



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA,
QUÍMICA E GEOLÓGICA



**Estudo sobre a variabilidade sazonal e da
estrutura vertical das correntes costeiras da
plataforma interna, ao largo de Rio Grande – RS.**

Ricardo de Lima Costa

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Oceanografia Física,
Química e Geológica, como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Osmar Olinto Möller Jr

Rio Grande, agosto de 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer de maneira geral a todos aqueles que me auxiliaram na elaboração deste trabalho, seja em laboratório, em campo ou simplesmente apoiando a idéia seguir em frente na área da oceanografia.

Gostaria de agradecer ao Osmar, por ter aceitado me orientar neste trabalho, além de ter me repassado muita experiência em campo e em laboratório, e também bons conhecimentos musicais.

A toda a tripulação do Noc Atlântico Sul, em especial ao comandante Homero e ao Cleiton, pois estes foram fundamentais na execução dos fundeios.

A toda a equipe de mergulho: Rodrigo, Rafael, Arthur, Igor; e a equipe de bordo, boas experiências juntos.

A Praticagem da Barra do Rio Grande, pelas séries de vento utilizadas neste trabalho, em especial ao Jafson "Fuinha".

Gostaria de agradecer também a minha família, que mesmo ainda sem entender muito bem o eu faço, me apóia durante esses 9 anos.

Aos amigos de laboratório e de Cassino, que sempre posso contar com eles para tudo

E em especial a Elaine, meu amor, pois não há sentido em tudo isso se não existir amor...

Te amo

Sumario

1	Introdução.....	1
2	Área de estudo	3
2.1	Distribuição das massas de água	5
2.2	Sistema de correntes costeiras	8
2.3	Climatologia de ventos	10
3	Objetivos.....	12
3.1	Objetivos gerais.....	12
3.2	Objetivos específicos	12
4	Metodologia.....	13
4.1	Atividades de Campo	13
4.1.1	Fundeios na Região Costeira.....	13
4.1.2	Aquisição dos dados de vento	18
4.2	Análise dos dados.....	18
4.2.1	Séries Temporais	18
4.2.2	Interpolação dos dados.....	20
4.2.3	Filtros	20
4.2.4	Cálculo dos coeficientes de correlação.....	21
4.2.5	Cálculo das velocidades barotrópicas e baroclínicas	21
4.2.6	Espectros de Frequência	22
4.2.7	Análise harmônica.....	23
5	Resultados.....	24

5.1	Fundeio I – Altair (22/10/2006 – 23/02/2007).....	24
5.1.1	Baixa freqüência	30
5.1.2	Alta freqüência	36
5.2	Fundeio II - Carpinteiro (02/08/2008 – 14/11/2008)	40
5.2.1	Baixa freqüência	47
5.2.2	Alta freqüência	53
5.3	Fundeio III – Carpinteiro (21/03/2009 – 27/06/2009)	57
5.3.1	Baixa freqüência	62
5.3.2	Alta freqüência	67
6	Discussão.....	70
7	Conclusões.....	79
8	Bibliografia.....	80

Lista de Figuras

Figura 1 – Localização da área de estudo Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, com destaque, para região próxima ao local dos fundeios.	3
Figura 2 - Localização dos pontos dos três fundeios realizados	16
Figura 3 - Estrutura de proteção contra arrasto de fundo usada nos dois fundeios.....	17
Figura 4 - A direita detalhe da recuperação do fundeio com bote inflável e, ao fundo (em destaque), a parte flutuante do sistema de proteção que contém o ADP. Na foto à esquerda, detalhe do ADP e das incrustações nesta parte do sistema de proteção contra redes de arrasto.....	17
Figura 5 - Exemplo de rotação utilizada para os dados de corrente, onde a seta em vermelho corresponde ao norte verdadeiro e as outras nos dados rotacionados de acordo com a inclinação da linha de costa.....	19
Figura 6 – Exemplo de série interpolada do 1° fundeio, da corrente longitudinal (3m). Onde em azul representa a serie original, e vermelho a interpolação gerada.	20
Figura 7 – Exemplo de uma das séries (1° fundeio) filtrada com Lanczos-Cosseno com frequência de corte de 1/40hrs.....	21
Figura 8 - Vetores direção e intensidade do vento, medidos na Estação de Práticos da Barra do Rio Grande. Valores negativos indicam ventos NE e positivos SO.....	25
Figura 9 - (A), componente longitudinal (paralela à costa) da corrente medida a 3 m (azul) e a 13 m (vermelho). (B), componente transversal (perpendicular à costa) da corrente. Valores negativos indicam fluxos para o sul (SO), positivos fluxos para o norte (NE).	25
Figura 10 - Estimativa de densidade espectral das componentes longitudinais e transversais do vento, sem filtro.	26
Figura 11 - Estimativa de densidade espectral da componente transversal da corrente medida, da superfície ao fundo, (séries sem filtro).....	27

Figura 12- Estimativa de densidade espectral da componente longitudinal da corrente medida, da superfície ao fundo, (series sem filtro).....	28
Figura 13 – (A) Séries temporais filtradas da componente longitudinal do vento e das componentes longitudinais (B) e transversais (C) da corrente. Valores positivos indicam fluxos para Norte (componente longitudinal) e para Leste (transversal).....	31
Figura 14 - Correlação entre a componente longitudinal do vento; esquerda (A) - componente longitudinal da corrente; direita (B) – componente transversal da corrente. As setas indicam o ponto de maior correlação.....	32
Figura 15 - Perfis médios verticais das componentes longitudinais (esquerda - A) e transversais da corrente (direita - B).	33
Figura 16 - Vetores progressivo da corrente para os 5 meses do fundeio, para seis níveis de profundidade. A linha tracejada representa a inclinação da linha de costa ..	35
Figura 17 - Velocidade da corrente em alta frequência ($t < 40$ h), media a 3 m (azul) e a 14 m (vermelho). (A), componente longitudinal e (B), componente transversal.....	36
Figura 18 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente longitudinal da corrente, superfície ao fundo.....	37
Figura 19 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente transversal da corrente, superfície ao fundo.	37
Figura 20 - Componente Longitudinal do vento (paralela a linha de costa). Valores positivos indicam ventos procedentes de Sul (SO), e negativos de Norte (NE).....	41
Figura 21 – (A), componente longitudinal (paralela à costa) da corrente medida a 3 m (azul) e a 22 m (vermelho). (B), componente transversal (perpendicular à costa) da corrente. Valores negativos indicam fluxos para o norte (NE), positivos Fluxos para o sul (SO).....	41
Figura 22 – Estimativa de densidade espectral das componentes longitudinais e transversais do vento, sem filtro.....	43
Figura 23 - Estimativa de densidade espectral da componente transversal da corrente. Medida a 3, 10 e 20 metros (séries sem filtro).	44

Figura 24 - Estimativa de densidade espectral da componente longitudinal da corrente. Medida a 3, 10 e 20 metros (séries sem filtro).	45
Figura 25 – (A) Série temporal filtradas da componente longitudinal do vento e das componentes longitudinais (B) e transversais (C) da corrente. Valores positivos indicam fluxos para Norte (componente longitudinal) e para leste (transversal).....	48
Figura 26 - Correlação entre a componente longitudinal do vento; esquerda (A) - componente longitudinal da corrente; direita (B) – componente transversal da corrente. As setas indicam o ponto de maior correlação.....	49
Figura 27 - Perfis médios verticais das componentes longitudinais (esquerda - A) e transversais da corrente (direita - B).	50
Figura 28 - Vetores progressivos da corrente para os 4 meses do fundeio, para seis níveis de profundidade. A linha tracejada representa a linha de costa.	52
Figura 29- Velocidade da corrente em alta frequência ($t < 40$ h), media a 3 m (azul) e a 22 m (vermelho). Superior, componente longitudinal. Inferior, componente transversal.	53
Figura 30 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente longitudinal da corrente, superfície ao fundo.....	54
Figura 31 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente longitudinal da corrente, superfície ao fundo.....	54
Figura 32 - Vetores direção e intensidade do vento, medidos na Estação de Práticos da Barra do Rio Grande.....	58
Figura 33 - (A), componente longitudinal (paralela à costa) da corrente medida a 3 m (azul) e a 22 m (vermelho). (B), componente transversal (perpendicular à costa) da corrente. Valores negativos indicam fluxos para o norte (NE), positivos Fluxos para o sul (SO).....	58
Figura 34 - Estimativa de densidade espectral das componentes longitudinais e transversais do vento, sem filtro.	59

Figura 35 - Estimativa de densidade espectral da componente transversal da corrente medida, da superfície ao fundo (séries sem filtro).....	60
Figura 36 - Estimativa de densidade espectral da componente transversal da corrente medida, da superfície ao fundo, (series sem filtro).....	60
Figura 37 – (A) Série temporal filtrada da componente longitudinal do vento, e das componentes longitudinais (B) e transversais (C) da corrente. Valores positivos indicam fluxos para Norte (componente longitudinal) e para Leste (transversal).....	63
Figura 38 - Correlação entre a componente longitudinal do vento; esquerda (A) - componente longitudinal da corrente; direita (B) – componente transversal da corrente. As setas indicam o ponto de maior correlação.....	64
Figura 39 – Perfis médios verticais das componentes longitudinais (esquerda) e transversais (direita) da corrente.....	65
Figura 40 - Vetores progressivos da corrente para os 4 meses do fundeio, para seis níveis de profundidade. A linha tracejada representa a linha de costa.....	66
Figura 41 - Velocidade da corrente em alta frequência ($t < 40$ h), media a 3 m (azul) e a 22 m (vermelho). Superior - A, componente longitudinal. Inferior - B, componente transversal.....	67
Figura 42 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente longitudinal da corrente, superfície ao fundo.....	68
Figura 43 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente longitudinal da corrente, superfície ao fundo.....	68
Figura 44 – Velocidades médias calculadas, representado as 4 diferentes estações do ano (A – outono, B inverno, C – primavera; D - verão).	76

Lista de tabelas

Tabela 1 - Informações sobre os fundeios do ADP	15
Tabela 2 - Comparação entre as variâncias da componente longitudinal original e filtrada em 40 horas (passa baixa).	29
Tabela 3 - Comparação entre as variâncias da componente transversal original e filtrada em 40 horas (passa baixa)	29
Tabela 4 - Comparação entre as variâncias (energias) das componentes baroclínicas e barotrópicas em alta e baixa freqüência, nas componentes transversais e longitudinais.	30
Tabela 5 - Amplitude e fase dos harmônicos de maré mais significativos, com 95% de confiabilidade.....	39
Tabela 6 - Comparação entre as variâncias da componente longitudinal original e filtrada em 40 horas (passa baixa).	46
Tabela 7 - Comparação entre as variâncias da componente Transversal original e filtrada em 40 horas (passa baixa).	46
Tabela 8 - Comparação entre as variâncias (energias) dos modos baroclínicos e barotrópicos em alta e baixa freqüência, nas componentes transversais e longitudinais.	47
Tabela 9 - Amplitude e fase dos harmônicos de maré mais significativos, com 95% de confiabilidade.....	56
Tabela 10 - Comparação entre as variâncias da componente longitudinal original e filtrada em 40 horas (passa baixa)	61
Tabela 11 - Comparação entre as variâncias da componente transversal original e filtrada em 40 horas (passa baixa).	62

Tabela 12 - Comparação entre as variâncias (energias) dos modos baroclínicos e barotrópicos em alta e baixa frequência, nas componentes transversais e longitudinais.

..... 62

Tabela 13- - Amplitude e fase dos harmônicos de maré mais significativos, com 95% de confiabilidade..... 69

Resumo

Foram analisados os padrões do vento e da corrente na plataforma interna ao largo da cidade de Rio Grande – RS (32° S), em alta e baixa frequência. Os dados de direção e intensidade de corrente foram obtidos por intermédio de três fundeios de um perfilador de correntes acústico (ADP – Sontek), e os dados de direção e intensidade de vento foram coletados pela Estação de Praticagem da Barra do Rio Grande. Os dados de cada fundeio foram analisados separadamente no domínio do tempo e da frequência e posteriormente comparados, com o objetivo de se estudar a circulação na plataforma interna e assim analisar a variabilidade temporal das correntes costeiras, associá-las as principais forçantes e determinar os padrões sazonais dos fluxos costeiros nos sentidos longitudinal e transversal.

Os resultados mostram claramente um padrão distinto entre o verão onde há maior incidência de Ventos NE e o inverno com maior ocorrência de vento SO. No período de maior ocorrência de ventos SO o fluxo costeiro se propaga para NE com velocidades média de 0.04 m/s e um período da variabilidade de 5 dias, no entanto nos meses em que os ventos NE são mais intensos o fluxo costeiro é revertido para Sul , com velocidade de propagação média de 0.06 m/s e maior energia concentrada em períodos de 10,3 dias. As correntes costeiras na plataforma interna do Rio grande do Sul estão diretamente relacionadas ao padrão de ventos local, com os fluxos longitudinais a linha de costa sendo fortemente barotrópico ao mesmo tempo em que os fluxos transversais possuem uma parcela baroclínica mais acentuada.

1 Introdução

A plataforma continental corresponde à área situada entre a linha média de baixa-mar e a profundidade em que a inclinação do assoalho marinho passa a ser bem mais acentuada. Seu gradiente médio é da ordem de um décimo de grau e seu limite externo coincide freqüentemente com a isóbata de 180 metros. Costuma-se distinguir uma porção proximal e uma porção distal da plataforma continental, referidas, respectivamente, como plataforma interna e plataforma externa: geologicamente são separadas pela isóbata de 50m (Mendes, 1994). Por vezes também se distingue uma plataforma média. Na oceanografia física, estas separações são feitas em função das características termohalinas e dinâmicas da coluna de água sobre cada um dos setores da plataforma, sendo que o limite não é fixo e varia com a variabilidade destas características. Na maior parte da plataforma continental, os processos com escala temporal variando entre semidiurna (12h) e sazonal (um ano) e mais longas, são determinantes nos mecanismos de transporte de água, organismos e substâncias dissolvidas ou em suspensão, sendo estas naturais ou introduzidas pelo homem (Castro *et al.*, 2006). Com exceção das correntes de maré, as principais fontes geradoras desses movimentos podem estar associadas ao regime de ventos e aos efeitos produzidos por correntes de borda, além de eventuais processos ligados à fluabilidade introduzida por descarga de rios. No caso da ação dos ventos, a escala de variação é dependente da região geográfica da área de interesse. Em áreas extratropicais, o vento tende a atuar em escala sinóptica (variabilidade atmosférica) que está relacionada ao período de 2 a 15 dias, os fluxos são forçados pela passagem de sistemas frontais (Castro & Lee, 1995). Em alguns casos, a brisa também pode afetar a circulação de mais alta freqüência (Mazzini, 2009). Efeitos locais e remotos do vento também podem induzir a padrões de circulação (Möller *et al.*, 2001; Zavialov *et al.*, 2002).

Em áreas de rios com grandes caudais, a entrada de águas de menor salinidade pode induzir à formação de gradientes de densidade que podem gerar fluxos residuais em uma direção específica. Além disso, controlam a estratificação vertical, podendo forçar circulações antagônicas entre superfície e fundo.

A carência de dados observacionais de ondas e correntes, em séries temporais longas, cobrindo pontos em diferentes posições geográficas, é uma realidade ao longo de toda a costa do Brasil. A falta de um programa nacional de estudos sistemáticos e de padronização das informações existentes é uma das maiores dificuldades para o conhecimento das condições ao longo do litoral brasileiro. Embora existam alguns trabalhos com fundeios de curta duração o quadro geral não é muito diferente do resto do país com relação à costa do Rio Grande do Sul.

Além disso, problemas causados por intensas correntes costeiras, que associadas às ondas causam erosões em áreas litorâneas, como enchentes, destruição de construções à beira-mar, assoreamento de portos e canais de navegação, ou no auxílio à determinação de sítios de lançamento de sedimentos dragados, exacerbam a necessidade de conhecimento dos diferentes processos envolvidos na dinâmica deste ambiente. A determinação de padrões de circulação também se torna importante na medida em que, a partir destes, se pode inferir desvios ligados à eventuais anomalias nas forçantes.

Dessa maneira o estudo sobre as correntes costeiras, como também sobre a ação do vento sobre a circulação das mesmas, bem como, na identificação das escalas envolvidas nos processos hidrodinâmicos associados sobre a plataforma interna se faz imprescindível.

2 Área de estudo

A área de estudo escolhida para esse trabalho localiza-se na plataforma continental interna da costa sul do Rio Grande do Sul, ao largo da cidade de Rio Grande em torno de 32° S de latitude. Esta área faz parte da Plataforma Continental Sul do Brasil, situada entre 29° S (Torres) e 34° S (Chuí).

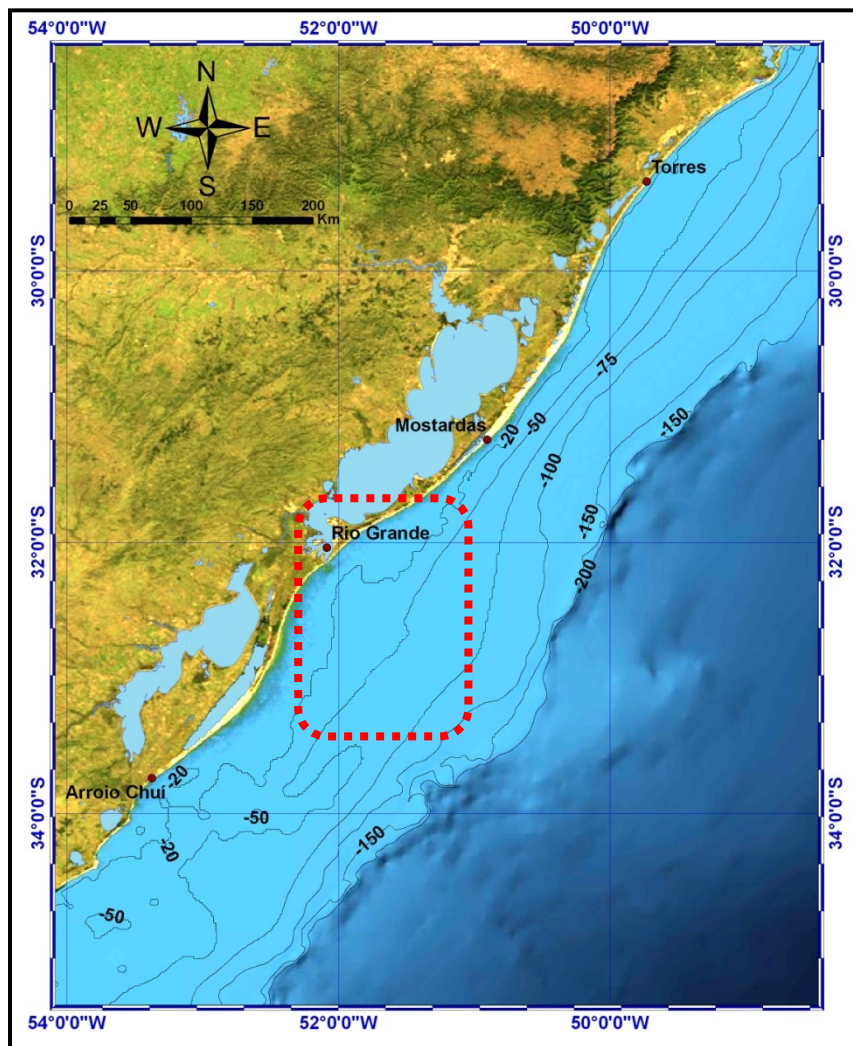


Figura 1 – Localização da área de estudo Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, com destaque, para região próxima ao local dos fundeios.

A Plataforma Continental Sul do Brasil (**PCSB**), apresenta uma linha de costa retilínea, com orientação Nordeste - Sudoeste, formando um ângulo de aproximadamente 37° de inclinação em relação ao Norte Verdadeiro (NV). A batimetria dessa região é bastante suave, com maior declividade e quebra de plataforma localizada por volta da isóbata de 180m, possuindo uma tendência de alargamento da plataforma continental em direção ao sul, característica da margem continental da América do Sul (Zembruski, 1979 – apud (Cecílio, 2006)).

Essa região também é caracterizada por ser uma área de grande interesse econômico, largamente utilizada para navegação, em função dos portos de Rio Grande, Montevideu e Buenos Aires, principalmente, e também pela intensa pesca aí realizada, onde são capturados alguns dos principais recursos pesqueiros do litoral brasileiro (Haimovici *et al.*, 1998). Isto em parte é devido à alta biomassa fitoplanctônica sustentada pela descarga da Lagoa dos Patos, pela pluma do Rio da Prata, e pela ressurgência na quebra da plataforma (Ciotti *et al.*, 1995).

O estuário do Rio da Prata é a maior fonte de água doce para a Plataforma Continental adjacente na região sudoeste do Atlântico Sul, com uma descarga média de 23.000 m³s⁻¹ (Piola *et al.*, 1999; Piola *et al.*, 2004) e picos que chegam a mais de 60.000 m³s⁻¹ em anos de eventos El Niño (Piola *et al.*, 2005). As águas oriundas do Rio da Prata formam uma pluma que apresenta forte variação sazonal e interanual (Piola *et al.*, 2005; Möller *et al.*, 2008) em seu deslocamento para o norte, podendo, no inverno, atingir mais de 1000 km da desembocadura do Prata. No verão, ela recua para uma posição ao sul de 32°.de latitude.

Os aportes da Lagoa dos Patos, cuja desembocadura está próxima da latitude de 32°S, apresenta média de 2.400 m³s⁻¹ (Vaz *et al.*, 2006), podendo alcançar picos de 12.000 m³s⁻¹ também em anos de evento El Niño (Möller & Casting, 1999). Durante eventos de fortes vazantes, essa água doce se mistura à água presente na Plataforma, formando uma camada flutuante de baixa salinidade, que pode ser

embebida na Pluma do Rio da Prata (Burrage *et al.*, 2008). O aporte de água doce dos rios afluentes ao sistema é máximo durante o final de inverno e primavera, e mínimo no verão e outono (Marques, 2005; Vaz *et al.*, 2006).

A água doce, oriunda dessas bacias, se mistura à água presente na plataforma formando uma camada flutuante de baixa salinidade, induzindo gradientes verticais e horizontais de densidade (Zavialov *et al.*, 2003). Esta água ainda pode gerar a formação de uma estrutura conhecida como termoclina invertida (Castello & Möller, 1977), e isolar da ação do vento as camadas mais profundas (Zavialov *et al.*, 2002).

A região ainda possui uma alta variabilidade sazonal e interanual, no campo de vento (Piola *et al.*, 2005; Braga & Krusche, 2000), onde ventos de NE dominantes no verão forçam um deslocamento das águas costeiras para o Sul e ventos SO presentes no inverno geram um deslocamento para Norte (Möller *et al.*, 2008). Estas situações podem ser intensificadas de acordo com a intensidade do índice de Oscilação Sul “**El Niño**” (Piola *et al.*, 2005).

Em resumo, o aporte de água continental e o vento, são os principais mecanismos geradores da variabilidade na região da PCSB ao largo da costa de Rio Grande. A influência da maré é mínima nesta região (Defant, 1961) e possui amplitudes médias de 0,47m (Herz, 1977).

2.1 Distribuição das massas de água

Trabalhos publicados recentemente na costa do Rio Grande do Sul (e.g. Ciotti *et al.*, 1995; Zavialov *et al.*, 1998; Soares & Moller, 2001; Möller *et al.*, 2008; Piola *et al.*, 2008), demonstram que esta é uma região ocupada por cinco massas de água de origem diversas. Sendo as mesmas: (I) Água Costeira (**AC**), também denominada de Pluma do Rio da Prata (**PRP**); (II) Água Subantártica de Plataforma (**ASAP**); (III) Água tropical (**AT**); (IV) Água Central do Atlântico Sul (**ACAS**) e (V) Água Subtropical de

Plataforma (**ASTP**). De acordo com Aseff, (2009) e Piola *et al.* (2008) entre outros, a distribuição das massas de água nessa região é muito singular, possuindo uma importante variabilidade sazonal e interanual nas suas participações relativas sobre a plataforma. Segundo Piola *et al.* (2008), deste modo a plataforma ao largo da costa do Rio Grande do Sul, possui dois momentos bem distintos, em inverno e verão.

Durante o período de inverno a região superficial mais próxima a costa é ocupada principalmente pela PRP (plataforma interna). Ou seja, da costa até aproximadamente 100 km de distância estas águas apresentam-se verticalmente homogêneas, tanto em temperatura como em salinidade. No entanto, um gradiente lateral de salinidade é gerado, condicionando sucessivamente um gradiente lateral de densidade (pressão), que tem como consequência um transporte residual para o norte (Pereira, 1989; Zavialov *et al.*, 1998; 2003). Para inverter este fluxo, ventos de NE têm que ter uma velocidade maior do que 5 m/s (Zavialov *et al.*, 2002).

Nas áreas de plataforma média e externa, estas águas se sobrepõem às águas subtropicais e tropicais, mais quentes e salgadas transportadas pela Corrente do Brasil. De acordo com Zavialov *et al.* (2003), este gradiente vertical de densidade gerado é tão intenso que mesmo durante os períodos mais frios, onde a temperatura superficial torna-se menor que a das camadas abaixo, a estabilidade da coluna da água impede a mistura convectiva (Zavialov *et al.*, 2003). Em função desse processo, tem origem um comportamento inverso em relação ao campo vertical de temperatura, conhecido como termoclina invertida (Castello & Möller, 1977).

