatologia dinâmica do litoral sul brasileiro. *Contribuições avulsas Inst. Oceanogr. Univ. de São Paulo*, São Paulo, 3: 1-86.

OPEN UNIVERSITY COURSE TEAM, 1991. Ocean circulation. Oxford, GB, Pergamon Press. 2nd ed. 238 p. il.

OWENS, W. B. 1985. A Statistical Description of the Vertical and Horizontal Structure of eddy Variability on the Edge of the Gulf Stream Recirculation. *J. Phys. Oceanogr.*, 15: 195-205.

PETERSON R. G. & L. STRAMMA, 1991. Upper level circulation in the South Atlantic Ocean. *Prog. Oceanogr.*, 26, 1-73.

- PETERSKIH, A. 1999. Variação espacial em larga escala do transporte de volume geostrófico na região oeste do Atlântico Sul em: Santos (25°S 45°W), Rio Grande (31°S 50°W) e Canal de Vema (31°S 39°W). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 134 p.
- POND, S. & G. L. PICKARD, 1983. Introductory dynamical oceanography. Oxford: Pergamon Press. 2nd ed. 329 p.
- SENSORDATA, s.d. Manual and instructions for use - Model SD 2000. Sensordata a.s, Norway, 23 p.
- SENSORDATA, s.d. User's manual and instructions - Model SD 6000. Sensordata a.s, Norway, 23 p.
- SILVA, J. F. 1989. Cananéia/Ubatuba: dados climatológicos. *Bolm. climatol. Inst. oceanogr.* Universidade de São Paulo, (6): ---
- SILVA, M. P. 1995. Caracterização físico-química das massas de água da Bacia de Santos durante o projeto COROAS. Verão e Inverno de 1993. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 135 p.
- SILVEIRA, I. C. A. da, A. C. K. SCHMIDT & Y. IKEDA, 1999. A Corrente do Brasil ao largo do sudeste brasileiro. Apostila. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 25 p.
- STOMMEL, H., 1965. The Gulf Stream. University California Press, 249 p.
- STRAMMA, L. 1989. The Brazil Current transport south of 23° S. *Deep-Sea Res.*, 36: 639-646.
- STRAMMA, L., Y. IKEDA & R. G. PETERSON, 1990. Geostrophic transport in the Brazil Current region north of 20° S. *Deep-Sea Res.*, 37: 1875-1886.
- TCHERNIA, P. 1980. Descriptive Regional Oceanography. Oxford, Pergamon Press. 253 p.
- TOMCZAK, M. & J. S. GODFREY, 1994. Regional Oceanography: an introduction. Oxford, Pergamon Press. 422 p.
- VELHOTE, D. 1998. Modelagem numérica da ressurgência da quebra de plataforma induzida por vórtices ciclônicos da Corrente do Brasil na Bacia de Santos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 134 p.
- WALTERS, R. A. & C. HESTON, 1982. Removing tidal-period variations from time series data using low-pass digital filters. *J. Phys. Oceanogr.*, 12: 112-115.