No período que se estende de meados da primavera ao verão, a Pluma do Rio da Prata sofre uma retração em direção sul e um espalhamento em direção a mar aberto (Möller *et al.*, 2008; Guerrero *et al.*, 1997), isso ocorre devido à maior incidência de ventos de NE (Möller *et al.*, 2008), e ao transporte de Ekman gerado a partir do cisalhamento deste vento com a superfície do mar. A variação latitudinal da pluma tem

influência sobre as demais massas de água presentes na região, seja permitindo que as mesmas ocupem a plataforma ou impedindo que esse avanço ocorra (Aseff, 2006).

Durante o verão, grande parte da plataforma fica sob a influência da ASTP e da ACAS, com presença também da AT em regiões mais ao largo da costa (Möller *et al.*, 2008). Desse modo o gradiente de temperatura superficial entre a **PCSB** norte e sul não passa de 10 °C. E como nesta estação, a PRP (S < 33.5) fica restrita a área ao sul de Rio Grande (32° S), alcançando maiores distâncias da costa (Aseff, 2009), a estratificação vertical fica diretamente relacionada aos gradientes verticais de temperatura.

Soares e Möller (2001) e Aseff (2009) demonstram que, com exceção do verão, a área ao sul de Rio Grande está sempre sob a influência das águas da PRP o que traz impactos no campo de correntes desta região. Isto é confirmado através da série de artigos que, tendo por base a distribuição de temperatura e salinidade, indicam a importância do deságüe continental do Rio da Prata e do efeito do vento nos processos de circulação ao longo da plataforma interna e média (Piola *et al.*, 2005; Piola *et al.*, 2008; Möller *et al.*, 2008). Como estes fatores apresentam forte variabilidade sazonal e interanual é de se esperar que o mesmo ocorra com o regime de correntes.

2.2 Sistema de correntes costeiras

A carência de informações sobre a variabilidade de correntes na costa do Rio Grande do Sul se reflete no número de publicações existentes sobre este tópico. Apenas três trabalhos tratam diretamente sobre este assunto, sendo dois sobre a análise de dados medidos através de um fundeio instalado na costa do Rio Grande do Sul a 50 m de profundidade (Soares & Moller, 2001; Zavialov *et al.*, 2002), e um sobre o deslocamento de três bóias derivadoras (Souza & Robinson, 2004). Além de mais dois trabalhos elaborados por meio de simulações numéricas (Zavialov *et al.*, 1998; Cecílio, 2006)

O escasso volume de medições de velocidade e direção de correntes realizadas nesta região tem como agravante o alto custo dos equipamentos e o risco ao qual um fundeio está sujeito, sobretudo em uma área de alta atividade pesqueira, onde predominam artes de pesca de arrasto (Haimovici *et al.*, 1998). Por exemplo, (Zavialov *et al.*, 2002) descrevem que o fundeio instalado na costa do RS em 4 de março de 1997 foi rompido possivelmente por um barco pesqueiro 151 dias após a instalação do mesmo. Mesmo fundeios de perfiladores acústicos com sistemas de proteção contra redes de arrasto também estão sujeitos a danos.

Apesar da escassez de observações, a circulação dominante na região de interesse pôde ser creditada à circulação gerada pelo vento graças aos padrões observados nas distribuições de propriedades físicas, químicas e biológicas (Soares & Moller, 2001). Os mesmos autores, em uma das primeiras medições diretas de correntes na região, apresentam os resultados de um fundeio de três meses onde se observa um fluxo de baixa frequência predominantemente barotrópico. A corrente residual é dirigida para NE e a variabilidade das correntes ocorre entre 2 e 12 dias, relacionada ao vento. O pico de energia é centrado no período de 10.4 dias.

Estes resultados são confirmados também por Zavialov *et al.* (2002), que utilizam a mesma base de dados, incluída de mais 3 meses de uma segunda etapa do fundeio. Estes autores inclusive acrescentam que os fluxos na plataforma continental são primariamente dirigidos para o norte, devido ao gradiente de densidade gerado pelo aporte das águas menos salinas do Rio da Prata.

Além disso, Zavialov & Möller (2000) descrevem este fluxo com sentido nordeste, relacionado às descargas de água doce do Rio da Prata e da laguna Lagoa dos Patos, o qual chamaram de Corrente de Rio Grande, como fortemente barotrópico. Por fim, Souza & Robinson (2004) por meio de três derivadores rastreados pelo sistema ARGOS lançados para seguir a CB em 1993, e que foram lançados por vórtices sobre a PCSB em diferentes períodos, descrevem igualmente este fluxo NE paralelo a costa e o denominam de Corrente Costeira do Brasil.

Segundo Piola *et al.* (2008) e Möller *et al.* (2008) a expansão da pluma até o extremo norte da PCSB, demonstrou ser resultado da ação duradoura de ventos SO comuns nas estações de outono e inverno; entretanto nas estações de primavera e verão o aumento da incidência de ventos NE de maior duração, provoca uma expansão da (AC) no sentido leste, assim como ser capaz de reverter completamente o fluxo costeiro para sul.

Esta resposta é confirmada por Zavialov *et al.* (2002) pela alta correlação entre o vento longitudinal e os fluxos costeiros, porém com um atraso de fase de 18 horas. Entretanto, nos trabalhos de Zavialov *et al.* (2002) e Pimenta (2001) não é encontrada uma boa correlação entre a componente transversal do vento e os fluxos costeiros.

De acordo com Palma *et al.* (2008), a partir de resultados obtidos através de um modelo tridimensional barotrópico e baroclínico forçado por descarga fluvial, marés, ventos e correntes de contorno, para a região entre 28°S e 38°S, a sazonalidade no regime de correntes da plataforma interna é evidente. No verão e primavera as correntes têm rumo SO em função da dominância de ventos de NE. No outono e

inverno a dominância é de correntes dirigidas para NE em função da maior ação de ventos de SO.

O mesmo padrão sazonal foi observado através de simulações numéricas por Cecílio (2006). O autor encontrou fluxos para sul e para o largo durante o verão, e para norte e em direção à costa durante o outono, gerando fluxos de fundo em direção à costa durante o verão, e um padrão de subsidência com fluxos de fundo em direção ao largo durante o outono.

Por fim Zavialov *et al.* (2002) demonstrou a pouca importância das correntes de maré na circulação local. Estes autores identificaram que a componente mais importante foi a O_1 com 2,9 cm de amplitude, sendo que a M_2 apresentou apenas 1,2 cm de amplitude. Desse modo os mesmos autores a classificaram como uma região de caráter micromareal com predominância das componentes diurnas.

2.3 Climatologia de ventos

De acordo com a classificação de Strahler & Strahler (1996), a plataforma continental do Rio Grande do sul apresenta um clima subtropical úmido, característicos de médias latitudes.

O padrão de ventos sobre a região costeira é determinado pela influência do anticiclone do Atlântico Sul em escala sazonal, pela presença de sistemas meteorológicos em escala sinóptica, e pelo sistema de brisa costeira (Braga & Krusche, 2000). Os eventos relacionados à escala sinóptica são regidos pela ação de ondas de Rossby planetárias sobre o cinturão de ventos de oeste com a geração de ciclones extratropicais e a passagem de frentes frias (Cecílio, 2006).

Os ventos predominantes na costa do Rio Grande do Sul são de origem nordeste (NE) e estão associados ao centro de alta pressão gerado pelo anticiclone semi-estacionário do Atlântico Sul. Este sistema é mais intenso entre a primavera e verão e mais fraco no inverno, quando o anticiclone se desloca para zonas de baixa latitude (e.g. Möller *et al.*, 2008; Piola *et al.*, 2005; Guerrero *et al.*, 1997).

Entre o outono e o inverno, inversões periódicas na direção do vento para sul (S), sudoeste (SO) e sudeste (SE) estão associadas à propagação de anticiclones polares para regiões de baixa latitude (frentes meteorológicas), sendo mais frequentes no outono e inverno (Braga & Krusche, 2000; Krusche *et al.*, 2002). Além disso, Braga & Krusche (2000) relatam que embora a componente SO apresente uma menor frequência de ocorrência, essa é a que possui as maiores intensidades (entre 59 a 85 km/h). Saraiva 1996 descreve que no inverno o número médio de passagem de frentes por mês é de 6 a 7 e de 5 a 6 nos meses de verão. Möller *et al.* (2001) ressaltam que a periodicidade de passagem de frentes varia entre 3 e 15 dias.

A região de interesse está, portanto, sob forte influência dos ventos de sudoeste durante os meses do inverno, quando os ventos de oeste e as trajetórias dos sistemas frontais se deslocam para norte. Durante o verão, com a migração para sul do cinturão de ventos de oeste, volta a dominar o giro anticiclônico com os ventos de leste e nordeste sobre a região.

3 Objetivos

3.1 Objetivos gerais

O presente trabalho tem o objetivo de estudar a circulação da plataforma interna da costa na latitude da cidade de Rio Grande (32° S), a partir de dados de direção e intensidade de corrente coletadas por intermédio de três fundeios, efetuados pelo Laboratório de Oceanografia Física da FURG.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Analisar a variabilidade temporal das correntes costeiras e associá-las as principais forçantes.

- ✓ Caracterizar a estrutura vertical das correntes costeiras.

- ✓ Determinar os padrões sazonais dos fluxos costeiros, tanto no sentido longitudinal como transversal.

4 Metodologia

Para a elaboração dessa dissertação foram utilizados dados de velocidade e direção de corrente coletados a partir de três fundeios efetuados na região costeira ao largo da costa do Rio Grande (Figura 2) pela equipe do Laboratório de Oceanografia Física Costeira e Estuarina da FURG.

Junto à estação meteorológica da Particagem da Barra do Rio Grande (Praticagem) foram obtidos dados de intensidade e direção do vento coletados nos períodos dos fundeios. Estas séries foram cedidas através de um convênio de cooperação entre esta Associação e o Núcleo de Oceanografia Física da FURG.

Em virtude de toda a evolução e adaptações que foram feitas para os procedimentos de instalação e recuperação dos aparelhos fundeados, neste capítulo será feita uma descrição mais detalhada para que a experiência deste trabalho não seja perdida. Assim, os métodos empregados são subdivididos em duas partes:

- a) Atividades de campo com instalação e recolhimento dos fundeios.
- b) Análise e interpretação dos dados

4.1 Atividades de Campo

4.1.1 Fundeios na Região Costeira

Informações básicas sobre cada um dos três fundeios são apresentadas na Tabela 1. O 1º fundeio foi realizado no dia 22/10/2006, a uma distância de aproximadamente 4 quilômetros da costa, na isóbata de 15m (lat 32° 25, 177' S ; lon 052° 12,313' W). O fundeio instalado consistiu de um ADP Sontek de 1,0 MHz com sensor de pressão para determinação de nível e do campo de ondas. O aparelho foi

fixado no interior de um sistema de proteção contra redes de arrasto marca Floatation Technology (Figura 3) com liberador acústico Benthos 866A, o equipamento fica posicionando no fundo, com os sensores “olhando” para a superfície (up-looking). O ADP foi configurado para medir nível, velocidade e direção de correntes em intervalos horários.

Foram utilizadas 32 células de 0,5m mais uma distância em branco (“blank distance”) de 1m possibilitando uma amostragem com o aparelho até uma profundidade de 17m, em casos de variações mais extremas de nível. Para os dados de correntes, o cálculo de cada célula é baseado na média feita a partir de 120 medições realizadas durante 2 minutos. Após 15 dias de funcionamento uma falha no sensor de pressão do equipamento, impediu o registro de dados de nível e ondas. O fundeio foi recuperado no dia 23/02/2007, porém algumas dificuldades surgiram durante a operação. Aparentemente em função da grande quantidade de incrustações de organismos (lepas e cracas, entre outros) que se encontrava no equipamento (Figura 4), o mecanismo de liberação provavelmente foi bloqueado impedindo que o aparelho chegasse à superfície. O uso de um cabo lastreado rebocado por um bote inflável ajudou a destrancar o mecanismo de liberação, fazendo com que o aparelho chegasse à superfície. A estrutura apresentava marcas de cabos de redes de arrasto, evidenciando a intensa atividade pesqueira que existe na região.

O segundo fundeio foi realizado no dia 2/08/2008 e retirado no dia 14/12/2008, e o terceiro no dia 21/03/2009 e recuperado dia 27/06/2009. Ambos foram instalados, nas proximidades do parcel do Carpinteiro (lat 32° 14,889' S ; lon 051° 45,130' W) e (lat 32° 14,733' S lon 051°.45,876'), em uma profundidade de 25m e 21m respectivamente Figura 2. O local foi escolhido devido à proteção física que o parcel exerce contra a utilização de redes de arrasto em função das rochas que existem ao redor. No entanto o fundeio ficou suficientemente afastado do parcel de modo a evitar interferência nas medições de corrente.

O ADP foi novamente configurado para medir nível, velocidade e direção de correntes a cada hora. Sendo utilizadas para os perfis de corrente 26 células de 1m, mais uma distância em branco de 1m possibilitando assim uma amostragem de até 26 metros de coluna da água. Assim, mesmo que o nível varie a profundidade nunca será subestimada.

Tabela 1 - Informações sobre os fundeios do ADP

Data	Latitude	Longitude	Profundidade	Atividade
22/10/2006	32° 25, 177' S	052° 12,313' W	15 m	Instalação
22 e 23/02/2006	32° 25, 177' S	052° 12,313' W	15 m	recuperação
2/08/2008	32° 14,889' S	051° 45,130' W	25 m	instalação
14 e 15/12/2008	32° 14,889' S	051° 45,130' W	25 m	recuperação
21/03/2009	32.14,733' S	051.45,876' W	21 m	instalação
26 e 27/06/2009	32.14,733' S	051.45,876' W	21 m	recuperação

Os três fundeios foram efetuados a bordo do Noc. Atlântico Sul da FURG. E tanto nas operações de instalação dos equipamentos como na recuperação fez-se necessária a utilização de equipes de mergulho. Esta necessidade se deu em função de falhas nos mecanismos de liberação instalados no interior do sistema de proteção contra redes de arrasto. Em todos os casos em que se testou, houve problemas de comunicação entre a unidade de bordo e o liberador acústico de marca Benthos. Uma das possíveis causas foi a própria estrutura de proteção contra redes de arrasto que dificultava a propagação de som até o transdutor ali instalado. Além disso, incrustações de vários organismos sobre e no interior da estrutura de proteção também contribuíram para o travamento do mecanismo de liberação. Após várias tentativas, para o último fundeio o liberador acústico foi, finalmente, eliminado da estrutura.

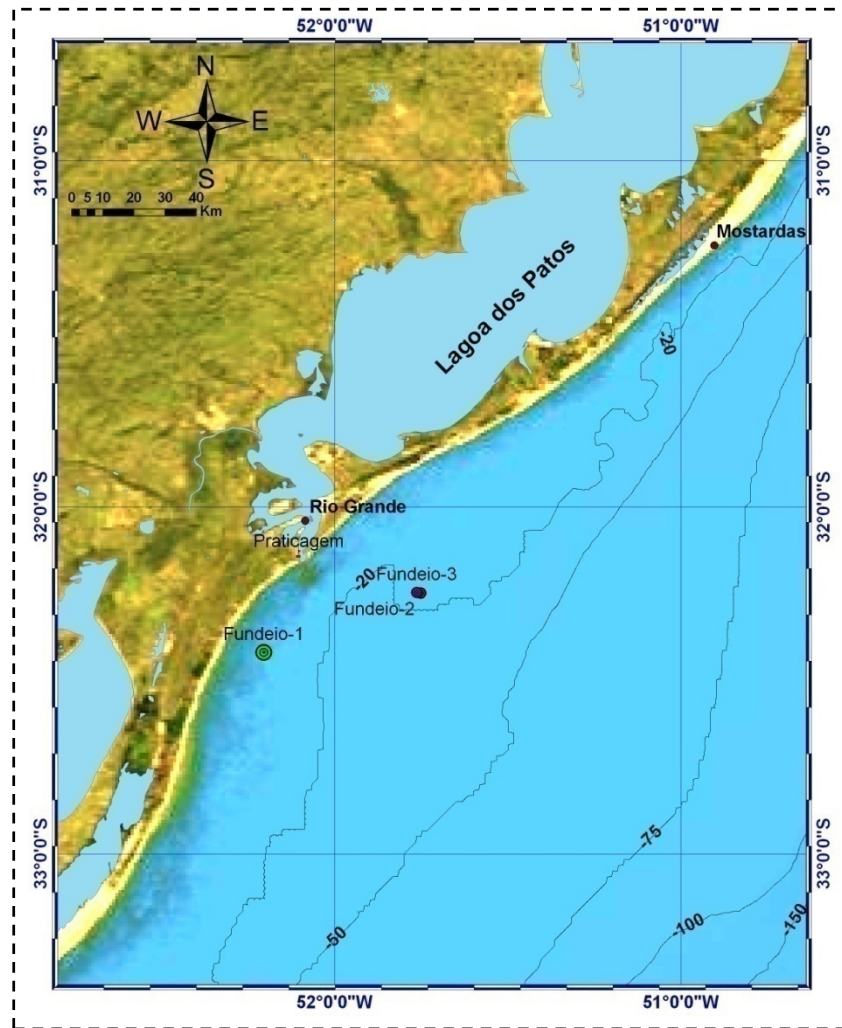


Figura 2 - Localização dos pontos dos três fundeios realizados

No primeiro fundeio, situado em área de arrasto, foram utilizadas duas poitas de concreto de 2 toneladas cada, para evitar que redes passassem diretamente sobre o aparelho e para ajudar na recuperação do ADP. Pelas marcas encontradas isso não foi evitado e, por dois dias o ADP esteve invertido, voltando à posição normal, provavelmente, por ação de redes. Entretanto, as poitas continuaram a ser usadas na região do parcel para facilitar a localização pelos mergulhadores.

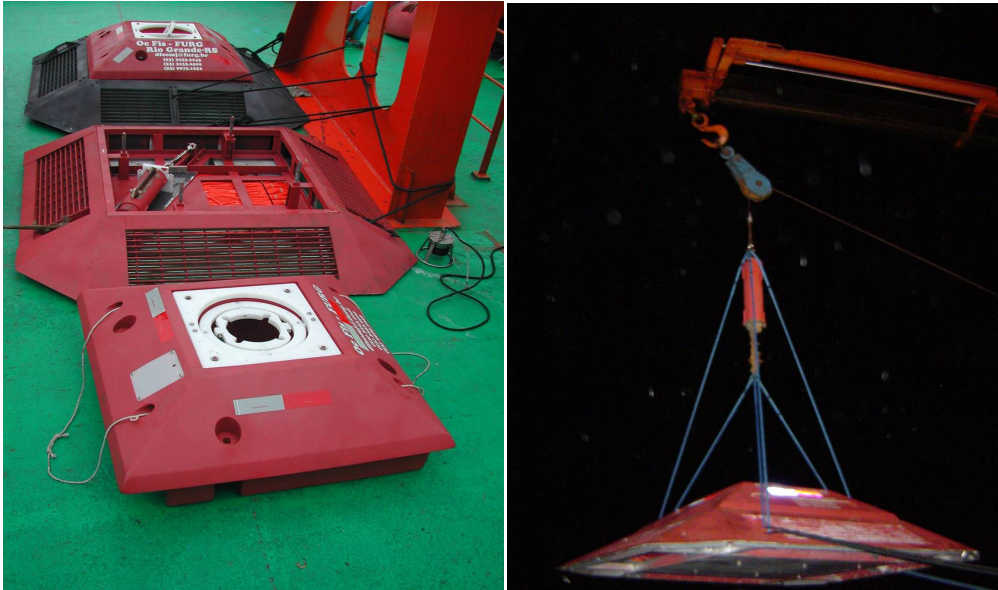


Figura 3 - Estrutura de proteção contra arrasto de fundo usada nos dois fundeios



Figura 4 - A direita detalhe da recuperação do fundeio com bote inflável e, ao fundo (em destaque), a parte flutuante do sistema de proteção que contém o ADP. Na foto à esquerda, detalhe do ADP e das incrustações nesta parte do sistema de proteção contra redes de arrasto.

4.1.2 Aquisição dos dados de vento

Os dados de intensidade e direção do vento foram coletados pela estação de Práticos da Barra do Rio Grande, localizada nas proximidades da desembocadura da Lagoa dos Patos (Lat. 32° 8' 13", Long. 52° 6' 14"). Os dados são coletados através de uma estação meteorológica automática, instalada na parte superior da torre da Praticagem, os dados coletados pela estação são horários, e são baseados na média amostral de 5 minutos de aquisição de dados Estes foram cedidos através de um convenio de cooperação entre a FURG e a Praticagem da Barra do Rio Grande.

4.2 Análise dos dados

4.2.1 Séries Temporais

A análise dos dados envolve alguns procedimentos dependendo do tipo de dados. Dados escalares, como nível das águas, salinidade e temperatura, são analisados de forma direta. Por outro lado, grandezas vetoriais passam por um pré-processamento que envolve ajustes com a Declinação Magnética (DM), decomposição e, em alguns casos, rotação do eixo. O ajuste em relação à DM é feito para referenciar a direção medida em relação ao Norte Verdadeiro (NV). Isto se deve ao fato que as medidas de direção são feitas em relação a uma bússola interna ao aparelho. Após este ajuste, o procedimento normal para os dados de velocidade e direção de vento e correntes é a separação em componentes Norte-Sul e Leste-Oeste. No entanto, se a linha de costa apresenta um ângulo em relação ao NV, é necessário fazer uma rotação nesses eixos (Figura 5) para que o sistema de referência possua a mesma orientação da costa. Assim, se pode falar em componentes longitudinais e transversais à costa. No caso específico da região de interesse, a linha de costa apresenta um ângulo de 37° (Möller *et al.*, 2001) em relação ao NV. Para avaliar o efeito do vento

sobre nível e correntes costeiras os vetores são decompostos em componentes longitudinais e transversais à costa com base neste ângulo. Como os principais efeitos do vento ocorrem via transporte de Ekman, e este está relacionado diretamente com a tensão de cisalhamento do vento com a superfície do mar, utiliza-se o eixo paralelo à linha de costa para as análises. Isto decorre em razão de que este é o eixo de maior frequência de ocorrência (Braga & Krusche, 2000). Para as correntes, a componente longitudinal é usada como referência em função de seus impactos em termos de transporte de água e de propriedades serem mais importantes que as da componente transversal. Todas as rotações foram feitas com base na metodologia de (Miranda *et al.*, 2001)

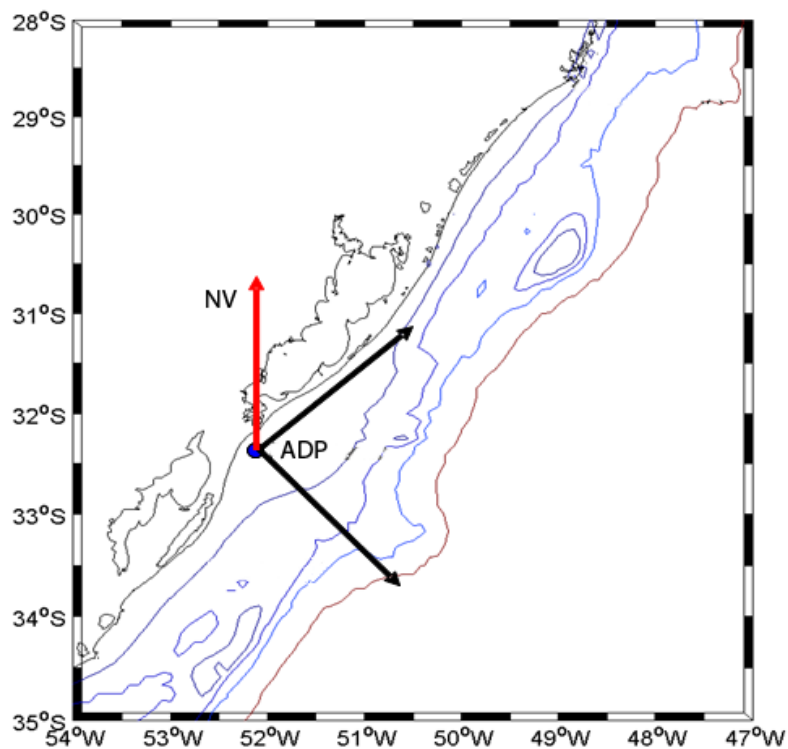


Figura 5 - Exemplo de rotação utilizada para os dados de corrente, onde a seta em vermelho corresponde ao norte verdadeiro e as outras nos dados rotacionados de acordo com a inclinação da linha de costa.

4.2.2 Interpolação dos dados

A única série temporal que apresentou interrupções foi a do 1º fundeio, devido à uma possível inversão do ADP que ocorreu entre os dias (22/11 às 14h00min e 24/11 às 21h00min), não sendo possível a utilização desses dados. Isto gerou uma lacuna de 53 horas (aproximadamente 1,7% do comprimento total da série temporal). Foi então usado um método de interpolação espectral descrito por (Andersen, 1974) para completar a lacuna causada por essa falha.

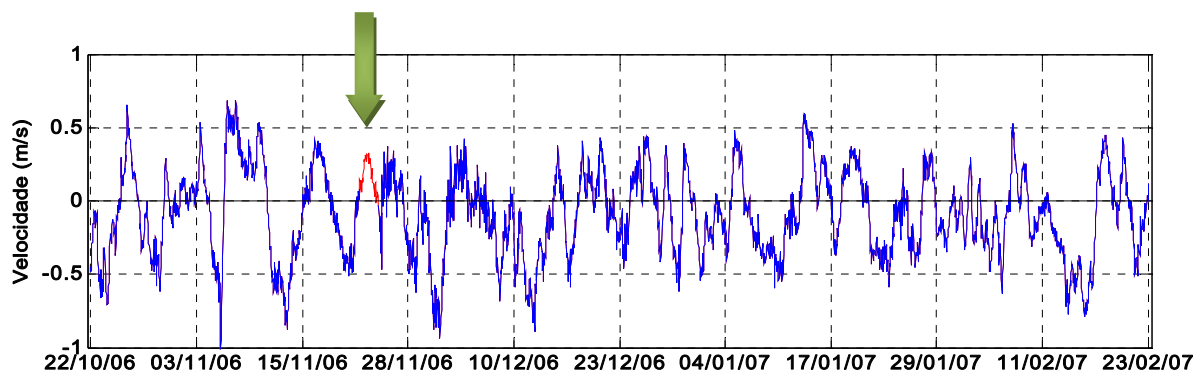


Figura 6 – Exemplo de série interpolada do 1º fundeio, da corrente longitudinal (3m). Onde em azul representa a serie original, e vermelho a interpolação gerada.

4.2.3 Filtros

Para todas as séries filtradas, foi utilizado um filtro de passa-baixas do tipo Lanczos-Cosseno (Thompson, 1983). Para remover oscilações de alta frequência como sinal de brisa do vento e maré das correntes foi utilizada uma frequência de corte de 1/40 horas que remove 95% das oscilações com frequências menores que 1/25 horas. Nos casos onde foi aplicado um filtro de passa-altas, onde a subtração de uma série original pela própria série filtrada com um filtro de passa-baixas atua como um filtro de passa alta com a mesma frequência de corte (Evans, 1985 – apud Hirata, 2008).

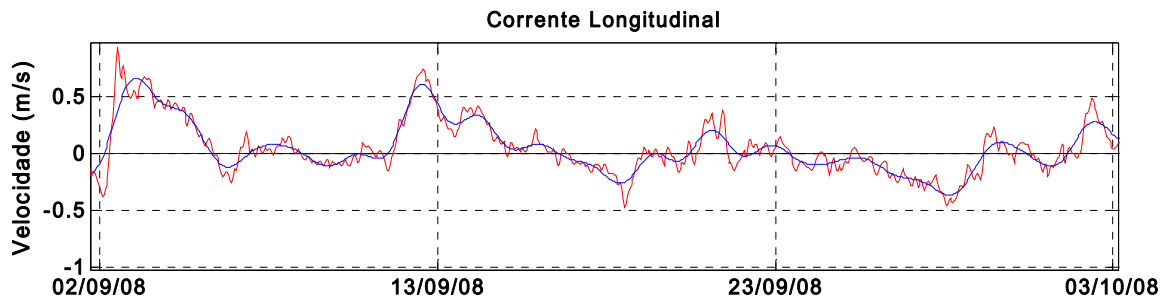


Figura 7 – Exemplo de uma das séries (1° fundeio) filtrada com Lanczos-Cosseno com frequência de corte de 1/40hrs.

4.2.4 Cálculo dos coeficientes de correlação

Para se avaliar o quanto uma variável está diretamente relacionada a uma segunda variável (vento x corrente), se utilizou a análise de correlação cruzada entre a componente longitudinal do vento e as componentes longitudinais e transversais da corrente. Dessa maneira obteve-se o coeficiente de correlação linear “r”, entre as grandezas em questão, e a diferença de fase entre a maior correlação entre as variáveis. O coeficiente de correlação “r” varia de -1 a 1, sendo que valores entre -1 e 0 representam uma relação negativa e valores entre 0 e 1 uma relação positiva.

4.2.5 Cálculo das velocidades barotrópicas e baroclínicas

Para o cálculo das velocidades consideradas barotrópicas, utilizou-se uma média vertical para cada uma das componentes utilizadas (Longitudinal & Transversal) para cada instante de tempo (T); ou seja, a velocidade média integrada na vertical, foi considerada a componente barotrópica da circulação.

Para a velocidade considerada baroclínica, utilizou-se a diferença entre a velocidade total e a barotrópica calculada. Esta metodologia foi baseada em Meccia (2008).

4.2.6 Espectros de Freqüência

As análises espectrais foram baseadas no método de Welch (1967). Para estas foi aplicada uma janela do tipo Hanning, com 1/3 do comprimento total das séries e sobreposições de 50%, procedimento que resulta em uma estimativa de densidade espectral média, calculada a partir das estimativas de 5 segmentos. Faz-se necessária a utilização desta metodologia para aumentar a confiabilidade estatística da análise, pois esta, se aplicada sem nenhum método de suavização, retorna apenas dois graus de liberdade, o que estatisticamente é pouco representativo. Como resultado da aplicação do janelamento, perde-se resolução espectral, mas a confiabilidade da existência das concentrações de energia por banda de freqüência é maior.

De acordo com Emery & Thomson (1998) o número de graus de liberdade equivalentes (EDOF) com a utilização da janela tipo Hanning nas análises espectrais é:

$$EDOF = \frac{8}{3}(N/M)$$

Onde N é o comprimento da série analisada e M é a metade do comprimento da janela aplicada. Como o comprimento total das séries analisadas é 2991 para o 1° fundeio, 2499 para o 2° fundeio e 2353 para o 3° o janelamento aplicado tem comprimento de 997, 833 e 784 dados respectivamente, o que resulta nos três casos um EDOF igual a 16. Todas as figuras de estimativas espectrais foram apresentadas na forma que preserva a variância, ou seja, a área abaixo dos picos representa a variância total da série.

Todas as séries tiveram médias e tendências removidas, pois estas podem fazer com que grande parte da energia do sinal fique retida em bandas de baixa freqüência.

4.2.7 Análise harmônica

A análise harmônica, assim como a espectral, é baseada na transformada rápida de Fourier e utiliza para o cálculo as constantes harmônicas da maré. Ou seja, calcula a amplitude e fase de todos os harmônicos de maré avaliando assim a importância de cada um para a circulação total. O método utilizado foi desenvolvido por (Pawlowicz *et al.*, 2002) e é apresentado sob a forma de um programa computacional denominado T-tide. Em todas as análises o nível ou intervalo de confiança utilizado foi de 95%, calculados de acordo com a metodologia utilizada.

5 Resultados

5.1 Fundeio I – Altair (22/10/2006 – 23/02/2007)

O 1º fundeio, localizado na isóbata de 15m, foi denominado nesse trabalho como **Fundeio Altair**, por estar localizado nas proximidades do naufrágio do navio Altair. Os dados referentes a este fundeio cobrem o período entre a primavera e o verão (2006-2007).

Os vetores indicando a direção e intensidade do vento são mostrados na Figura 8. As séries com dados brutos das componentes longitudinais (CLC) e transversais da corrente (CTC), para 3 m e 13 m, são apresentadas na Figura 9.

Na Figura 8 nota-se a predominância do vento de NE (negativos) em praticamente todo o período selecionado, com algumas inversões devido a passagens de sistemas meteorológicos frontais. Os ventos NE são também significativamente mais intensos que os ventos procedentes de outras direções.

Na Figura 9 (A), **CLC**, observa-se um quadro em que os máximos totais de velocidade são da ordem de 1,0 m/s, passando de valores negativos (correntes para o sul) a valores positivos (correntes para o norte) numa escala de tempo de poucos dias. Os fluxos para o sul (SO) dominam e apresentam maiores valores que os fluxos para o norte. Nota-se também que as velocidades são maiores na superfície que no fundo, principalmente em fluxos direcionados para sul (valores negativos). Com relação à **CTC** (Figura 9 – B) verifica-se que em alguns momentos há uma estratificação (cisalhamento) vertical da velocidade, com valores positivos na superfície (sentido *off shore*; Oeste-Leste) e valores negativos no fundo, e vice e versa. Observa-se também que as intensidades da **CTC** são menores em relação à **CLC**, não ultrapassando 0,5 m/s na superfície e 0,25 m/s próximo ao fundo.

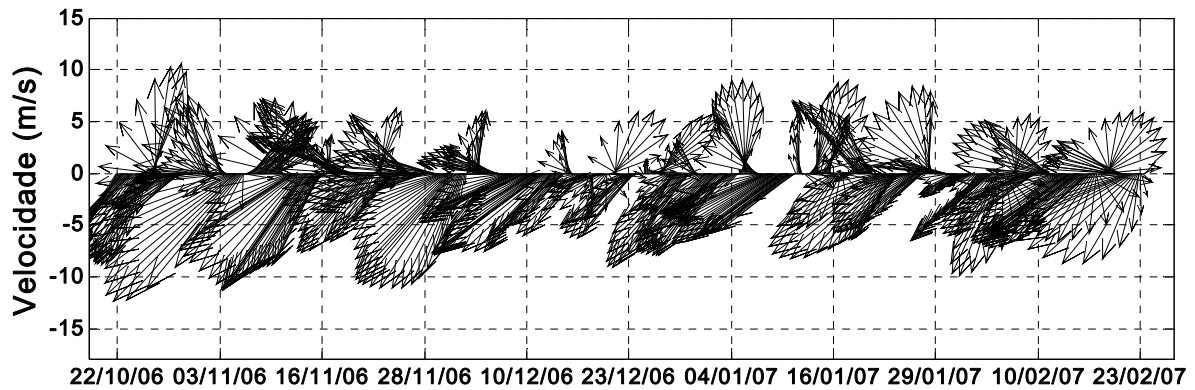


Figura 8 - Vetores direção e intensidade do vento, medidos na Estação de Práticos da Barra do Rio Grande. Valores negativos indicam ventos NE e positivos SO

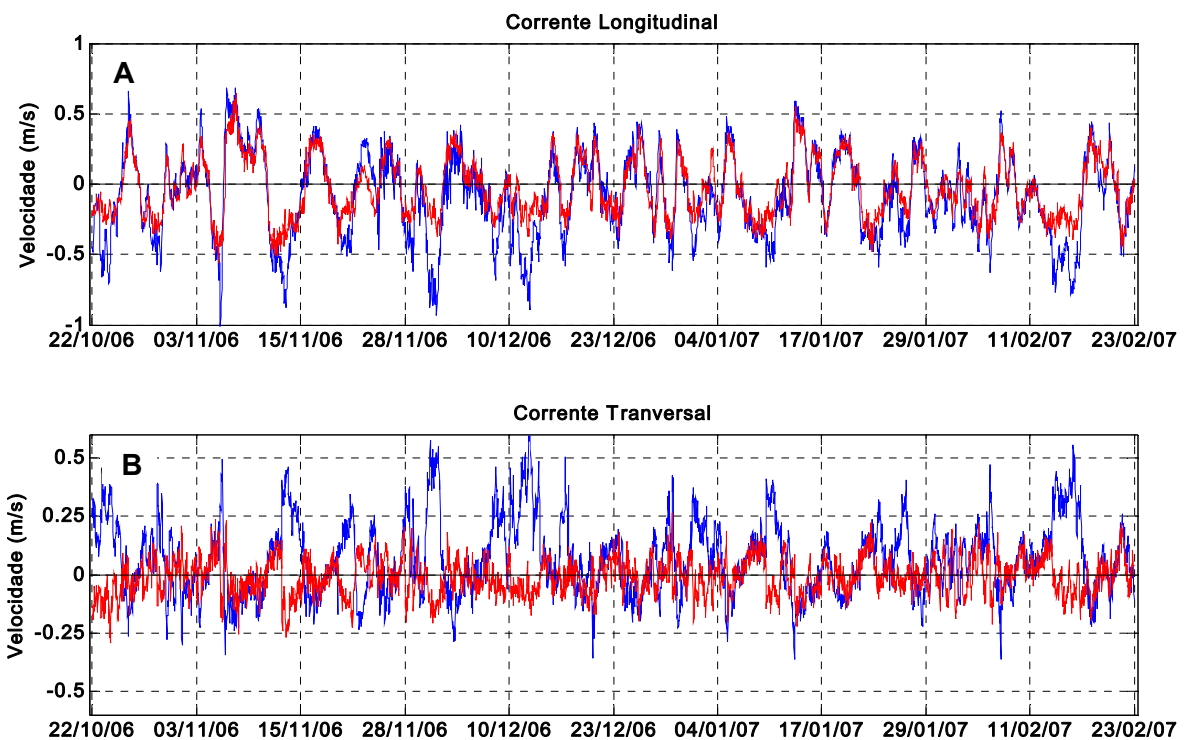


Figura 9 - (A), componente longitudinal (paralela à costa) da corrente medida a 3 m (azul) e a 13 m (vermelho). (B), componente transversal (perpendicular à costa) da corrente. Valores negativos indicam fluxos para o sul (SO), positivos fluxos para o norte (NE).

As estimativas de densidade espectral (séries sem filtro) calculadas para a componente longitudinal **CLV** e transversal do vento **CTV** (Figura 10), e para **CTC** (Figura 11) e **CLC**, (Figura 12) apontam as bandas de baixa frequência como as mais energéticas (maior variância), tanto nas componentes longitudinais como nas transversais.

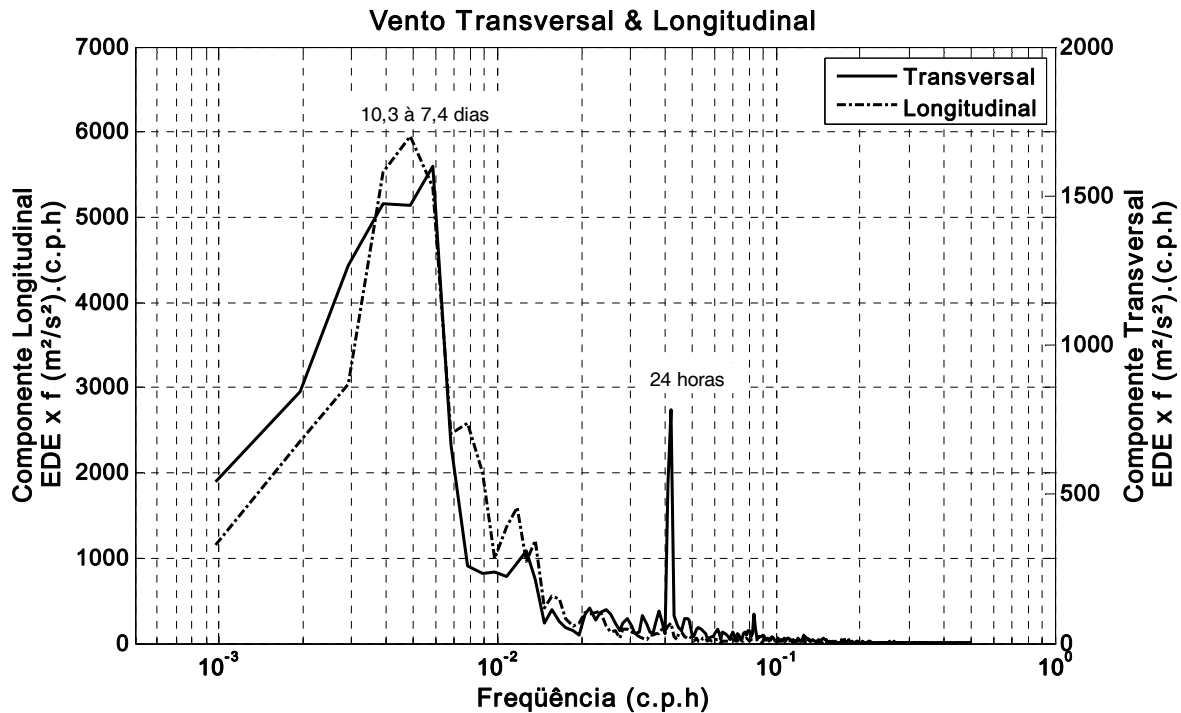


Figura 10 - Estimativa de densidade espectral das componentes longitudinais e transversais do vento, sem filtro.

Para os dados de vento observa-se que o pico de maior amplitude se encontra entre as bandas de frequência de 7,4 à 10,3 dias (Figura 10) tanto na componente longitudinal quanto na componente transversal. Entretanto, a energia da primeira é notavelmente maior (importante observar a diferença de escala entre as componentes). Nas bandas de alta frequência, $T < 30$ hrs, observa-se um pico de 24 horas apenas na **CTV**, com menor amplitude, associado à brisa (24hrs).

A mesma análise, agora para as correntes, demonstra novamente que as maiores energias estão centradas nas faixas de baixa frequência, reforçando a idéia da alta correlação entre o vento e a corrente. Na Figura 11 (**CTC**) os picos mais energéticos estão à esquerda do gráfico (menor frequência), e vão decrescendo conforme nos deslocamos para as bandas de maior frequência. Os mais energéticos possuem períodos de 10,3 dias, 5,2 e 3,5 dias sucessivamente. Todos relacionados às escalas sinóticas. Além disso, um pico de menor amplitude, com período de 25,6 horas é possível de ser observado. Este pico possui período muito próximo ao da

componente O_1 da maré (25.82 horas). Nota-se também que a energia nos picos de maior período diminui conforme aumenta a profundidade da corrente, de modo que nas camadas mais profundas as altas frequências ganham maior importância relativa.

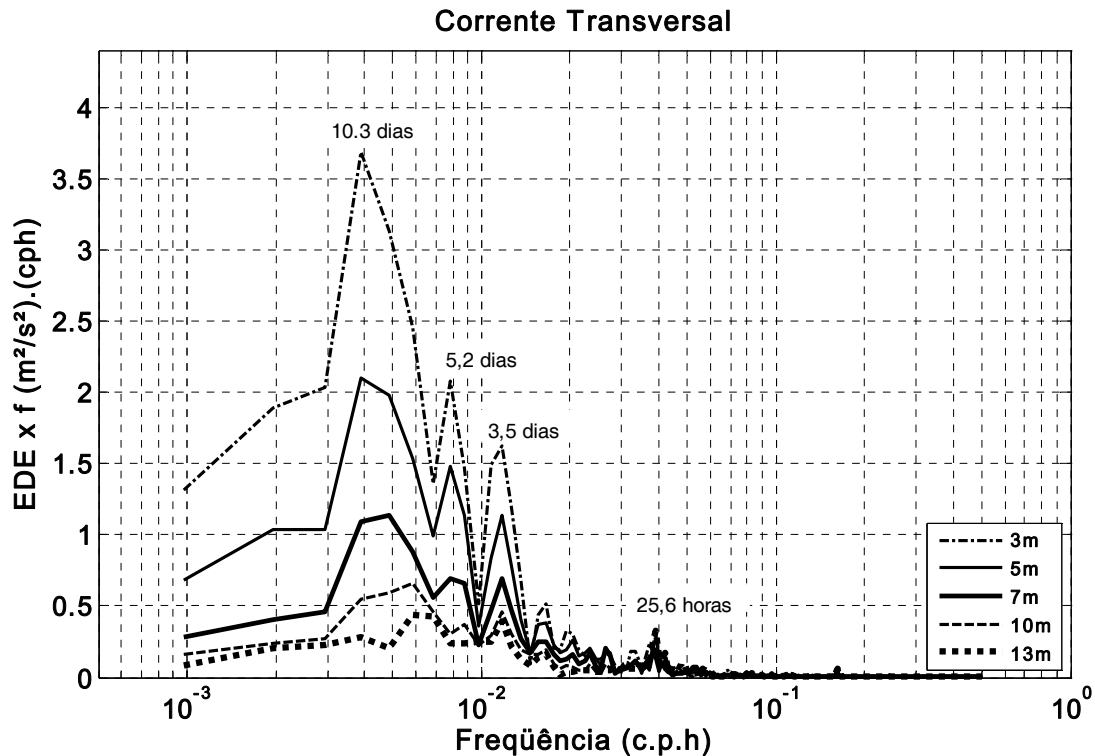


Figura 11 - Estimativa de densidade espectral da componente transversal da corrente medida, da superfície ao fundo, (séries sem filtro).

A estimativa de densidade espectral para **CLC** (Figura 12) apontou um padrão semelhante ao verificado anteriormente, com o pico de maior amplitude localizado entre a banda de 7 dias e 10,3 dias. Picos de menor amplitude são observados em períodos entre 3,5 dias e 25,6 horas. A variabilidade diminui em direção às frequências mais altas que são associadas à maré. Novamente observa-se uma redução da energia nas camadas mais profundas, reforçando que a maior variabilidade se localiza na superfície devido à ação direta do vento.

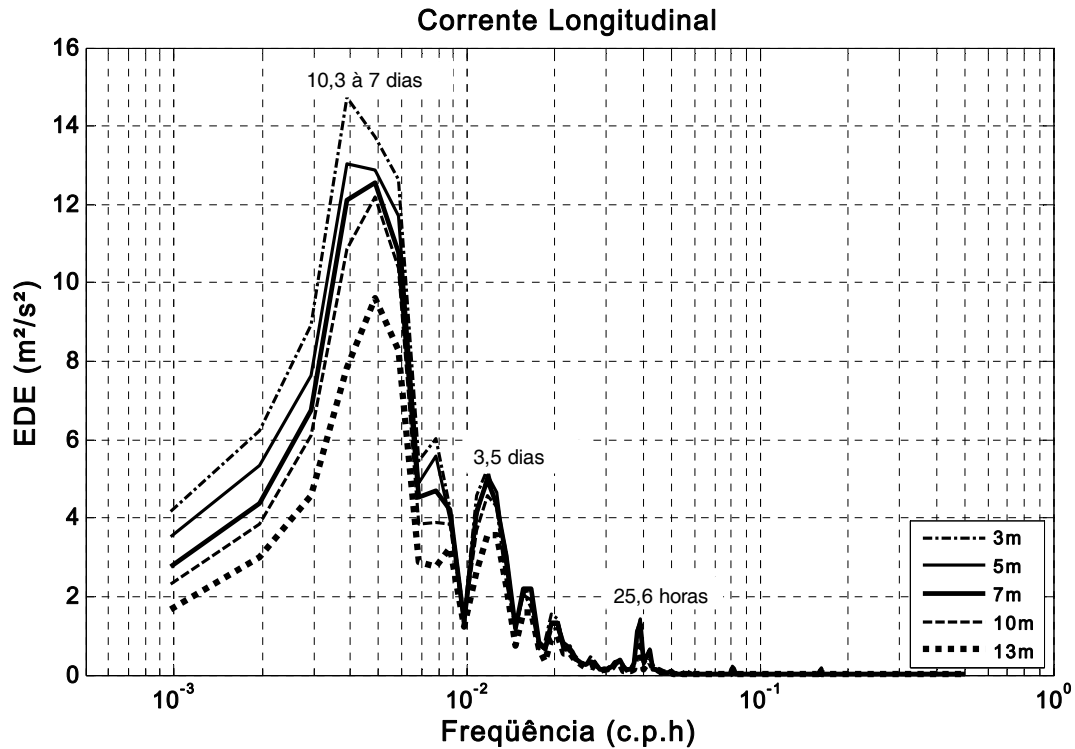


Figura 12- Estimativa de densidade espectral da componente longitudinal da corrente medida, da superfície ao fundo, (series sem filtro).

A fim de separar as variâncias das séries em alta e baixa frequência, e avaliar qual a porcentagem que cada uma delas representa para a variância total, foram calculadas as variâncias das séries em três níveis (3-5 metros, 5-10 m e 10-14 m) para as duas componentes em questão. Após a aplicação do filtro de passa baixas foram recalculadas as variâncias e o resultado mostrou que: as baixas frequências ($T > 40$ hrs), são responsáveis por mais de 87% da variância total na **CLC** (Tabela 2) e, que a variabilidade nas bandas de frequência associadas às marés são responsáveis por apenas 13% das variações totais.

No entanto, na **CTC** (Tabela 3), verifica-se a alteração da variância com a profundidade. As baixas frequências explicam menos de 80% da variância total na superfície, e ao passo que nas camadas mais profundas esse valor diminui para 50%. Ou seja, as bandas de alta frequência aumentam sua importância em relação à variância total, chegando a 50% do valor total próximo ao fundo.

Tabela 2 - Comparação entre as variâncias da componente longitudinal original e filtrada em 40 horas (passa baixa).

Profundidade	Variância total série original	Variância série filtrada 40hrs	% da variância total
14 – 10 metros	0.0553	0.0485	87.70
10 – 5 metros	0.0733	0.0644	87.85
5 – 3 metros	0.084	0.0737	87.73

Tabela 3 - Comparação entre as variâncias da componente transversal original e filtrada em 40 horas (passa baixa)

Profundidade	Variância total série original	Variância série filtrada 40hrs	% da variância total
14 – 10 metros	0.0072	0.0036	50
10 – 5 metros	0.0112	0.0075	67.95
5 – 3 metros	0.0220	0.0175	79,54

Com o objetivo de avaliar a contribuição relativa das componentes baroclínicas e barotrópicas na circulação de baixa e alta frequência, foram recalculadas as variâncias para cada uma das parcelas (baroclínica e barotrópica). As velocidades barotrópicas foram calculadas através uma média vertical instantânea de todos os níveis para cada uma das componentes, e a baroclínica pela diferença entre a velocidade total e a barotrópica

Com o auxílio da Tabela 4 podemos constatar que a **CLC** é basicamente barotrópica tanto em baixa como em alta frequência, uma vez que essa parcela explica 97.3% e 71.8% das variações respectivamente. Para a **CTC** há, no entanto, uma maior relevância da parcela baroclínica, formando 40.5% nas baixas frequências e 56.7% nas altas. Nota-se também que as energias desta componente são menores em comparação a **CLC**.

Tabela 4 - Comparação entre as variâncias (energias) das componentes baroclínicas e barotrópicas em alta e baixa frequência, nas componentes transversais e longitudinais.

	Baixa frequência (T > 40hrs)				Alta frequência (T < 40hrs)			
	Baroclínica		Barotrópica		Baroclínica		Barotrópica	
Longitudinal	0.0016	2.7%	0.058	97.3%	0.0020	28.2%	0.0052	71.8%
Transversal	0.0032	40.5%	0.0050	59.5%	0.0020	56.7%	0.0015	43.3%

5.1.1 Baixa frequência

A Figura 13 apresenta as mesmas séries de vento (componente longitudinal) e de correntes das Figura 8 e 7 com a aplicação do filtro de passa-baixa. Com isto retirou-se do vento o sinal de brisa e das correntes, o sinal de maré e inercial. Valores positivos indicam ventos de sul e correntes fluindo para o norte no caso das componentes longitudinais à costa. No caso da componente transversal, valores positivos indicam correntes para leste.

A correlação do vento longitudinal com a **CLC** é evidente. Ventos mais fortes de NE induzem correntes mais intensas, com velocidades máximas próximo a 0.7 m/s. No caso da **CTC** (Figura 13, C), os valores medidos a 3 m e 13 m estão em fases opostas. Desta forma, ventos de NE/SO forçam, próximo à superfície, correntes para mar aberto/costa e em direções opostas no fundo. Pela maior intensidade dos ventos de NE, o mecanismo de transporte de Ekman é mais evidente para ventos soprando desta direção.

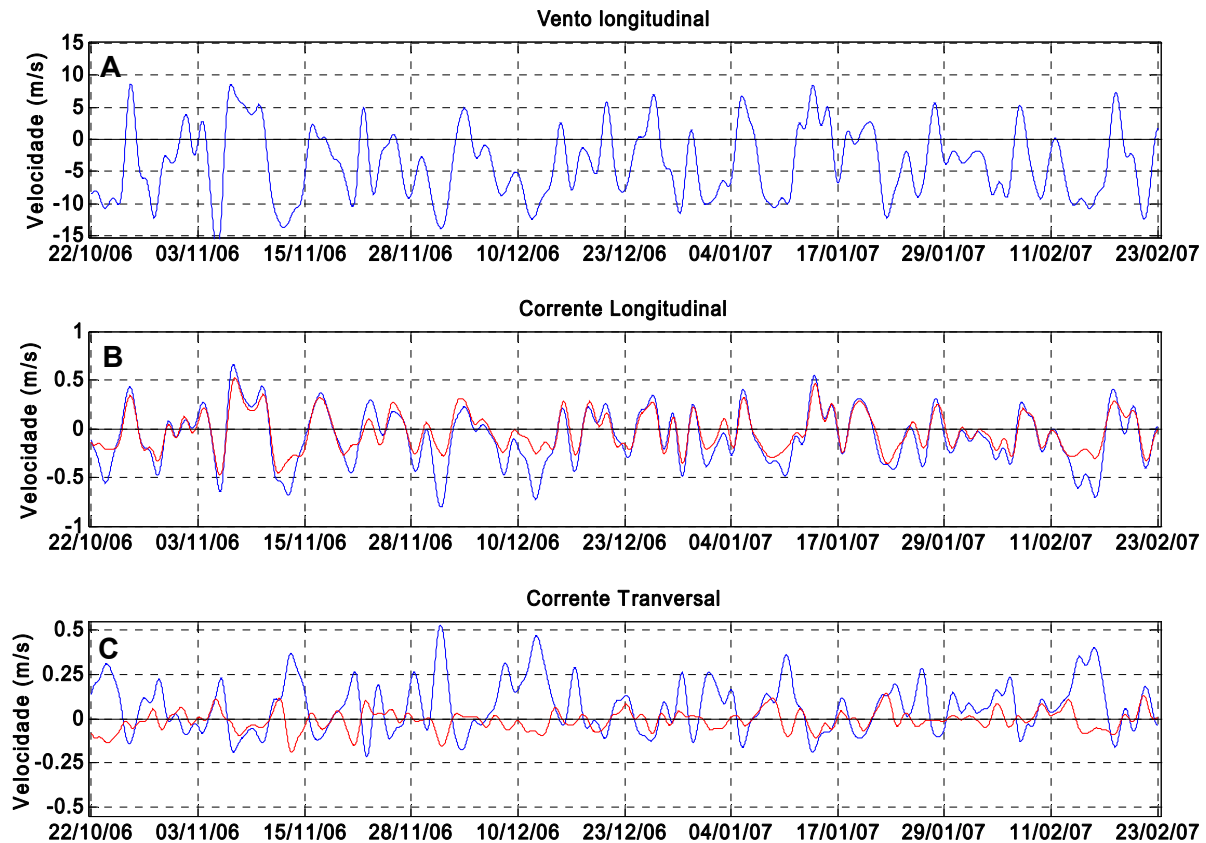


Figura 13 – (A) Séries temporais filtradas da componente longitudinal do vento e das componentes longitudinais (B) e transversais (C) da corrente. Valores positivos indicam fluxos para Norte (componente longitudinal) e para Leste (transversal).

A análise de correlação cruzada entre vento longitudinal e a componente longitudinal da corrente (Figura 14, A), para toda a coluna de água mostra um coeficiente de correlação máximo de 0.81 com uma defasagem de 4 horas, próximo a superfície. Próximo ao fundo, a correlação diminui até 0.73 e a defasagem aumenta para 6 horas. Isto é, a resposta das águas à ação do vento se dá em num intervalo de 4 horas após o vento começar a soprar em uma dada direção na superfície e em 6 horas no fundo.

A correlação entre o vento longitudinal e a componente transversal (Figura 14, B) indica valores de -0.82, ou seja, valores positivos (Leste) de vento forçam correntes para Oeste (correlação negativa), com um atraso de fase de 5 horas. Próximo ao fundo o coeficiente é bem reduzido, da ordem de 0.4 aos 10m e quase zero próximo ao fundo.

A análise de correlação cruzada entre a componente transversal do vento e as duas componentes da corrente **CLC** e **CTC**, não retornaram valores significativos de correlação, reforçando a baixa relevância dessa componente na circulação local.

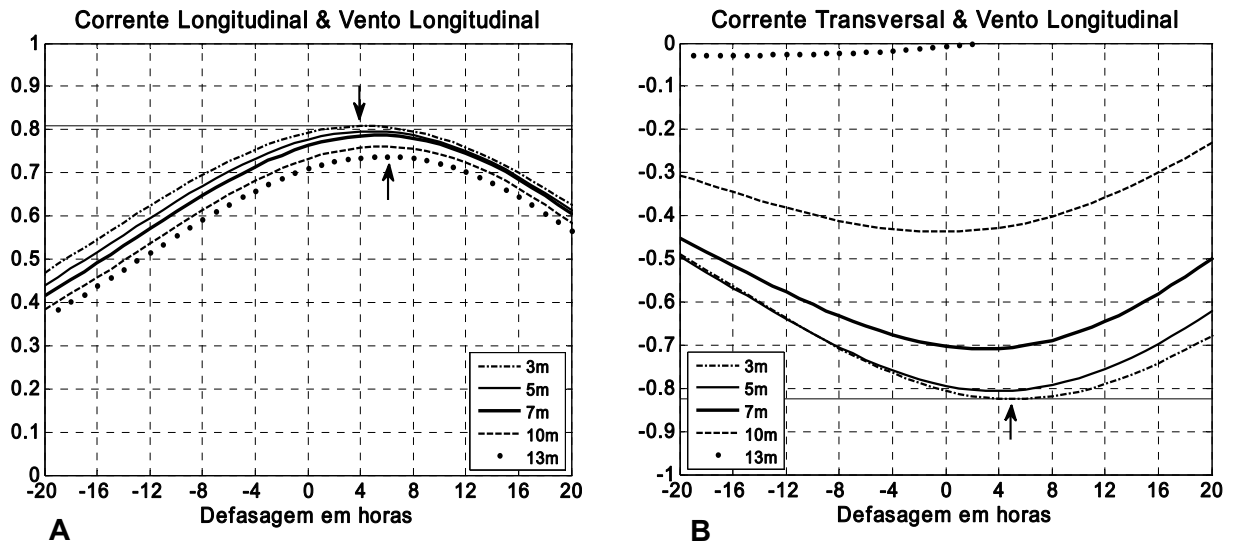


Figura 14 - Correlação entre a componente longitudinal do vento; esquerda (A) - componente longitudinal da corrente; direita (B) – componente transversal da corrente. As setas indicam o ponto de maior correlação.

O perfil vertical médio da **CLC** (Figura 15, A), calculado para cada nível registrado pelo ADP, mostra uma situação onde as maiores velocidades ocorrem na superfície, decrescendo em direção ao fundo e uma velocidade residual para o Sul com velocidade média integrada na coluna de 0.06 m/s. Para a componente transversal, o perfil de velocidade média (Figura 15, B) indica uma situação em que, entre a superfície e 9 m de profundidade o fluxo é para mar aberto (Leste, sentido positivo), enquanto que abaixo dos 10 m a resultante é para a costa com velocidades da ordem de 0.015 m/s. A velocidade residual integrada na coluna tem sentido positivo e velocidade de 0.02 m/s corroborando com a alta incidência de ventos NE.

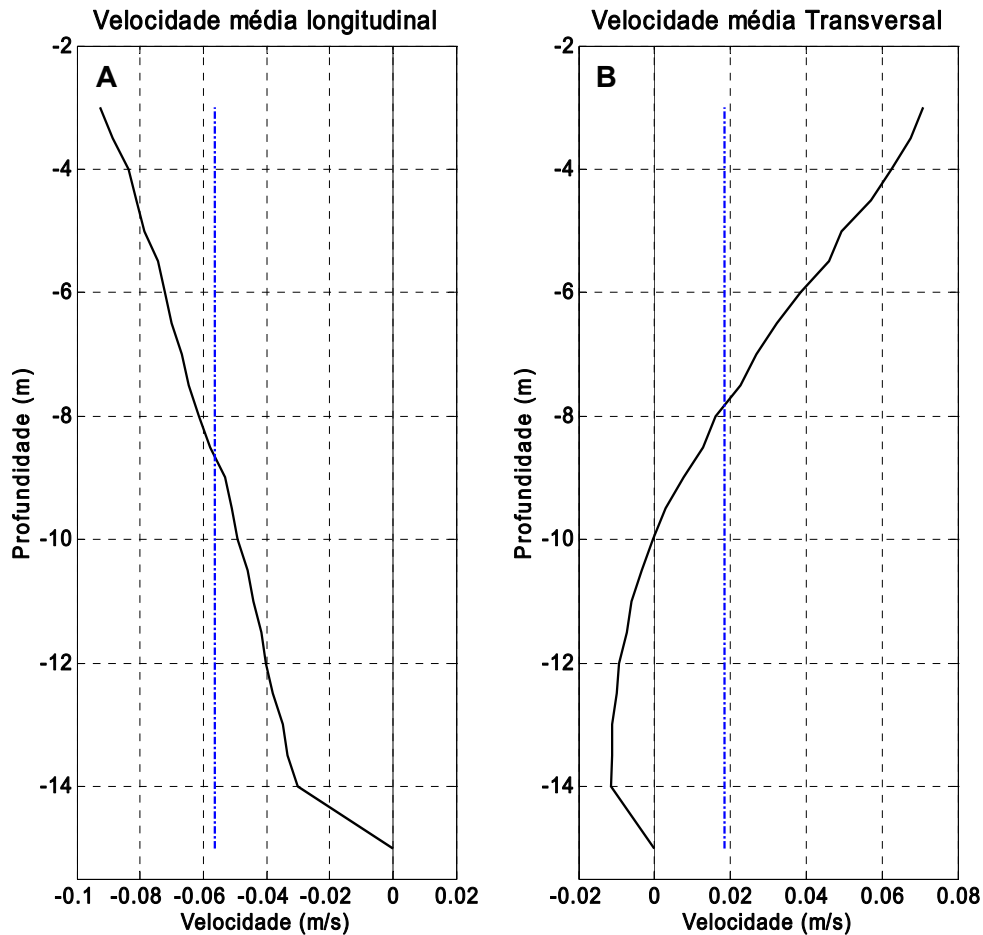


Figura 15 - Perfis médios verticais das componentes longitudinais (esquerda - A) e transversais da corrente (direita - B).

Para proporcionar uma visão mais ampla da variabilidade de baixa frequência, foram confeccionados diagramas vetor posição progressivo da corrente, abrangendo o período completo do fundeio em seis níveis de profundidade (Figura 16 – A à F), de modo que cada mês é representado por uma cor, e os eixos (X e Y) correspondem a posição em (Km) referentes ao ponto de início da série (zero). Deve se ressaltar que os vetores progressivos não refletem diretamente a trajetória das partículas no meio, e sim dão uma idéia do deslocamento médio das massas água ao longo do tempo.

Através das figuras 14 A e 14 B verifica-se que nas camadas superficiais as velocidades são primordialmente dirigidas para o sul, provocando um afastamento das águas superficiais a um ângulo de aproximadamente 37° . Nota-se, também, que aos 3m de profundidade o deslocamento estimado é máximo (aproximadamente 1200 km nesta direção) e verifica-se ainda um maior deslocamento (maiores velocidades) nos meses de dezembro e fevereiro se comparado aos outros meses do fundeio. À medida que a profundidade aumenta o deslocamento diminui e os vetores são defletidos em sentido horário. Próximo dos 10 m (Figura 16 - D) os vetores estão praticamente alinhados com a linha de costa (representada pela linha tracejada). Dessa maneira a partir dessa profundidade, e devido o giro horário que se segue desde a superfície até o fundo, o fluxo passa a se tornar cada vez mais perpendicular à linha de costa (figuras 14 E e 14 F). Assim, podemos inferir que a corrente para o sul sofre uma deflexão no sentido horário de aproximadamente 50° da superfície até o fundo, induzindo uma estratificação vertical na componente longitudinal da corrente.

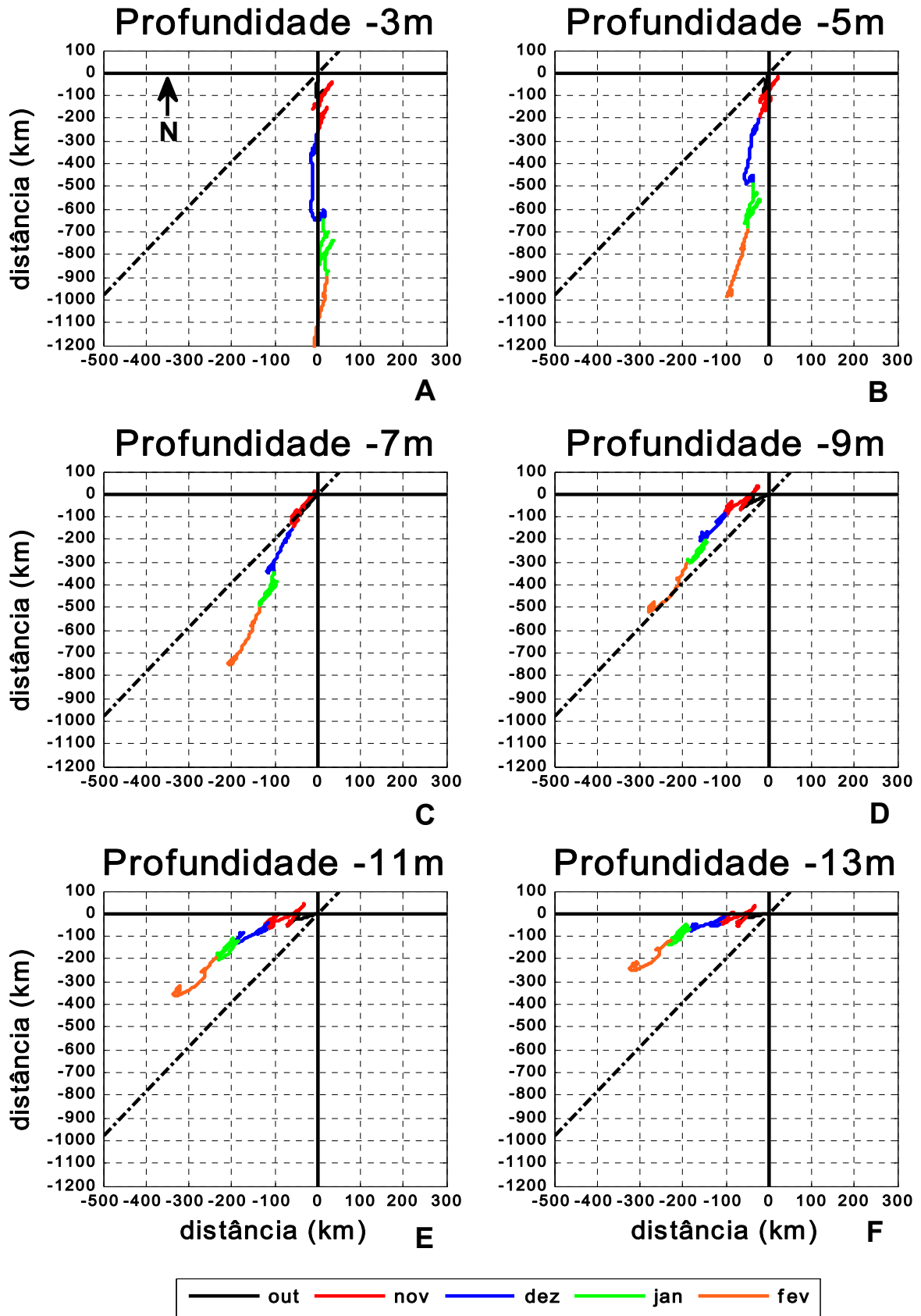


Figura 16 - Vetores progressivo da corrente para os 5 meses do fundeio, para seis níveis de profundidade. A linha tracejada representa a inclinação da linha de costa

5.1.2 Alta frequência

A fim de melhorarmos a resolução das variabilidades em alta frequência, foram geradas duas novas séries extraídas da série completa através de um filtro de passa-altas com frequência de corte de 40 horas. A série resultante da aplicação desse filtro, onde temos os termos associados a maré, brisa e movimentos inerciais pode ser observada na Figura 17.

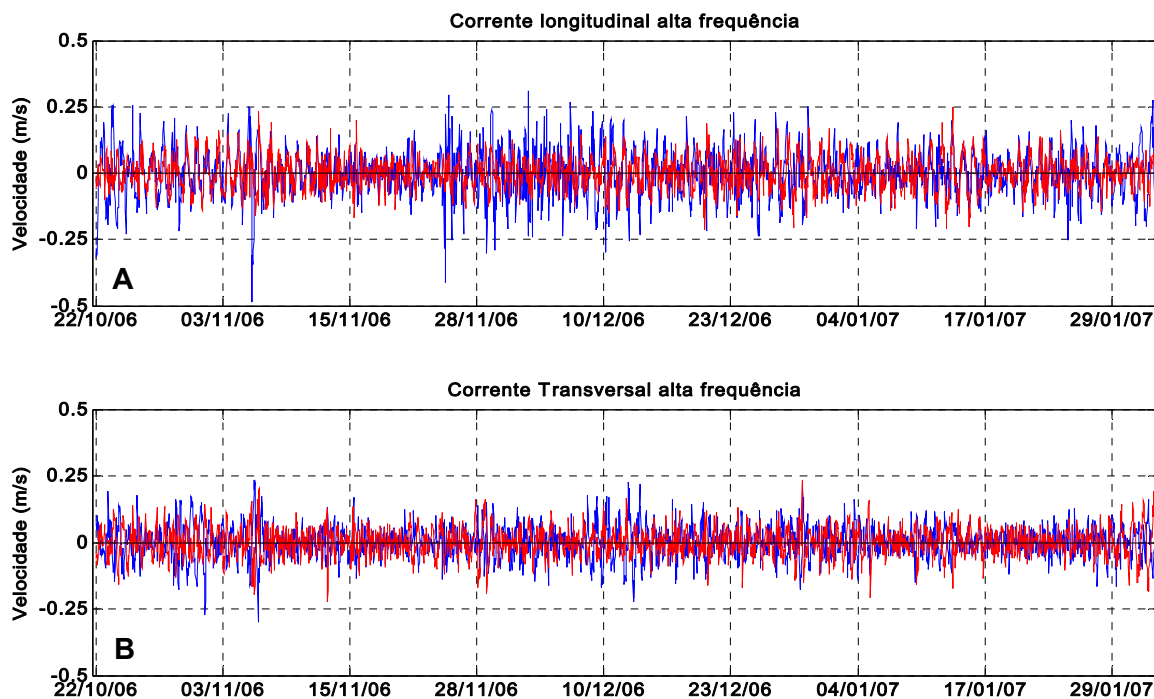


Figura 17 - Velocidade da corrente em alta frequência ($t < 40$ h), média a 3 m (azul) e a 14 m (vermelho). (A), componente longitudinal e (B), componente transversal.

A partir dessas séries, foram feitas novas estimativas de densidade espectral. Na **CLC** (Figura 18), temos cinco picos bem distintos. O mais significativo possui período de 25,78 horas, o que corresponde a um período muito próximo ao da componente O_1 da maré ($T=25,81$ horas). O segundo mais significativo possui período de 23,75 horas, muito próximo ao da componente K_1 , $T=23,93$. Isto confirma que, em alta frequência, a variabilidade com período diurno é a mais energética.

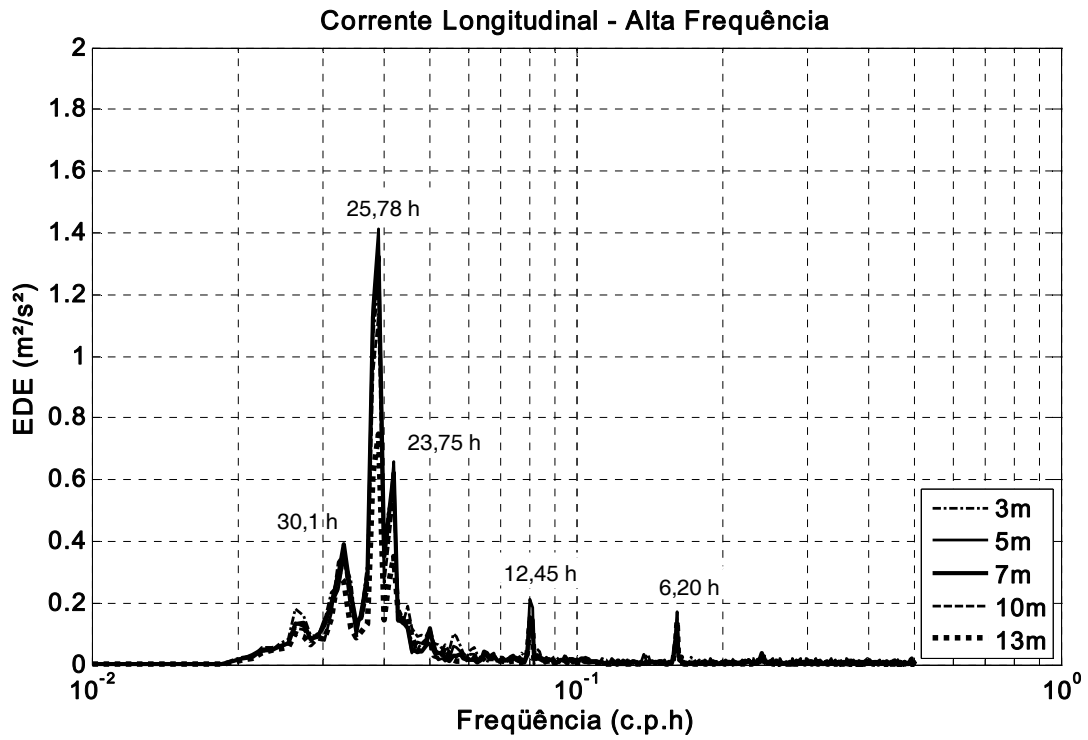


Figura 18 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente longitudinal da corrente, superfície ao fundo.

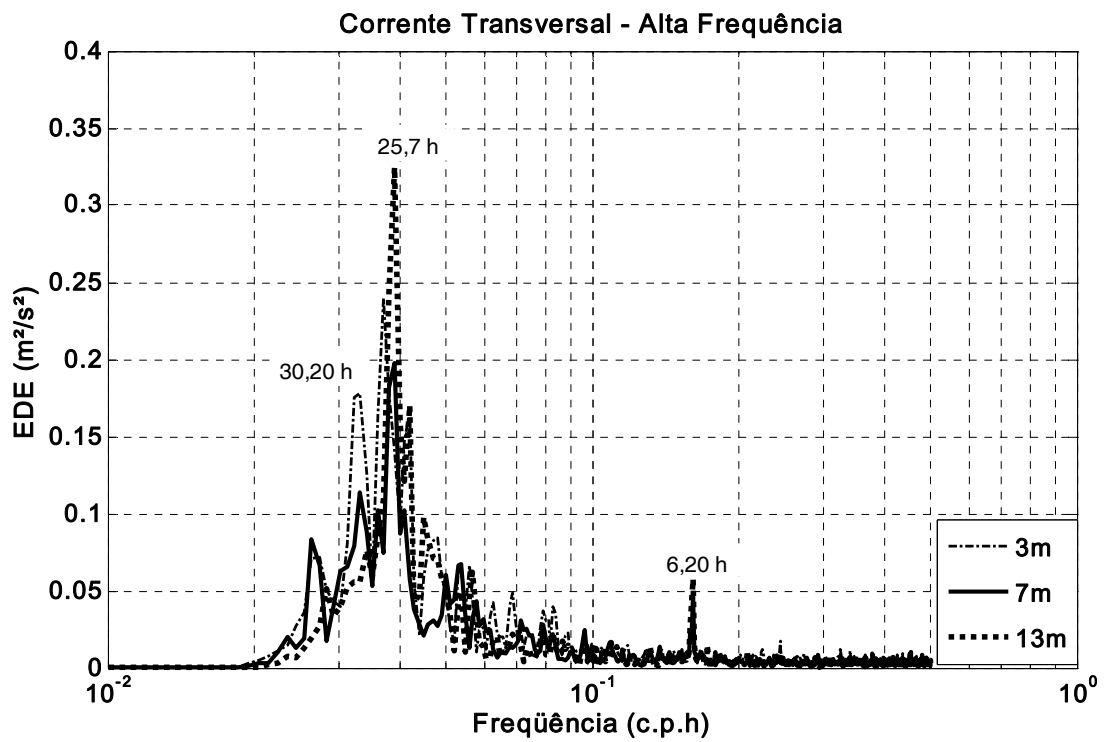


Figura 19 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente transversal da corrente, superfície ao fundo.

No período semi e quarto diurno, temos dois picos visíveis, com 12,45 horas e 6,20 horas estando estes bem relacionados com as marés M_2 e M_4 , ($T = 12,42$ e $6,21$ horas) respectivamente.

Um quinto pico com período de 30,1 horas também se faz presente, sendo este um possível resíduo das bandas de baixa frequência (submareal).

Na **CTC** (Figura 19), apenas dois picos com período de maré são visíveis, o mais energético, igualmente ao observado na **CLC**, é um pico de período diurno centrado em 25,7 horas, e o segundo centrado em 6,20 horas. Os picos de período semi-diurno, não são visíveis, tal como os observados na componente longitudinal.

Para avaliar com mais precisão a contribuição de cada harmônico de maré para a circulação fez-se necessária a aplicação do método de análise harmônica,

De acordo com os valores apresentados na Tabela 5, o harmônico de maior amplitude é a componente diurna O_1 , com período de 25,81 horas. Ainda no período diurno encontramos a componente K_1 (23,93 h), porém com menor amplitude

No período semi-diurno da maré temos como principais constituintes os harmônicos M_2 e o S_2 . Entre eles o M_2 tem maior significância na componente longitudinal, e na transversal estes possuem praticamente a mesma amplitude (0,5 à 0.7 cm).

No período quarto-diurno, o harmônico M_4 , é o mais importante em termos de amplitude, chamando atenção o fato de esse harmônico possuir maior energia que as componentes semi-diurnas, principalmente na **CTC**.

Com relação ao fator de forma F (Defant, 1961) que define o tipo de maré, observa-se que esta é predominantemente diurna, já que $F > 3,0$ em todos os níveis observados, onde:

$$F = \frac{(O_1 + K_1)}{M_2 + K_2}$$

Tabela 5 - Amplitude e fase dos harmônicos de maré mais significativos, com 95% de confiabilidade.

		Longitudinal		Transversal	
	Maré / T (h)	Amplitude	Fase	Amplitude	Fase
13 metros	O ₁ / 25.81 h	3.28	100.49	1.77	249.93
	K ₁ / 23.93 h	2.03	317.26	1.23	287.87
	M ₂ / 12.42 h	1.72	22.62	**	**
	M ₄ / 6.21 h	1.76	319.15	1.00	2.19
7 metros	O ₁ / 25.81 h	4.35	113.92	1.10	275.66
	K ₁ / 23.93 h	3.34	290.12		
	M ₂ / 12.42 h	2.02	37.06	**	**
	M ₄ / 6.21 h	1.83	327.04	1.19	359.89
3 metros	O ₁ / 25.81 h	4.05	114.66	1.10	268.73
	K ₁ / 23.93 h	3.00	248.80	1.63	82.00
	M ₂ / 12.42 h	1.69	46.72		
	M ₄ / 6.21 h	1.97	333.32		

5.2 Fundeio II - Carpinteiro (02/08/2008 – 14/11/2008)

Este fundeio cobre um período de inverno e primavera. Para uma visualização preliminar dos dados de corrente do fundeio localizado nas proximidades do Parcel do Carpinteiro (**PaC**), e dos dados de vento referentes a esse período, são apresentadas primeiramente as séries temporais originais (sem filtro) dos vetores direção e intensidade do vento (Figura 20), da (**CLC**) componente longitudinal da corrente, paralela à costa, e da (**CTC**) componente transversal da corrente (Figura 21), em superfície (3 m) e no fundo (22 m).

Segue-se aqui o mesmo procedimento de se verificar o tempo de resposta entre ventos e correntes, com dados obtidos a partir de medições feitas através da estação meteorológica da Praticagem de Rio Grande. Utilizou-se novamente apenas a componente longitudinal do vento (**CLV**) uma vez que a maior variabilidade do vento está associada a esta direção NE-SO (Möller *et al.*, 2001)

Na Figura 20, observa-se claramente que no início da série, mais precisamente entre os meses de agosto e setembro há a passagem de 11 sistemas frontais (ventos de Sul), caracterizando a estação de inverno. Após este período nota-se uma significativa diminuição da frequência destes sistemas. Na medida em que se aproxima do fim da série, há períodos com maior incidência de vento do quadrante Norte-NE (valores negativos), caracterizando situações de primavera.

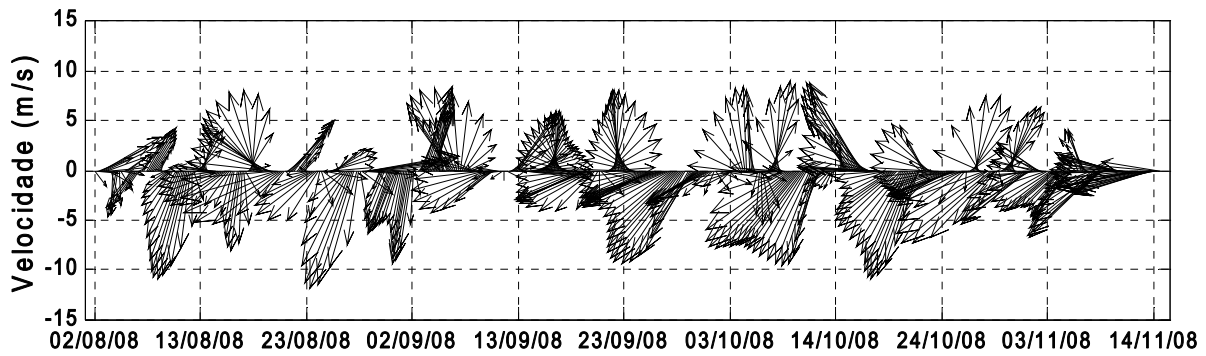


Figura 20 - Componente Longitudinal do vento (paralela a linha de costa). Valores positivos indicam ventos procedentes de Sul (SO), e negativos de Norte (NE).

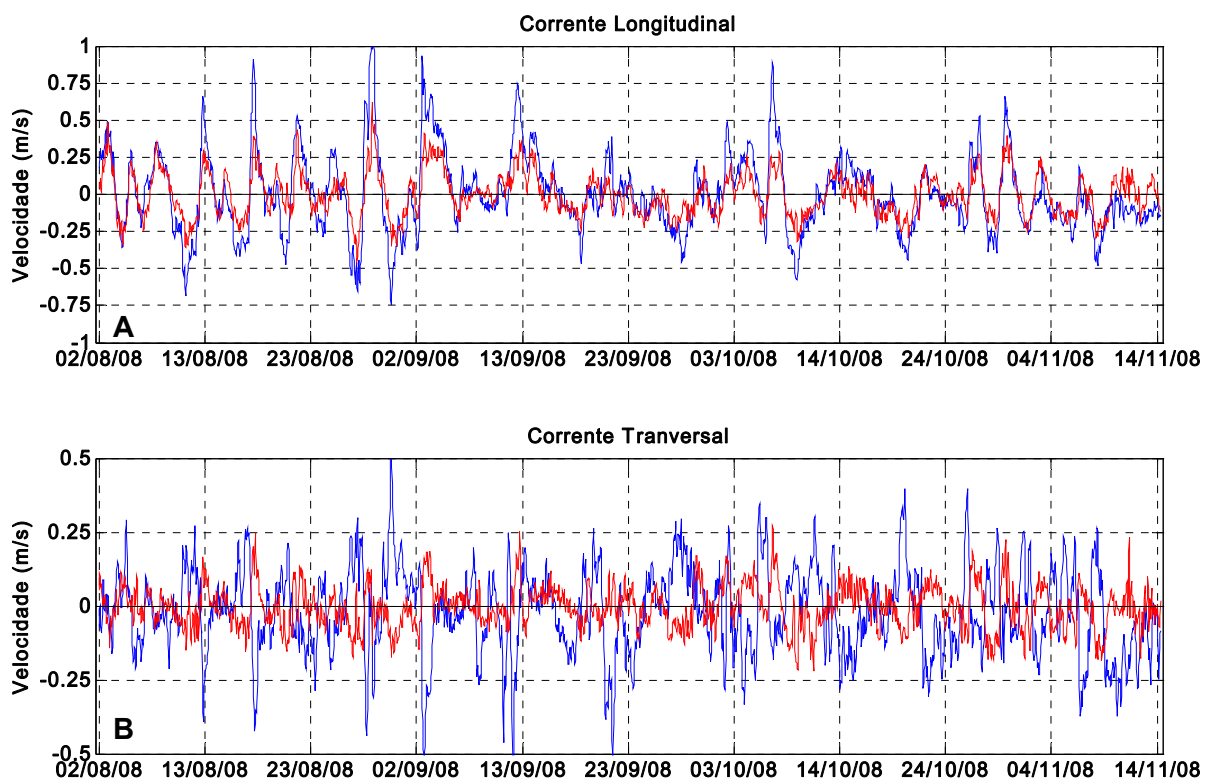


Figura 21 – (A), componente longitudinal (paralela à costa) da corrente medida a 3 m (azul) e a 22 m (vermelho). (B), componente transversal (perpendicular à costa) da corrente. Valores negativos indicam fluxos para o norte (NE), positivos Fluxos para o sul (SO).

Através da Figura 21-A observa-se que na **CLC** as maiores velocidades são da ordem de 1,00 m/s, variando de valores positivos (correntes para o Norte) a valores negativos (correntes para o Sul) numa escala de tempo de poucos dias. Os fluxos para o Norte (NE) dominam a primeira metade da série, e apresentam maiores valores que os fluxos para o Sul, E estes são possivelmente devidos a passagens de sistemas

frontais (frente fria), com alta frequência de ocorrência neste período (inverno) (Braga & Krusche, 2000). Na segunda metade da série, com a aproximação da estação da primavera e menor incidência de frentes frias, há uma redução dos fluxos na direção NE. Observa-se também que as velocidades são mais intensas na superfície do que no fundo.

Para a **CTC** (Figura 21 - B), as velocidades são significativamente menores que em relação à **CLC**, com valores máximos de 0.5m/s na superfície. No entanto para esta componente, diferente do apresentado anteriormente, nota-se uma estratificação vertical, ora com valores positivos na superfície (corrente para Leste) e negativos no fundo (corrente para Oeste), ora o inverso. Observa-se também que as velocidades são mais intensas na superfície do que no fundo.

Através das estimativas de densidade espectral do vento (figura 22), da **CTC** (Figura 23) e da **CLC** (Figura 24), observamos que há uma alta concentração de energia nas bandas de baixa frequência, com os picos de energia concentrados a partir de 3,6 dias, tanto para o vento como para corrente.

Na Figura 22 (densidade espectral do vento), na componente longitudinal temos dois picos bem distintos, o pico de maior energia se concentra na faixa de 10,7 a 8,4 dias e um segundo pico de menor amplitude entre 4,3 a 3,6 dias. Na componente transversal à linha de costa observa-se que o pico de maior energia possui maior período que o observado na **CLV**, entre 20 a 16 dias (importante ressaltar a diferença de escala entre as componentes). Verifica-se ainda que para esta componente a energia decresce ao passo que aumenta a frequência, surgindo novamente um pico de menor amplitude centrado na banda de 24 horas.

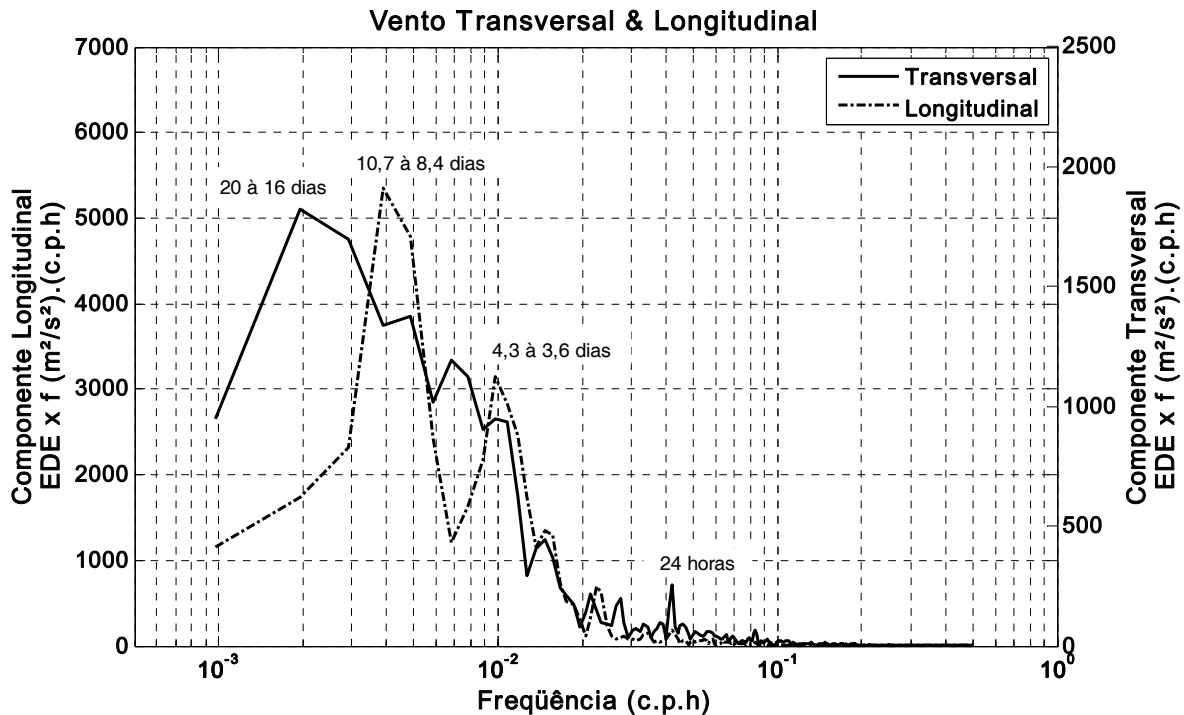


Figura 22 – Estimativa de densidade espectral das componentes longitudinais e transversais do vento, sem filtro.

A estimativa de densidade espectral calculada para a CTC (Figura 23) tem grande parte de sua energia distribuída entre 4 a 11 dias com dois picos proeminentes em 10,5 e 4,7 dias. A partir deste período a energia decresce expressivamente. Apesar disso é verificada a presença de alguns picos menos energéticos centrados em 2,7 dias, 43,3 e 25,6 horas. Todos esses picos são bem mais nítidos próximos a superfície, uma vez que nas camadas mais profundas a energia calculada é relativamente menor. No entanto, um pico de 6 horas é visível próximo ao fundo, com maior energia concentrada entre os fluxos de 10 a 20 metros. Nota-se que na estimativa de densidade espectral da corrente a 10 metros o pico de 6 horas possui praticamente a mesma amplitude dos picos de menor frequência.

No caso da componente longitudinal (Figura 24), observa-se primeiramente que os picos são significativamente mais energéticos que na componente transversal, ocupando, as mesmas bandas de frequência, de 11 a 3,3 dias, observadas nos

espectros apresentados anteriormente. Isto corrobora os períodos encontrados tanto para o vento longitudinal como para a corrente transversal. Ainda para esta componente é importante ressaltar que até aproximadamente a profundidade de 10 metros a estimativa de energia é muito semelhante à encontrada na superfície

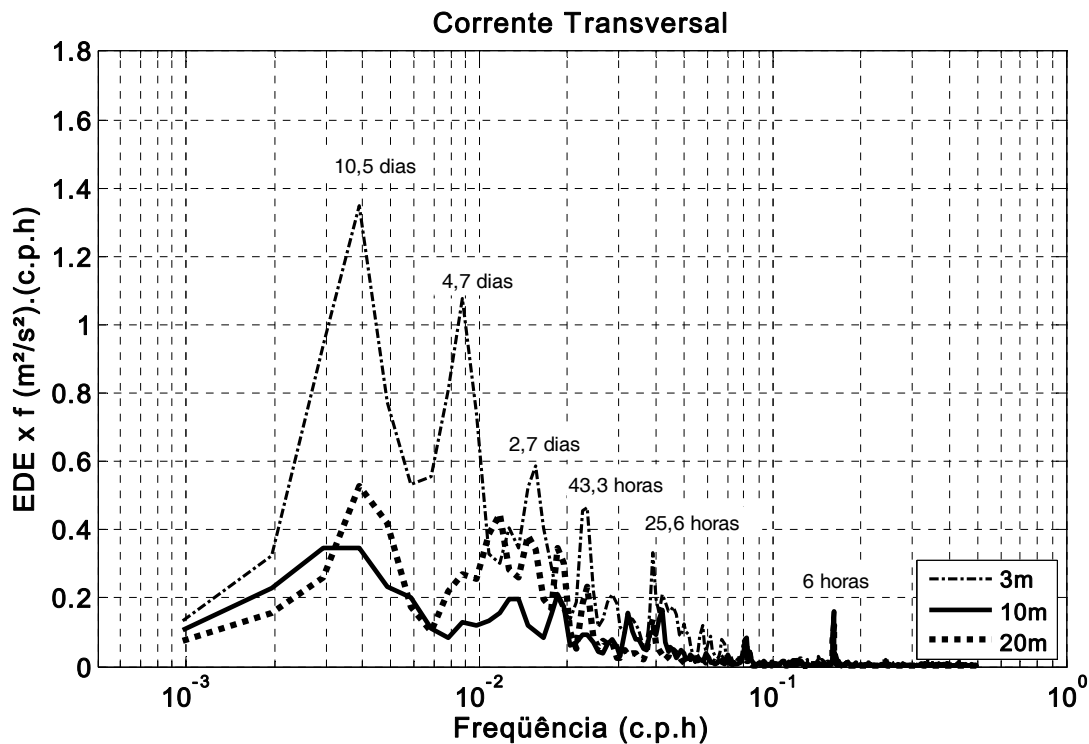


Figura 23 - Estimativa de densidade espectral da componente transversal da corrente. Medida a 3, 10 e 20 metros (séries sem filtro).

Através de uma análise comparativa entre as três estimativas de densidade espectral apresentadas, torna-se possível separar dois padrões distintos de distribuição de energia de baixa frequência (escala sinótica). O primeiro, com um período entre 11 a 8 dias, que possui maior concentração de energia, e possivelmente está relacionado à passagem de sistemas frontais de maior magnitude e período (maior intensidade de vento e duração). O segundo possui período entre 5 a 3 dias, que está associado a variações no campo de vento de maior frequência.

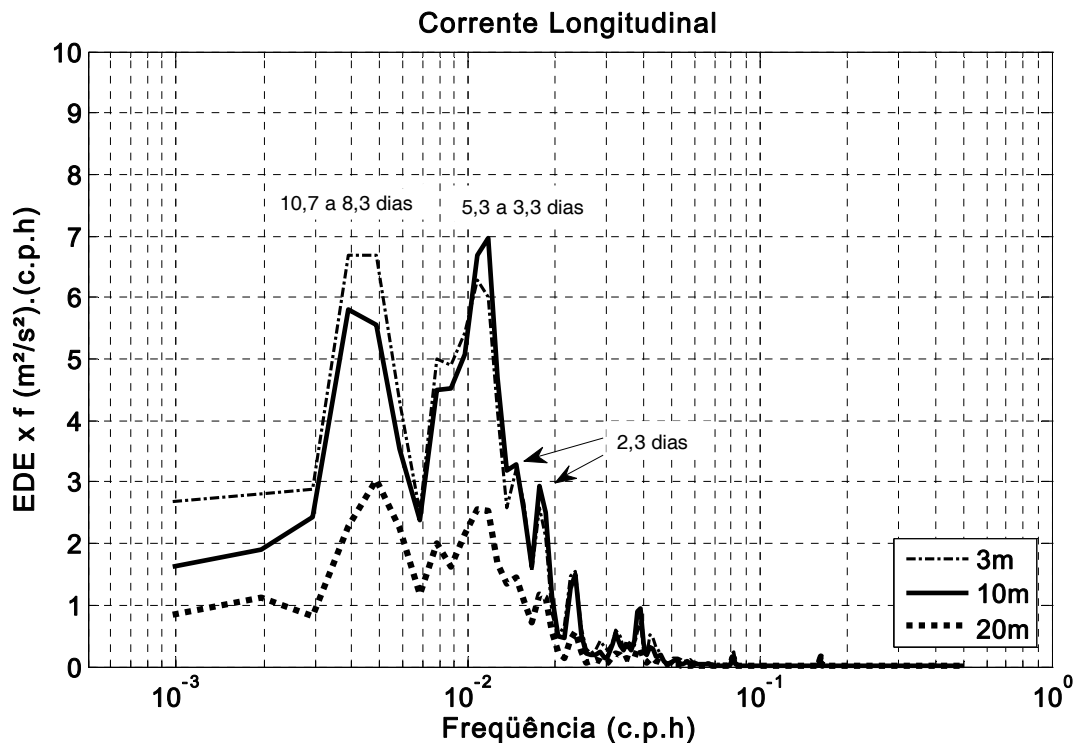


Figura 24 - Estimativa de densidade espectral da componente longitudinal da corrente. Medida a 3, 10 e 20 metros (séries sem filtro).

De mesmo modo que fora feito anteriormente para o primeiro fundeio, foi calculada a variância das séries em alta e baixa frequência, com intuito de avaliar a porcentagem que cada uma delas representa para a variância total. Neste caso foram calculadas as variâncias das séries em três níveis (2-5 metros, 5-10 m e 10-20 m) para as duas componentes **CLC** e **CTC**. De mesmo modo após a aplicação do filtro de 40hrs, foram recalculadas as variâncias.

As baixas frequências ($T > 40\text{hrs}$) são responsáveis por mais de 84% da variância total na componente longitudinal em todas as profundidades (Tabela 6). Ou seja, as oscilações dentro das frequências de maré são responsáveis por menos de 16% das variações totais. Em contrapartida na **CTC** (Tabela 7), as frequências de maré explicam quase 50% da variância total na superfície e próximo ao fundo, e praticamente 60% das variações dos 5 metros aos 10 metros de profundidade, demonstrando que essa banda de frequência ganha importância na componente transversal a linha de costa.

Após separar as componentes barotrópicas e baroclínicas das altas e das baixas freqüências (Tabela 8), nota-se que a **CLC** é essencialmente barotrópica, tanto em alta como em baixa freqüência, no entanto um sinal baroclínico um pouco mais acentuado é observado em baixa freqüência (36% da variação total).

Na componente transversal a linha de costa **CTC** (Tabela 8). Ao contrário do encontrado na **CLC**, a corrente é fundamentalmente baroclínica, tanto em baixa como em alta freqüência, uma vez que 70% da variância da corrente neste eixo possuem características baroclínicas. Ainda através da Tabela 8 nota-se que os modos baroclínicos tanto da componente transversal como da longitudinal possuem energias (variabilidade) muito semelhantes em alta e baixa freqüência, sendo que 50% da energia está distribuída entre alta e baixa freqüência nesta componente.

Tabela 6 - Comparação entre as variâncias da componente longitudinal original e filtrada em 40 horas (passa baixa).

Profundidade	Variância total série original	Variância série filtrada 40hrs	% da variância total
20 – 10 metros	0.0435	0.0369	84.82%
10 – 5 metros	0.0715	0.0602	84.20%
5 – 2 metros	0.0723	0.0607	83.95%

Tabela 7 - Comparação entre as variâncias da componente Transversal original e filtrada em 40 horas (passa baixa).

Profundidade	Variância total série original	Variância série filtrada 40hrs	% da variância total
20 – 10 metros	0.0068	0.0036	52,94%
10 – 5 metros	0.0098	0.0039	39,80%
5 – 2 metros	0.0166	0.0089	53,61%

Tabela 8 - Comparação entre as variâncias (energias) dos modos baroclínicos e barotrópicos em alta e baixa frequência, nas componentes transversais e longitudinais.

	Baixa frequência T>40hrs				Alta frequência T<40hrs			
	Baroclínica		Barotrópica		Baroclínica		Barotrópica	
Corrente Longitudinal	0.0035	7.37%	0.043	92.63%	0.0026	36%	0.0046	64%
Corrente Transversal	0.0034	72%	0.0013	28%	0.003	70%	0.0013	30%

5.2.1 Baixa frequência

A análise dos dados com remoção das oscilações de alta frequência é feita através das séries apresentadas na Figura 25.

Nesta figura é visível a correlação existente entre o vento longitudinal (Figura 25 - A) e as componentes longitudinais (Figura 25 - B). Para facilitar esta visualização são mostradas somente as correntes registradas para dois níveis: 3 m (azul) e 22 m (vermelho). Valores positivos nas componentes longitudinais de ventos e correntes indicam fluxos para o Norte (NE). Para a componente transversal o sentido positivo é indicativo de fluxo para Este (SE). É importante ressaltar que há uma diferença nas escalas das velocidades das componentes longitudinal e transversal.

Com uma pequena defasagem, a corrente longitudinal, da superfície ao fundo, responde ao vento, a **CLC** é fortemente barotrópica e a componente baroclínica deve ser avaliada ao longo de uma análise mais detalhada.

Já em relação à **CTC** (Figura 25 - C) observa-se que na maior parte do período, os valores de corrente a 3 m e a 22 m se encontram em oposição de fase. Por exemplo, em um dado momento em que a **CLC** e a **CLV**, possuem direção de propagação para Norte (valores positivos), representando a passagem de uma frente

meteorológica (ventos SO), verifica-se que há transporte de água em direção a linha de costa (Oeste) na superfície, valores negativos.

Conforme previsto pela teoria de Ekman para costa Oeste dos oceanos no hemisfério sul. Uma vez que este deslocamento das águas força uma elevação de nível na costa e um fluxo de compensação que é dirigido para mar aberto nas camadas de fundo. Assim, valores positivos de intensidade do vento (Sul - SO), correspondem em superfície a valores negativos (Oeste) e, no fundo a valores negativos para (Leste).

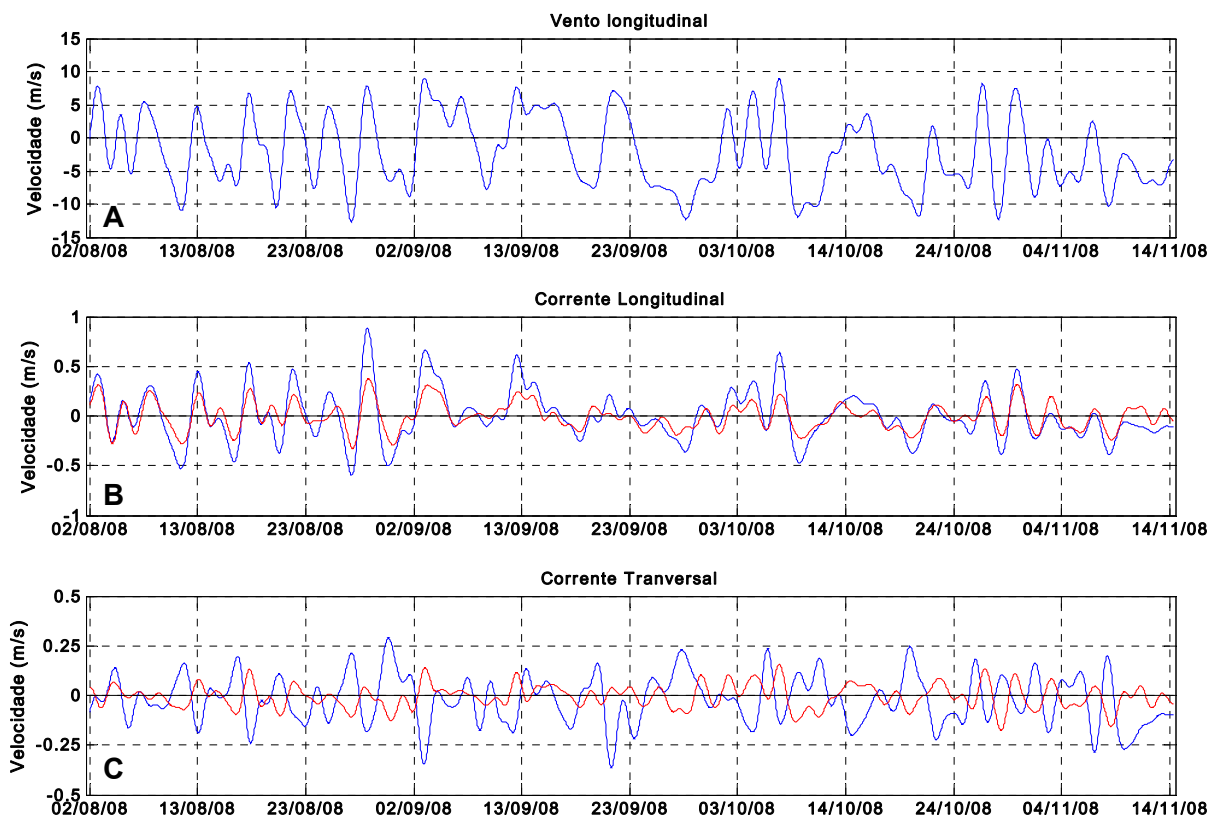


Figura 25 – (A) Série temporal filtradas da componente longitudinal do vento e das componentes longitudinais (B) e transversais (C) da corrente. Valores positivos indicam fluxos para Norte (componente longitudinal) e para leste (transversal).

A análise de correlação entre a componente longitudinal do vento e as das correntes indicou um alto coeficiente de correlação entre a **CLC** e a **CLV**, com valores de 0,74 na superfície (Figura 26 - A) e 0,65 próximo ao fundo. Observa-se também que para a corrente na superficial há um atraso de fase de 2 horas com o vento e próximo ao fundo de até 5 horas. A componente longitudinal apresenta uma relação direta à ação do vento, principalmente sobre as correntes superficiais. Nas camadas mais profundas verifica-se uma redução dessa relação, sendo que os menores valores de correlação se encontram próximo aos dez metros. Nessa profundidade as correntes são menos suscetível às oscilações da direção e intensidade do vento.

Os cálculos mostraram que entre a corrente (**CTC**) e o vento (**CLV**), temos uma correlação negativa na superfície de -0,49 (Figura 26 - B) e uma correlação positiva no fundo 0,655 (Figura 26 - B). O que significa dizer que valores positivos na intensidade do vento (vento SO) forçam uma corrente no sentido Leste-Oeste (direção a costa) na superfície, e no sentido Oeste-Leste no fundo (ao largo). No entanto, no centro da coluna da água não se observa correlação significativa entre o vento e a **CTC**.

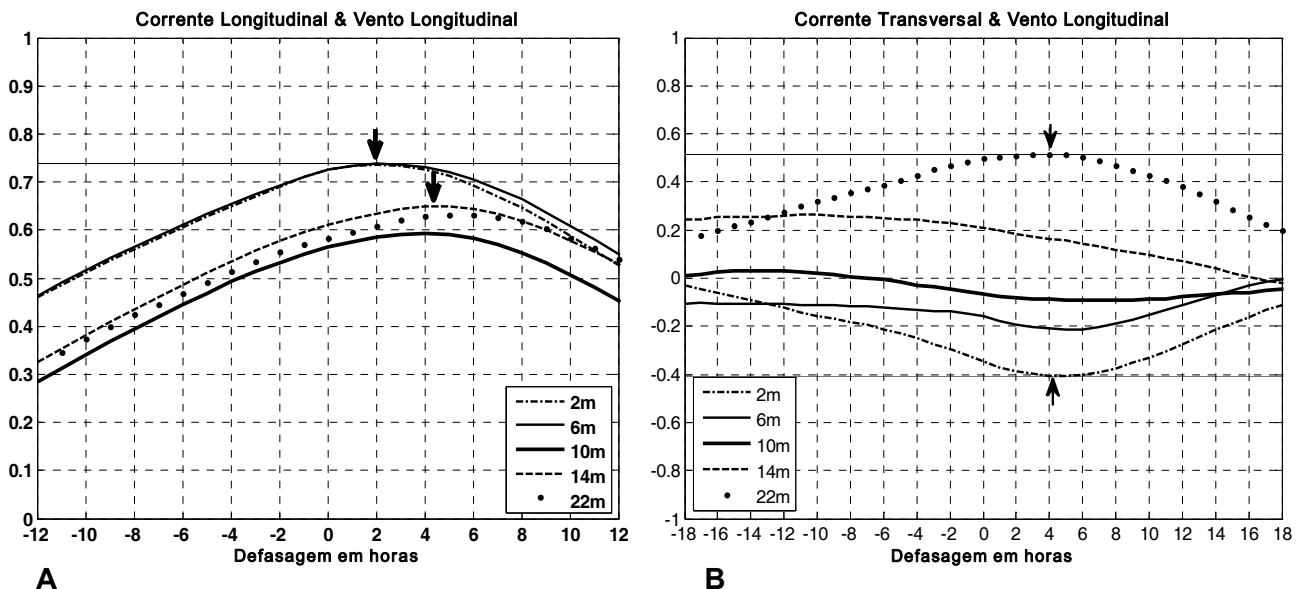


Figura 26 - Correlação entre a componente longitudinal do vento; esquerda (A) - componente longitudinal da corrente; direita (B) – componente transversal da corrente. As setas indicam o ponto de maior correlação

O perfil médio das correntes registradas para todo o período deste fundeio, nos mostra na **CLC** (Figura 27, A) uma situação onde há um fluxo residual para NE com velocidade média de 0.01 m/s. As maiores velocidades se encontram no centro da coluna da água, com máximos de 0.06 m/s. Na superfície os valores são negativos e fracamente positivos próximo ao fundo. Na **CTC** (Figura 27 – B), observa-se o mesmo padrão observado para a outra componente, com as maiores velocidades no centro do perfil, dirigidas para Oeste. Em superfície e próximo ao fundo a tendência é de fluxos para Leste. Esta estrutura complicada pode ser decorrente do fato de se fazer a média para todo um período que apresenta características sazonais diferenciadas em duas fases.

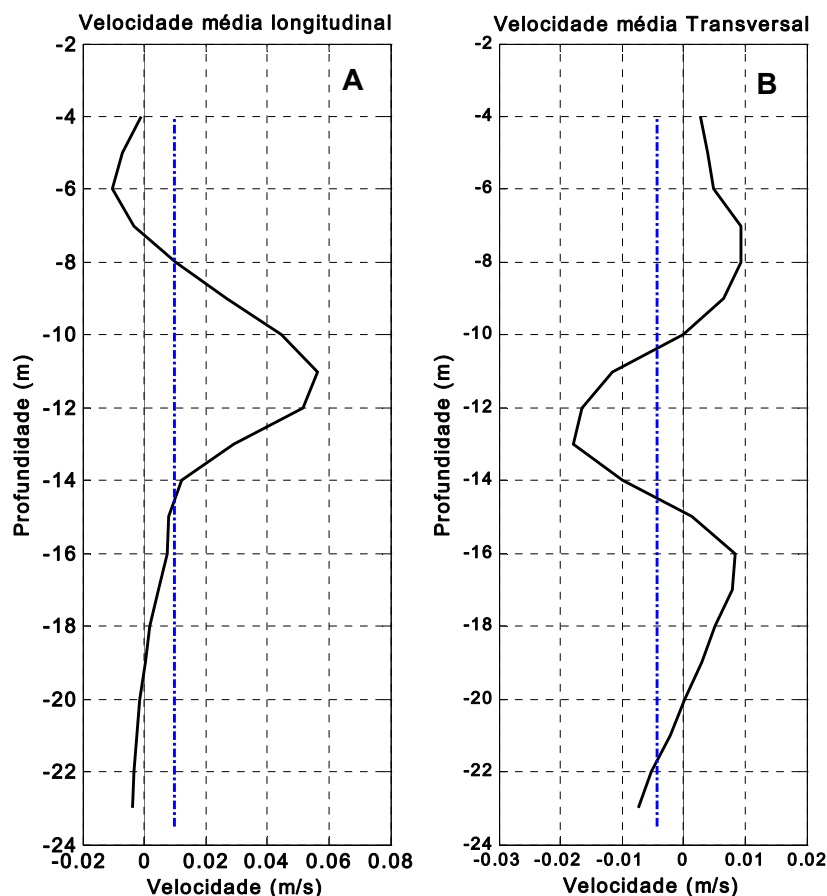


Figura 27 - Perfis médios verticais das componentes longitudinais (esquerda - A) e transversais da corrente (direita - B).

Através da Figura 28, podemos observar que no primeiro mês do fundeio (agosto) há uma alta variabilidade no sentido da corrente, de modo que os vetores calculados não se distanciam muito do ponto de origem. Este fato que pode ser confirmado através da Figura 25 A e B, onde são observadas 8 inversões na direção da componente longitudinal tanto do vento quanto da corrente. Estes eventos estão relacionados à passagem de frentes meteorológica. No período seguinte (setembro) os vetores tendem a se afastar do ponto de origem, deslocando-se na direção N-NE. No entanto, na superfície as velocidades possuem uma componente em direção à costa, gerando um fluxo superficial nesta direção. Na medida em que a profundidade aumenta, os vetores da corrente sofrem uma deflexão em sentido horário gerando neste caso um fluxo mar adentro. Observa-se que essa rotação ocorre apenas até aproximadamente 9m. Após essa profundidade, até o fundo, os vetores sofrem uma pequena deflexão anti-horária, e se tornam mais paralelos à linha de costa.

No mês de outubro e posteriormente novembro os deslocamentos (velocidades) na direção N-NE são novamente reduzidos, devido à presença dos ventos N-NE predominantes no início da primavera nesta região. Estes ventos voltam a forçar um deslocamento das águas para S-SO, com destaque para o final da série (novembro) onde devido a um forte vento de Leste, os vetores possuem uma forte componente para Oeste.

Outro ponto interessante deve-se ao fato da corrente entre 10 e 12 metros de profundidade (representados pela Figura 28 -D), possuir os maiores deslocamentos para NE, atingindo 500 km a partir do ponto de origem. Ou seja, a corrente nesta profundidade é aparentemente menos suscetível às oscilações da direção e intensidade do vento, confirmando as menores correlações encontradas entre o vento e a corrente nesta profundidade.

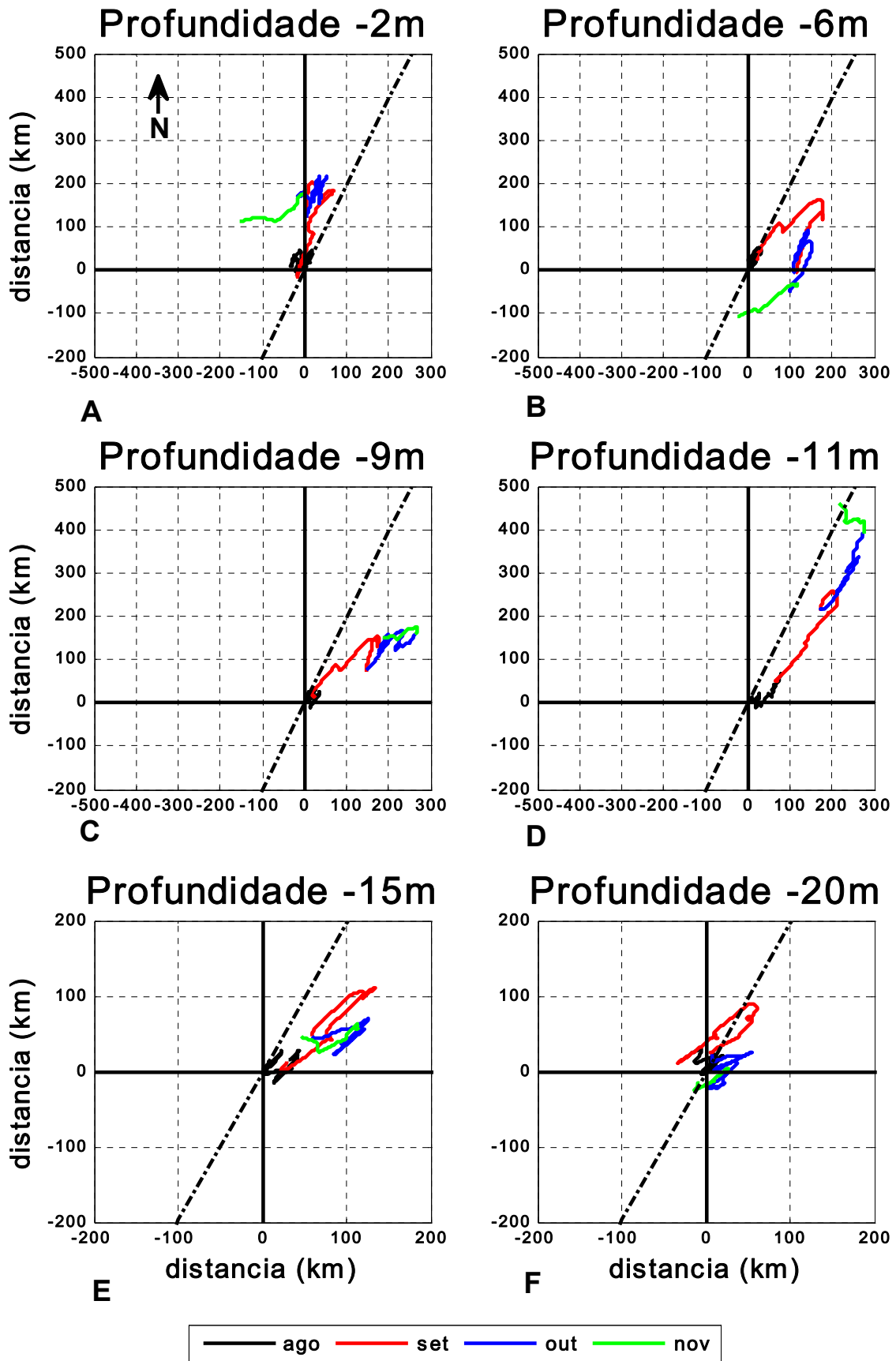


Figura 28 - Vetores progressivos da corrente para os 4 meses do fundeio, para seis níveis de profundidade. A linha tracejada representa a linha de costa.

5.2.2 Alta frequência

As séries da componente longitudinal e transversal da corrente, após a aplicação do filtro de passa-alta, a seguir analisadas, são apresentadas na (Figura 29).

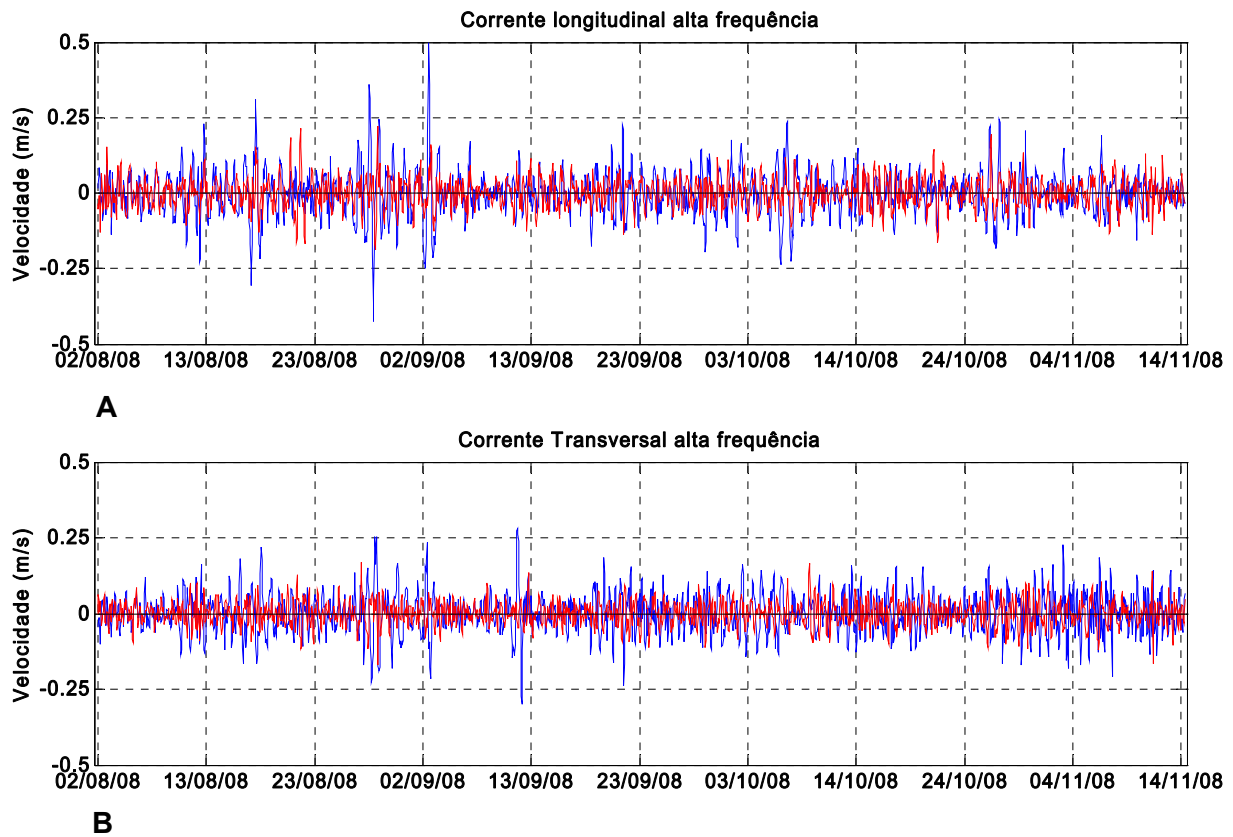


Figura 29- Velocidade da corrente em alta frequência ($t < 40$ h), média a 3 m (azul) e a 22 m (vermelho). Superior, componente longitudinal. Inferior, componente transversal.

Como demonstrado anteriormente (Tabela 6 e Tabela 7) a variabilidade de alta frequência é responsável por 15% e 50% da variância total das componentes longitudinais e transversais, respectivamente. Ou seja, ciclos com períodos menores que 40 horas possuem muito mais significância transversalmente à linha de costa. A análise espectral detalha melhor os picos nesta banda de períodos menor do que 40 h.

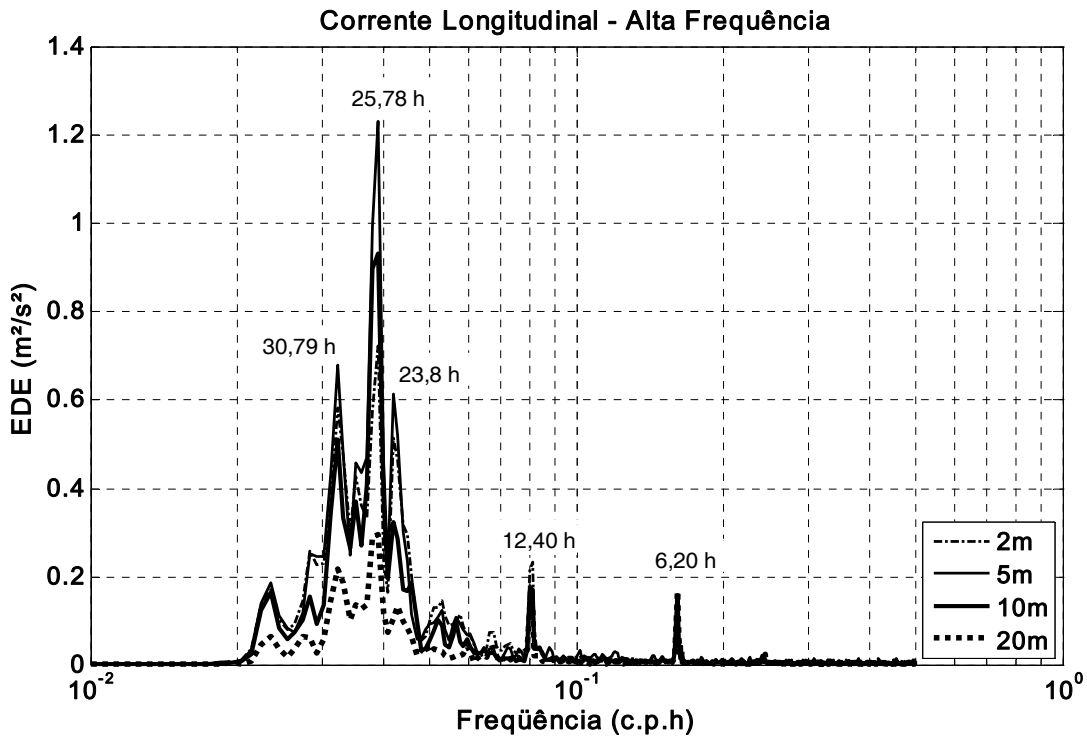


Figura 30 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente longitudinal da corrente, superfície ao fundo

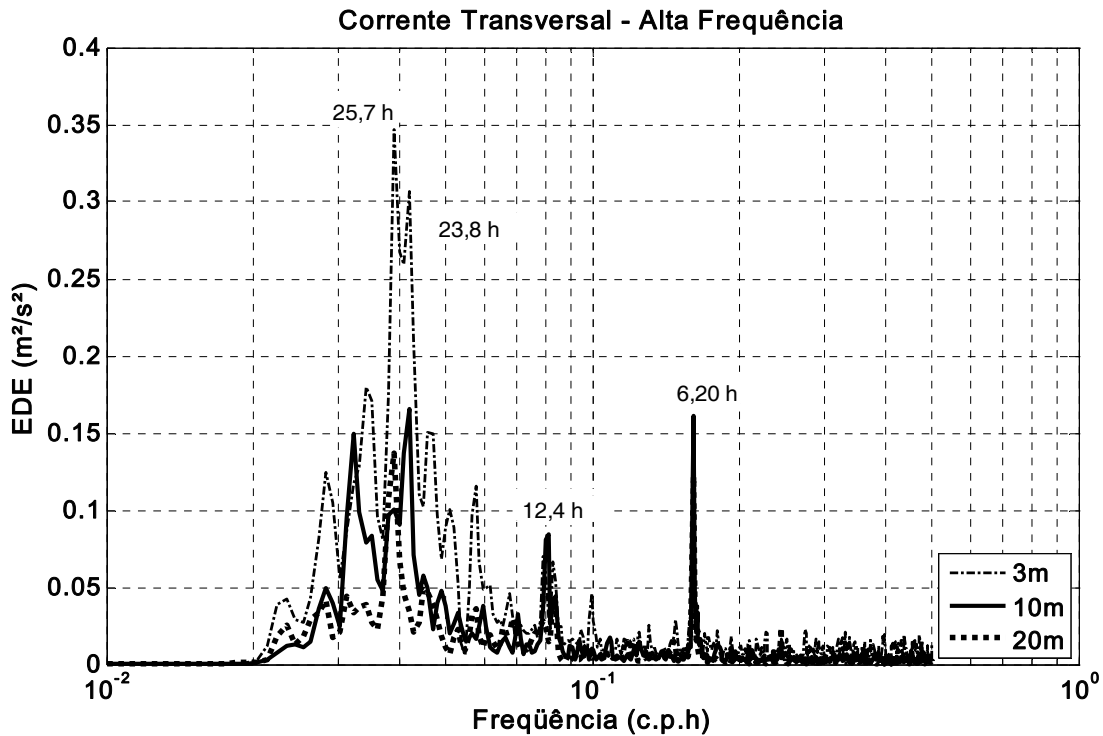


Figura 31 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente transversal da corrente, superfície ao fundo

Através da Figura 30 podemos verificar que na **CLC** os picos mais enérgicos estão localizados em 25,78 horas e 23,8 horas, freqüências próximas às freqüências de maré O_1 e K_1 . Observamos também a existência de mais dois picos de freqüências submareal, com períodos de 12,4 e 6,20 horas sendo estes menos enérgicos. E um pico de 30,8 horas que possivelmente está relacionado a variações atmosféricas .

Na componente transversal (Figura 31) o mesmo padrão de distribuição dos picos é observado, no entanto o pico centrado na freqüência de 6,2 horas chama a atenção por possuir maior energia que a componente semi-diurna ($T \cong 12$ horas). Estes resultados são confirmados através da análise harmônica apresentada na Tabela 9.

De acordo com os harmônicos calculados, o principal é o diurno O_1 , com período de 25,81 horas. Ainda no período diurno, contudo apenas próximo a superfície, encontramos a componente K_1 (23,93 h) de menor amplitude.

A componente quarto-diurna M_4 , é a segunda mais importante em termos de amplitude, corroborando com as estimativas de densidade espectral calculada. Ressaltando que na **CTC** esse harmônico ganha importância, possuindo maior amplitude de que os outros harmônicos próximo ao fundo.

No período semi-diurno as principais constituintes da maré são os harmônicos M_2 e S_2 , com a M_2 possuindo maior amplitude.

Com relação ao fator de forma F que define o tipo de maré, observa-se que esta é predominantemente (semi-diurna), já que $F < 2,0$ em todos os níveis observados.

Tabela 9 - Amplitude e fase dos harmônicos de maré mais significativos, com 95% de confiabilidade

		Longitudinal		Transversal	
Profundidade (m)	Maré / T (h)	Amplitude	Fase	Amplitude	Fase
	20 metros	O ₁ / 25.81 h	1.95	117.20	1.40
M ₂ / 12.42 h		2.08	38.67		
M ₄ / 6.21 h		2.21	350.87	1.88	351.88
15 metros	O ₁ / 25.81 h	2.28	130.87	1.66	161.01
	M ₂ / 12.42 h	2.47	48.75		
	M ₄ / 6.21 h	2.41	357.86	1.64	3.70
10 metros	O ₁ / 25.81 h	3.26	144.13	1.00	159.48
	K ₁ / 23.93 h			1.43	277.57
	M ₂ / 12.42 h	2.17	54.48		
	M ₄ / 6.21 h	2.13	357.31	2.07	14.83
3 metros	O ₁ / 25.81 h	2.91	127.35	1.12	114.78
	K ₁ / 23.93 h			1.59	344.40
	M ₂ / 12.42 h	2.36	76.05		
	M ₄ / 6.21 h	1.59	12.62	1.37	3.45

5.3 Fundeio III – Carpinteiro (21/03/2009 – 27/06/2009)

Este fundeio cobre um período de outono. Seguindo a mesma metodologia aplicada aos dois primeiros fundeios, serão primeiramente apresentados os vetores indicando a direção e intensidade do vento (Figura 32), e na Figura 33 as séries temporais da (**CLC**) e, **CTC**, em superfície (3m) e fundo (19m)

Na Figura 32 nota-se a predominância do vento de NE (negativos) na primeira metade da série com máximos de velocidade na ordem de 10m/s e algumas inversões na direção devido a passagens de sistemas meteorológicos frontais. À medida que os vetores se aproximam do fim da série observa-se um aumento da frequência e da intensidade dos ventos de quadrante sul. Verifica-se também que os ventos NE são significativamente mais intensos que os ventos procedentes de outras direções.

Os valores máximos de velocidade da corrente são da ordem de 0,5 m/s na componente longitudinal (Figura 33 - A), os fluxos para (NE) dominam e apresentam maiores valores que os fluxos para o sul. Nota-se também que as velocidades são um pouco maiores na superfície que no fundo, principalmente no final da série. Na **CTC** (Figura 33 – B), novamente se verifica a existência da mesma oposição de fase entre a superfície e o fundo verificada nos outros dois cruzeiros, e novamente no fim da série se verifica um aumento das velocidades e do cisalhamento das correntes.

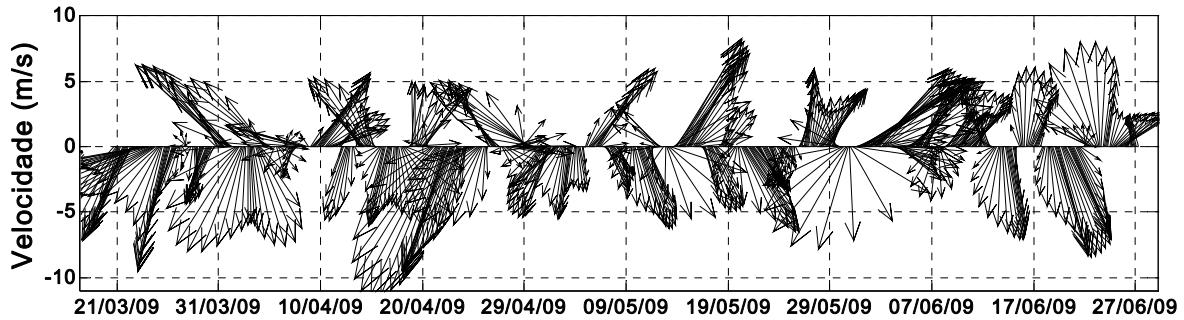


Figura 32 - Vetores direção e intensidade do vento, medidos na Estação de Práticos da Barra do Rio Grande.

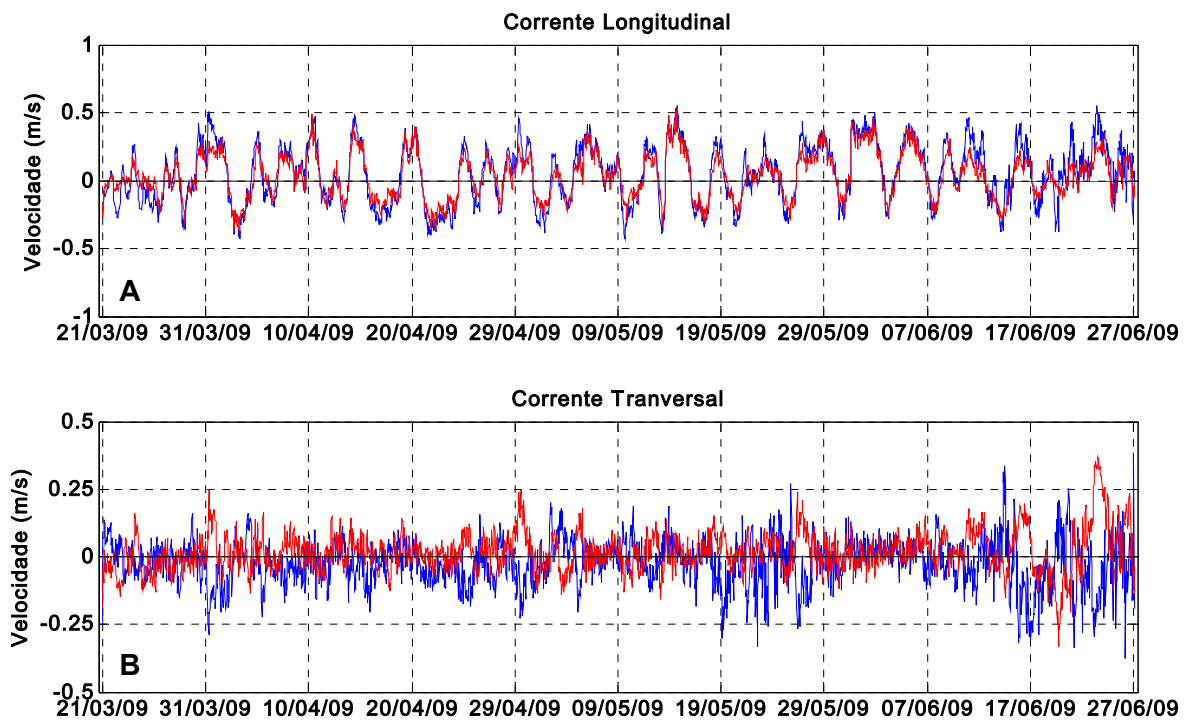


Figura 33 - (A), componente longitudinal (paralela à costa) da corrente medida a 3 m (azul) e a 22 m (vermelho). (B), componente transversal (perpendicular à costa) da corrente. Valores negativos indicam fluxos para o norte (NE), positivos Fluxos para o sul (SO).

As estimativas de densidade espectral calculadas para as **CLV**, **CTV**, (Figura 34), apontam que os picos mais energéticos possuem períodos de 5 e 8 dias. No entanto, o mais energético de todos (importante observar a diferença de escala entre as componentes) é centrado em 5 dias, relacionado à **CLV**. Um pico de baixa frequência (período = 24hrs) também se faz presente na **CTV**. Contudo deve-se salientar que no período deste fundeio as energias relacionadas ao vento são

notavelmente menores que as encontradas para os fundeios anteriormente apresentados.

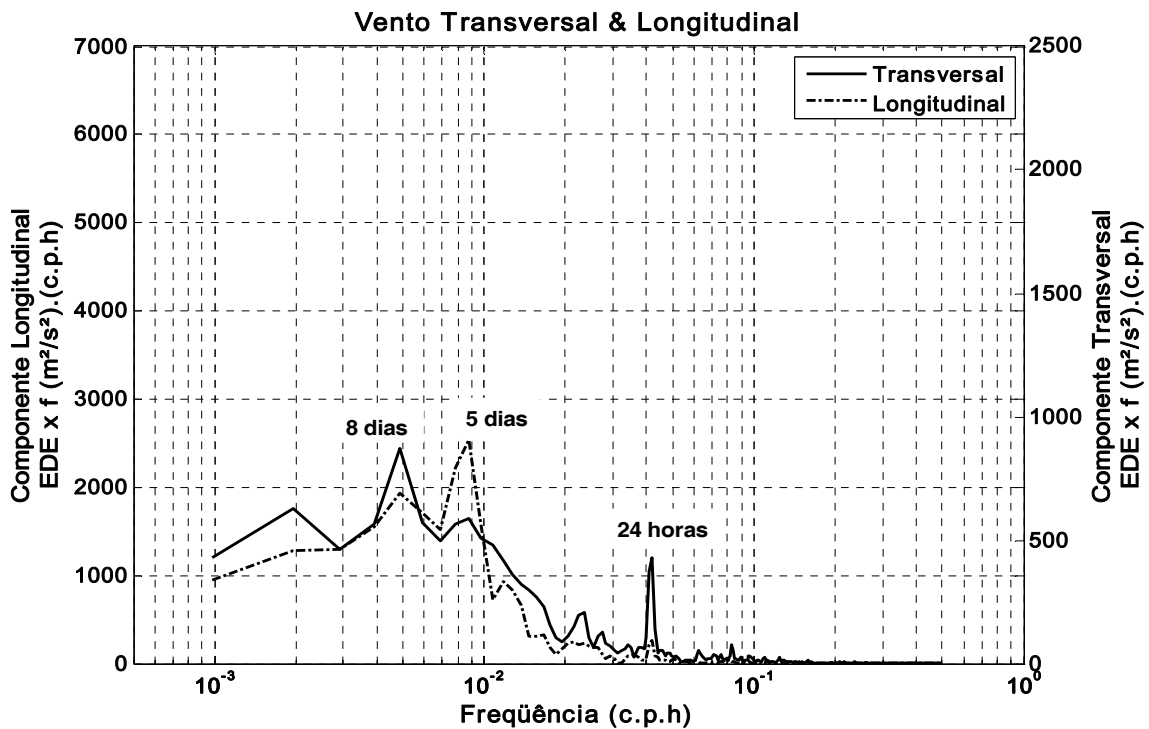


Figura 34 - Estimativa de densidade espectral das componentes longitudinais e transversais do vento, sem filtro.

Com relação às correntes, a estimativa de densidade espectral da **CLC** apresenta um pico bem destacado, centrado entre 4.8 a 5.5 dias, semelhante ao observado para o vento. As energias entre 5 e 10 metros de profundidade são muito semelhantes, havendo uma redução nas proximidades do fundo. As densidades espectrais das correntes também são as menores em relação às outras séries.

Com relação à **CTC**, esta apresenta um pico centrado entre 5.5 e 6.7 dias de período, e um pico com período de 24 horas, ambos na camada mais próxima à superfície. É possível também visualizar um pico com período de 6 horas que está presente em todas as profundidades. As amplitudes relacionadas às escalas sinópticas são visivelmente menores que os fundeios anteriores. Entretanto, nos picos de alta frequência a energia é similar à verificada nos fundeios anteriores.

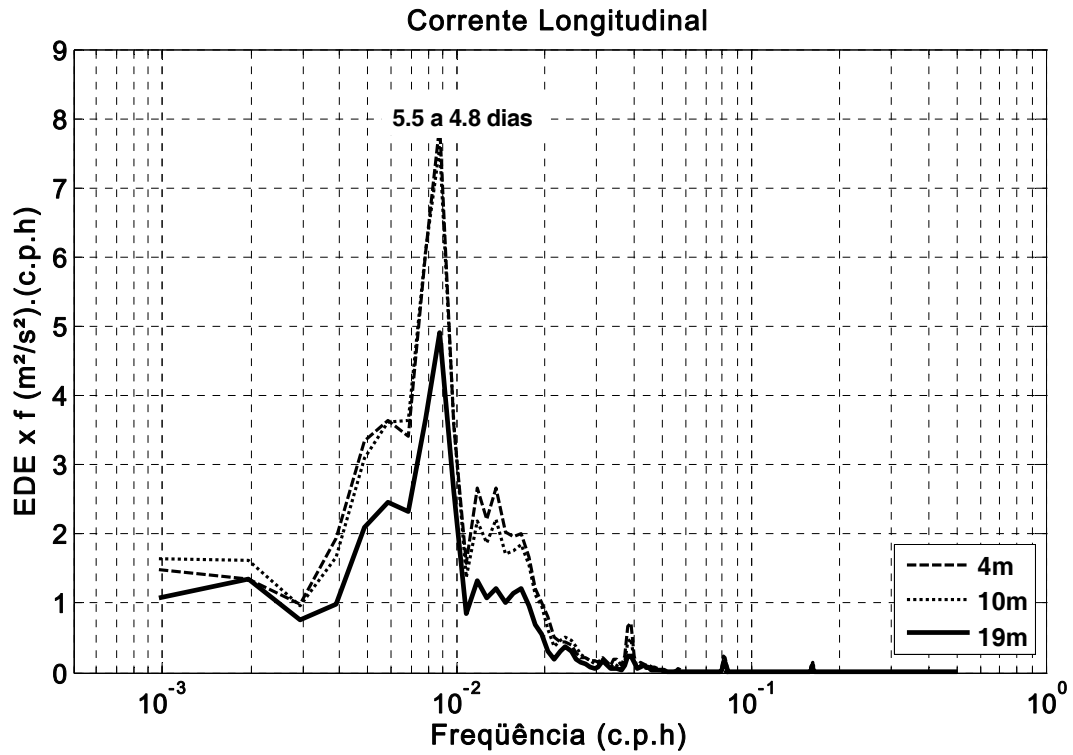


Figura 35 - Estimativa de densidade espectral da componente transversal da corrente medida, da superfície ao fundo (séries sem filtro).

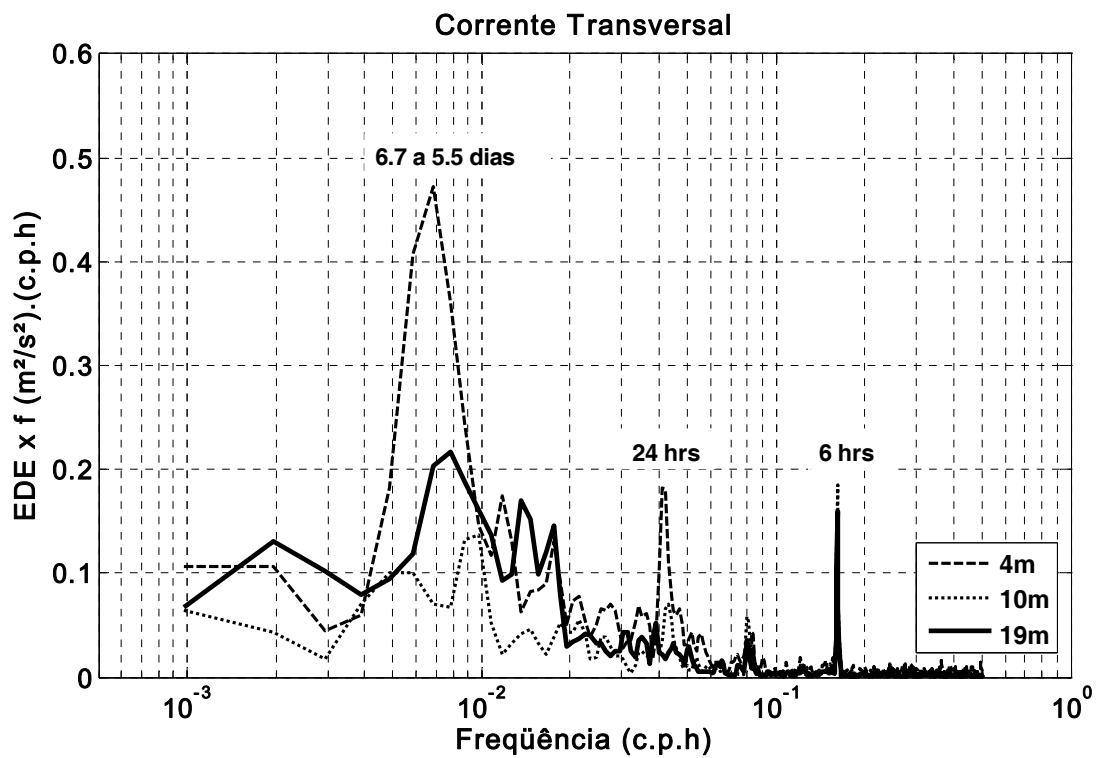


Figura 36 - Estimativa de densidade espectral da componente transversal da corrente medida, da superfície ao fundo, (series sem filtro).

As variâncias calculadas para as séries em alta e baixa frequência são apresentadas nas tabelas 9 e 10, para três níveis (3-5 metros, 5-10 m e 10-20 m) de cada componente. Para essa série de dados, as baixas frequências ($T > 40$ hrs) são responsáveis por mais de 85% da variância total na componente longitudinal em todas as profundidades (Tabela 10). As oscilações dentro das frequências de maré são responsáveis por apenas 14% das variâncias desta componente. Na **CTC** (Tabela 11), as altas frequências explicam mais de 50% da variância total da superfície até aproximadamente 10 metros, e praticamente 50% das variâncias dos 10 metros ao fundo. Isto confirma resultados anteriores onde essa banda de frequência ganha importância na componente transversal à linha de costa.

Após separar as componentes barotrópicas e baroclínicas das altas e das baixas frequências (Tabela 12), nota-se que a **CLC** é fundamentalmente barotrópica, tanto em alta quanto em baixa frequência.

Na componente transversal a linha de costa **CTC** (Tabela 12), ao contrário do encontrado na **CLC**, a corrente possui uma forte baroclinicidade, tanto em baixa como em alta frequência. Neste eixo, 70% da variância da corrente está relacionada ao modo baroclínico.

Tabela 10 - Comparação entre as variâncias da componente longitudinal original e filtrada em 40 horas (passa baixa)

Profundidade	Variância total série original	Variância série filtrada 40hrs	% da variância total
10 – 19 metros	0.0355	0.0308	86,76
5 – 10 metros	0.0435	0.0374	85,97
3 – 5 metros	0.461	0.0392	85,03

Tabela 11 - Comparação entre as variâncias da componente transversal original e filtrada em 40 horas (passa baixa).

Profundidade	Variância total série original	Variância série filtrada 40hrs	% da variância total
10 – 19 metros	0.0045	0.0023	51,11
5 – 10 metros	0.0041	0.0015	36.58
3 – 5 metros	0.0067	0.0028	41.79

Tabela 12 - Comparação entre as variâncias (energias) dos modos baroclínicos e barotrópicos em alta e baixa frequência, nas componentes transversais e longitudinais.

	Baixa frequência T>40hrs				Alta frequência T<40hrs			
	Baroclínica		Barotrópica		Baroclínica		Barotrópica	
Longitudinal	1.0 e -3	1.90%	34 e -3	98.1%	8.8 e -4	19.6%	3.6 e -3	80.35%
Transversal	1.5 e -3	72.3%	5.8 e -4	27.67%	1.4 e -3	54.7%	1.2 e -3	45.3%

5.3.1 Baixa frequência

A Figura 37 apresenta as mesmas séries de vento (componente longitudinal) e de correntes das Figura 32 e 31, porém com a aplicação do filtro de passa-baixa.

Assim, a partir da Figura 37 é novamente observado há existência de uma forte correlação entre o vento longitudinal e a **CLC**. No entanto nota-se que fortes ventos NE (valores negativos), não possuem competência suficiente para induzir uma forte corrente para sul (valores negativos), tal qual os ventos de SO mais fracos induzem uma corrente para NE.

Na **CTC**, valores muito baixos de correntes são observados, salvo a partir do dia 15/06, quando as velocidades aumentam novamente. Porém da mesma forma que

observado para os outros fundeios há uma oposição de fase entre a superfície e o fundo.

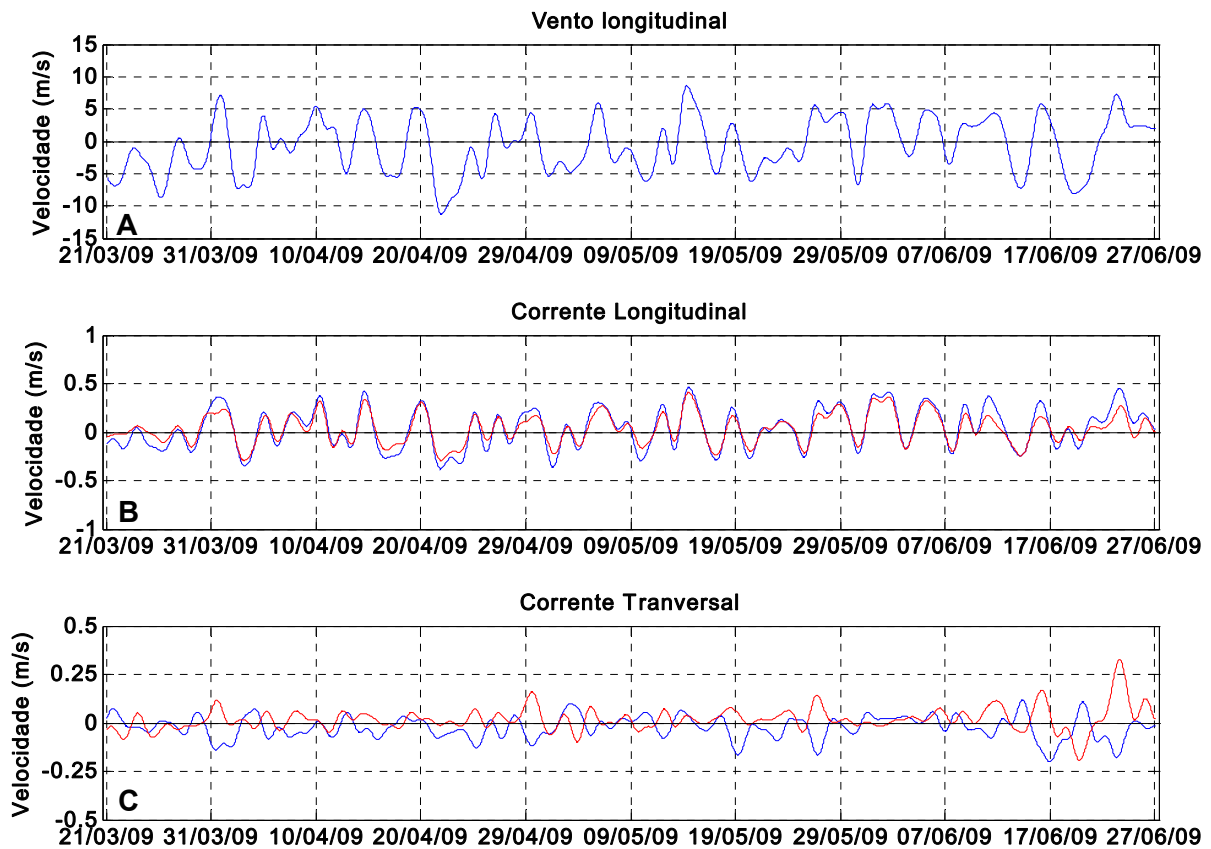


Figura 37 – (A) Série temporal filtrada da componente longitudinal do vento, e das componentes longitudinais (B) e transversais (C) da corrente. Valores positivos indicam fluxos para Norte (componente longitudinal) e para Leste (transversal).

Neste caso, a análise de correlação cruzada mostra novamente uma forte correlação entre o vento longitudinal e a corrente longitudinal (Figura 38 - A), com um coeficiente de correlação máximo de 0.79, e um atraso de fase de 2 horas próximo a superfície. Próximo ao fundo os valores de correlação são um pouco menores (0.70) com um atraso de fase de 4 horas. Entre o vento longitudinal e a componente transversal da corrente (**CTC**) observam-se baixos valores de correlação (Figura 38 – B), próximo ao fundo os valores máximos são positivos ($\cong 0.50$) com um atraso de fase de 2 horas. Ainda para a **CTC**, próximo à superfície os valores de correlação são

negativos, no entanto estes são ainda menores do que os observados no fundo, de modo que não aja uma correlação significativa.

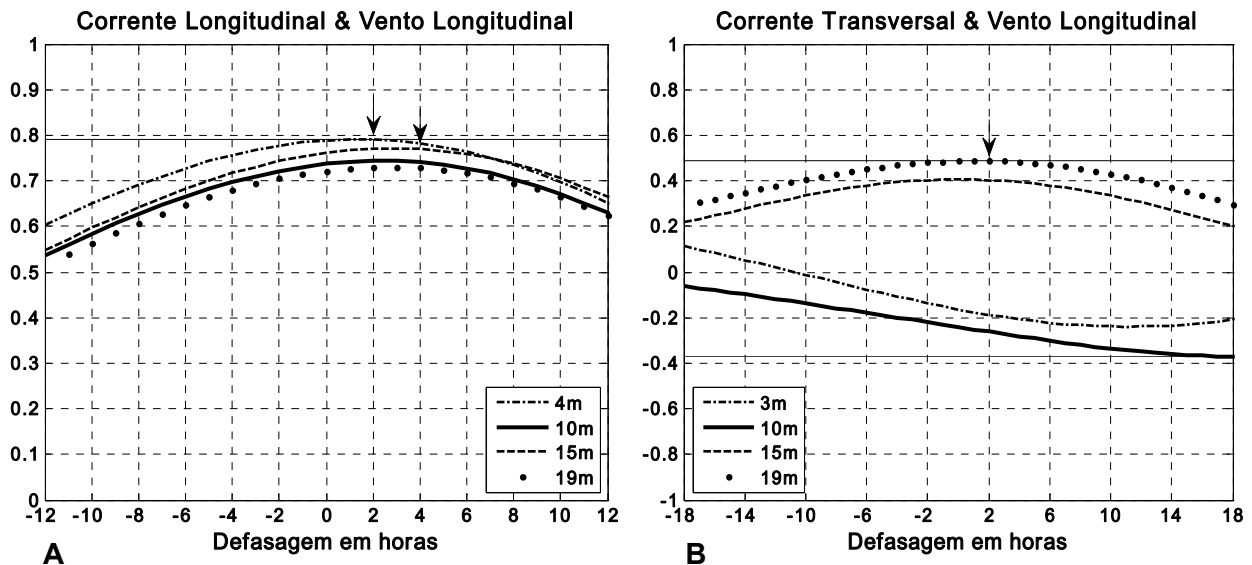


Figura 38 - Correlação entre a componente longitudinal do vento; esquerda (A) - componente longitudinal da corrente; direita (B) – componente transversal da corrente. As setas indicam o ponto de maior correlação.

O perfil vertical médio da **CLC** Figura 39 calculado para cada nível, apresenta uma circulação tipicamente barotrópica, com as maiores velocidades até a profundidade de 12 metros, e com um fluxo residual para Norte (valores positivos) com velocidade média integrada na coluna de 0.0 4m/s. Para componente transversal, o fluxo médio é para Oeste (ao largo), com velocidades próximas a 0.02 m/s em praticamente toda a coluna da água, apenas mais próximo a superfície vemos um fluxo em sentido contrario, com velocidades em direção à costa.

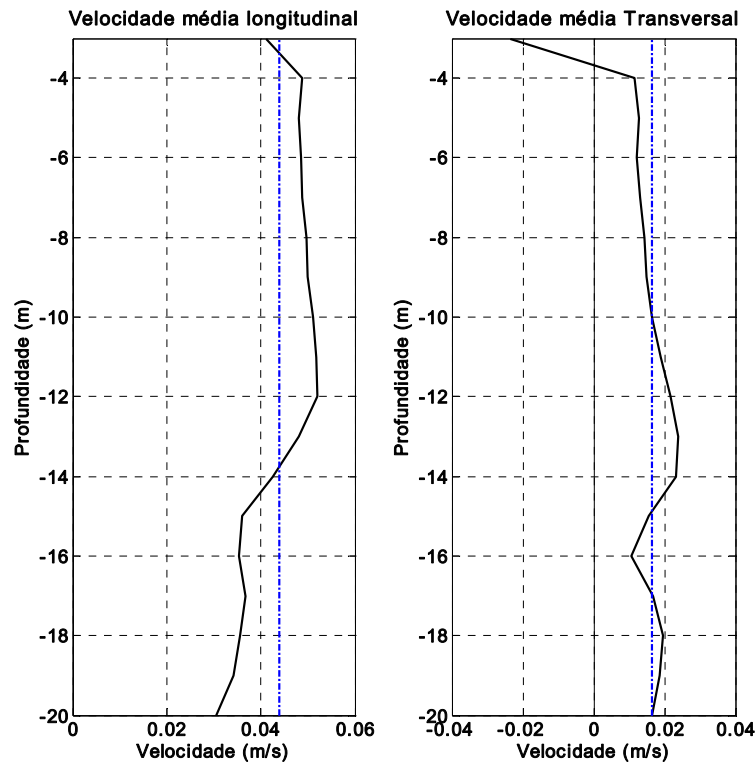


Figura 39 – Perfis médios verticais das componentes longitudinais (esquerda) e transversais (direita) da corrente.

A partir da Figura 40 podemos ratificar a existência de um intenso deslocamento das águas costeiras em direção NE, principalmente nos meses de maio e junho, (final do outono), atingindo aproximadamente 300 km em junho. Observa-se também que próximo a superfície (Figura 40 – A), os fluxos possuem uma componente Oeste mais acentuada. No entanto logo abaixo (a partir dos 4 metros) até próximo ao fundo, os fluxos possuem uma forte componente Leste induzindo um fluxo em direção a mar aberto. (Figura 40 E – F).

É de grande importância ressaltar que os maiores deslocamentos (velocidades) na direção NE se localizam mais próximo da superfície, mas isto se mantém em toda a coluna da água.

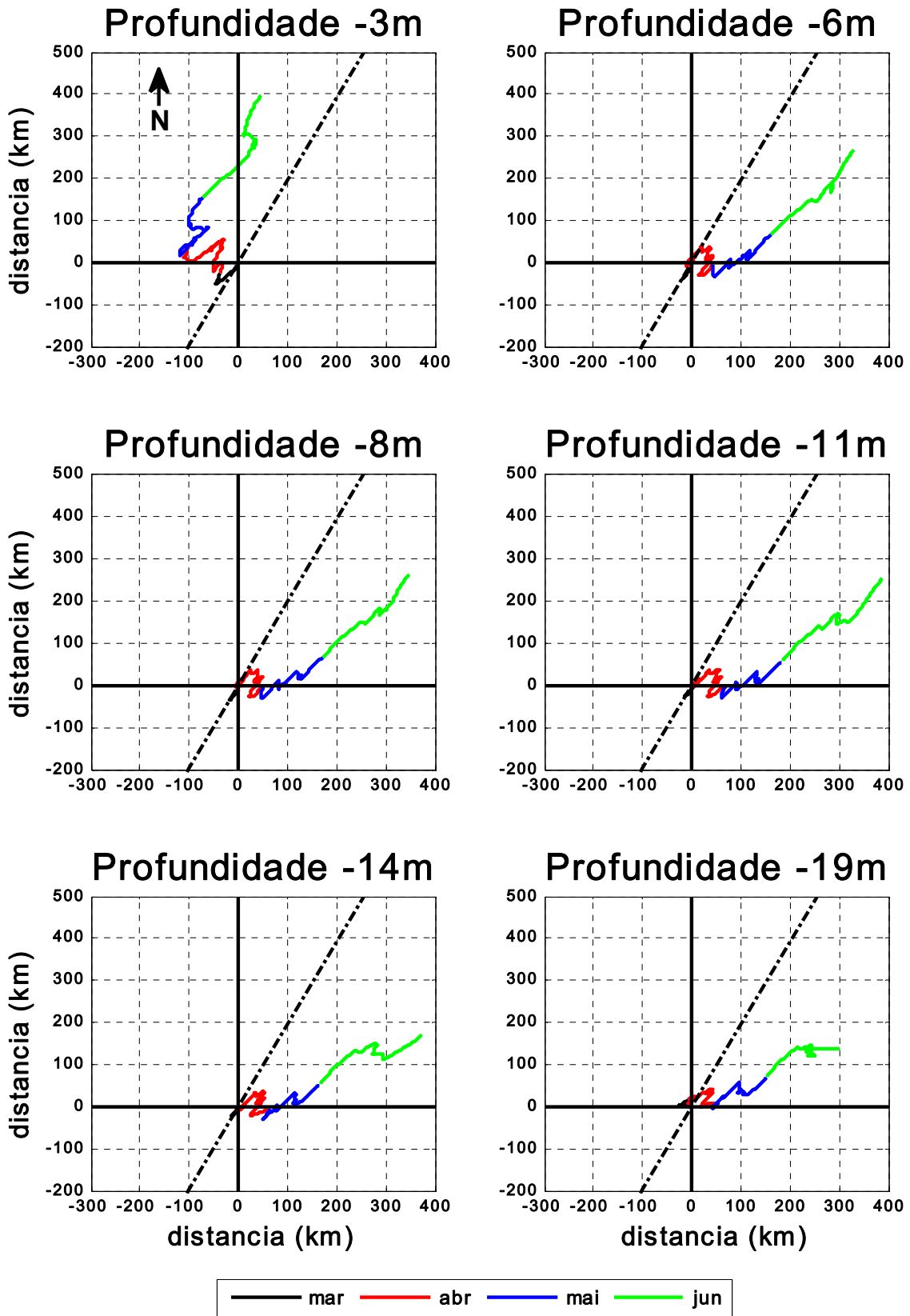


Figura 40 - Vetores progressivos da corrente para os 4 meses do fundeio, para seis níveis de profundidade. A linha tracejada representa a linha de costa.

5.3.2 Alta frequência

As séries das componentes longitudinal e transversal de correntes, após a aplicação do filtro de passa-alta, a seguir analisadas, são apresentadas na (Figura 41).

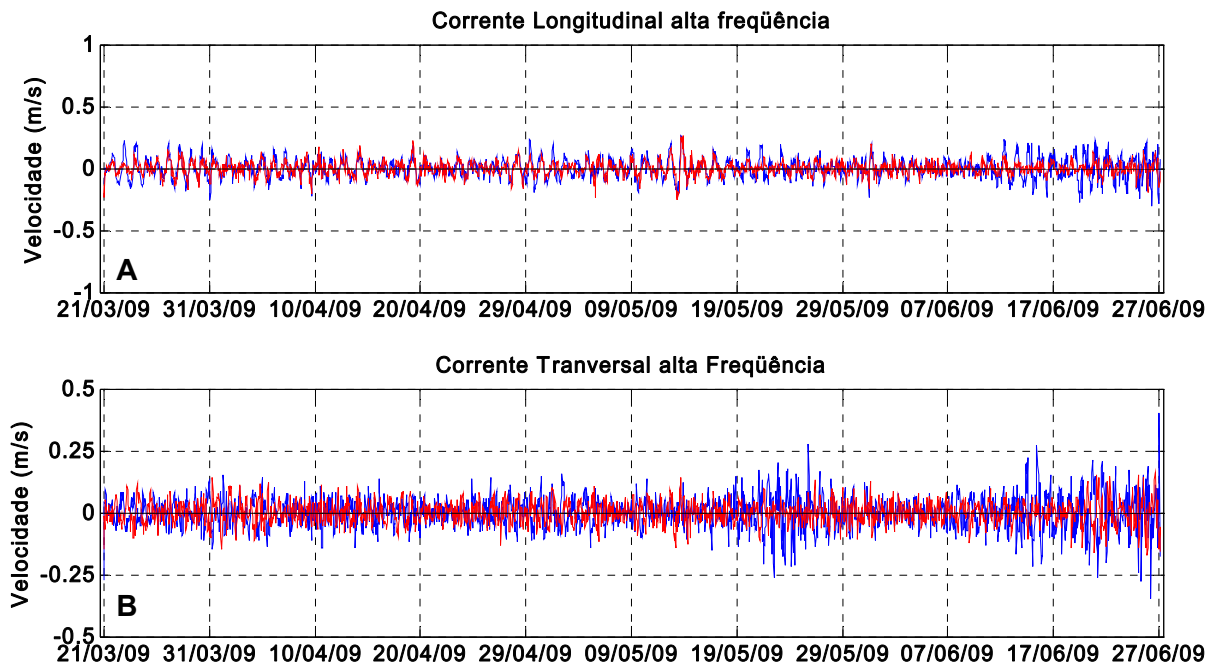


Figura 41 - Velocidade da corrente em alta frequência ($t < 40$ h), média a 3 m (azul) e a 22 m (vermelho). Superior - A, componente longitudinal. Inferior - B, componente transversal.

Como demonstrado anteriormente (Tabela 10 e Tabela 11) as variações de alta frequência são responsáveis por 15% e 50% das variações totais das componentes longitudinais e transversais, respectivamente. Ou seja, ciclos com períodos menores que 40 horas possuem muito mais significância transversalmente à linha de costa. A análise espectral detalha melhor os picos nesta banda de períodos menor do que 40 h.

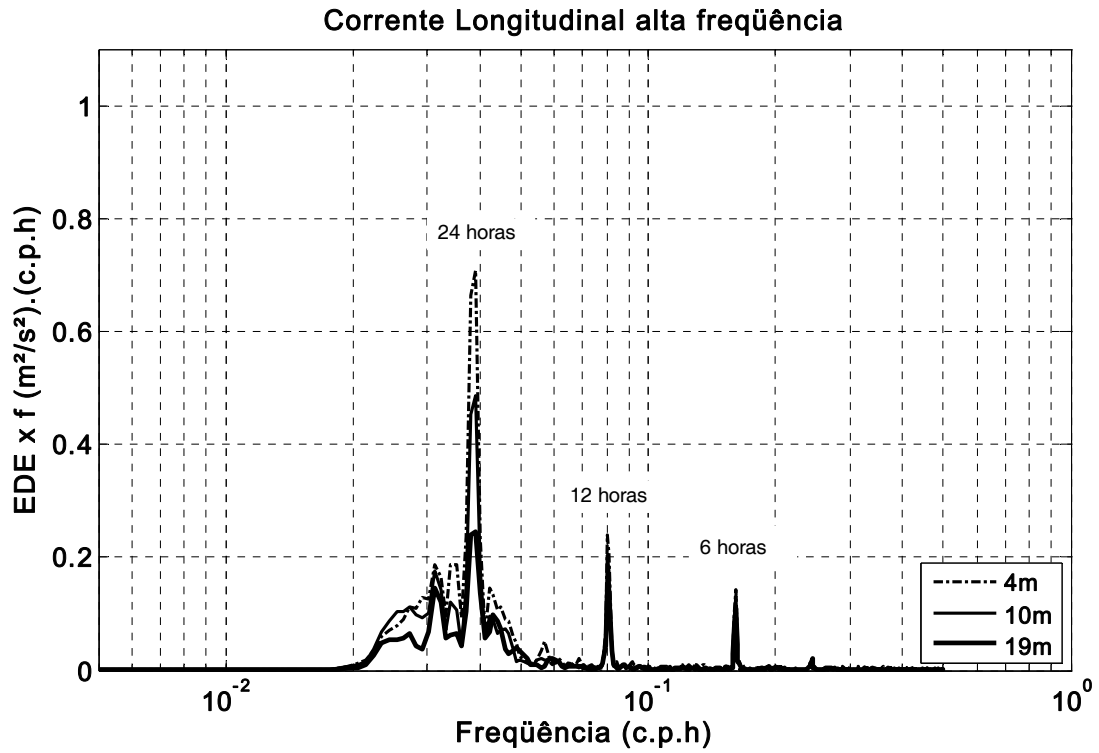


Figura 42 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente longitudinal da corrente, superfície ao fundo

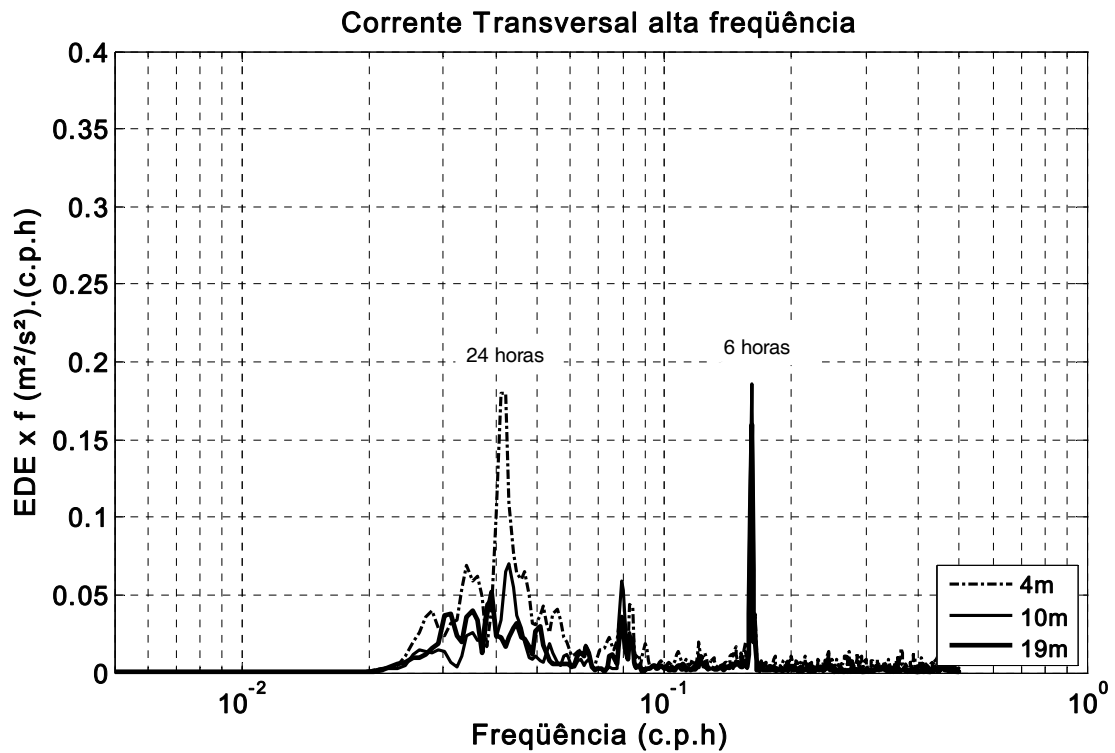


Figura 43 - Estimativa de densidade espectral de alta frequência da componente longitudinal da corrente, superfície ao fundo

A análise harmônica para as duas componentes, em vários níveis de profundidade é apresentada na

Tabela 13. Da mesma forma que o relatado para os fundeios anteriores, os resultados indicam um quadro complexo, onde alguns harmônicos da maré formam uma elipse, enquanto que outras só ocorrem em um eixo. Com relação ao fator de forma F que define o tipo de maré, observa-se que esta é mista predominantemente (semi-diurna), já que $F < 2,0$ em todos os níveis observados.

Tabela 13- - Amplitude e fase dos harmônicos de maré mais significativos, com 95% de confiabilidade

		Longitudinal		Transversal	
Profundidade	Maré / T (h)	Amplitude	Fase	Amplitude	Fase
	20 metros	O ₁ / 25.81 h	2.22	126	0.98
M ₂ / 12.42 h		2.27	40.84		
M ₄ / 6.21 h		1.91	343.59	2.26	355.52
15 metros	O ₁ / 25.81 h	2.56	130.82	1.15	197.18
	M ₂ / 12.42 h	2.54	49.79		
	M ₄ / 6.21 h	1.97	351.48	2.45	3.43
10 metros	O ₁ / 25.81 h	3.49	136.56		
	K ₁ / 23.93 h	0.82	262.83		
	M ₂ / 12.42 h	2.56	55.13	1.01	9.60
	M ₄ / 6.21 h	2.09	351.30	2.38	359.74
4 metros	O ₁ / 25.81 h	4.36	130.56		
	K ₁ / 23.93 h	1.21	295.13	1.85	254.16
	M ₂ / 12.42 h	2.85	56.02		
	M ₄ / 6.21 h	2.10	358.74	2.13	0.83

6 Discussão

Os resultados apresentados neste trabalho foram divididos em três capítulos. No entanto, a fim de se avaliar a variabilidade sazonal das correntes costeiras, na discussão dos resultados será feita uma análise comparativa entre os três fundeios.

Uma série de trabalhos anteriores (e.g. Miranda, 1972; Castello & Möller, 1977; Lima *et al.*, 1996 e Möller *et al.*, 2008) mostraram a variabilidade sazonal das massas de água nesta região. Nestes casos, o vento sempre apareceu como um agente decisivo para explicar a presença ou ausência de determinadas massas de água. Pereira (1989) mostrou, através de um modelo analítico, que ventos de Sul intensificavam as correntes para o norte, já geradas pelo gradiente de pressão condicionado pela presença de águas do Rio da Prata. Por outro lado, correntes de mesma intensidade dirigidas para o sul deveriam ser geradas por ventos muito mais intensos de NE, quando as águas da Pluma do Rio da Prata estavam presentes. Zavialov *et al.* (2002), através da análise dos dados de um fundeio a 50 m, chegaram à mesma conclusão.

A primeira série de dados do **Fundeio I**, localizado na isóbata de 15m, tem início dia 22/10/2006 e término dia 23/02/2007, período que compreende entre as estações de primavera e verão no hemisfério sul. Este período possui uma menor variabilidade atmosférica e predominância de ventos N-NE (Braga & Krusche, 2000). Os mesmos ventos N-NE além de possuírem maior incidência, possuem também maior intensidade do que os ventos oriundos de outras direções (e.g. Braga & Krusche, 2000; Krusche *et al.*, 2002). Esta tendência é confirmada nos resultados aqui apresentados. Contudo inversões periódicas na direção do vento, comumente associada à passagem de sistemas frontais atmosféricos são observadas. Saraiva (1996) já demonstrava que para este período o intervalo de passagem de frentes meteorológicas era maior do que os encontrados nas outras estações do ano.

O **fundei**o II, localizado nas proximidades do parcel do carpinteiro tem seu início dia 22 de agosto de 2008 e término dia 14 de novembro do mesmo, período que compreende entre o meio do inverno a o início da primavera. Do início da série até aproximadamente 23 de setembro, nos dados de vento verifica-se a existência de um padrão típico de inverno, constatando-se 11 inversões na direção do vento o que caracteriza a passagem de sistemas frontais. Braga & Krusche (2000), analisando dados entre 1992 e 1995, evidenciam que nos meses de agosto os ventos de S-SO possuem maior intensidade e frequência, e que na primavera, ventos de direção nordeste voltam a apresentar, novamente, alta frequência e intensidade.

Por fim o **fundei**o III, tem seu início dia 21 março de e término dia 27 de junho de 2009, período que consiste a estação de outono no hemisfério Sul. Neste período são verificadas as menores intensidades de ventos e concomitantemente as menores velocidades da corrente.

Como grande parte da variabilidade das correntes costeiras está associada às variabilidades atmosféricas é esperado um comportamento similar para as correntes. Este fato pode ser demonstrado através da alta correlação encontrada entre o vento e as correntes costeiras por Zavialov *et al.* (2002) e Soares & Möller (2001), para a costa do Rio Grande do Sul. Hirata (2008) e Casares Pinto (1998) para a plataforma de Santa Catarina. Meccia (2008) para a plataforma uruguaia e outros trabalhos para diversas regiões costeiras (e.g. Smith, 2009; Alberola & Millot, 2003).

Dessa maneira as altas correlações encontradas entre o vento e a corrente para este trabalho são condizentes com a literatura citada, principalmente entre as componentes longitudinais, do vento e da corrente, componentes que são responsáveis por grande parte da variabilidade dessas duas grandezas. Möller *et al.* (2001) e Hirata (2008) também utilizam essas componentes como seus eixos de principais variabilidades.

Para a área de plataforma média (50 m de profundidade) do Rio Grande do Sul, Zavialov *et al.* (2002), concluíram que as maiores correlações entre vento e correntes ($r=0.7$) ocorrem com um atraso de fase de aproximadamente 18 horas. Estes autores, no entanto, ressaltam que a distância dos pontos de aquisição dos dados de vento e de corrente possa inferir algum erro neste cálculo. Nos dados analisados no presente trabalho também são encontrados altos índices de correlação entre os fluxos longitudinais e o vento, mas com um atraso de fase de apenas 4 horas na superfície e 6 horas próximo ao fundo nos meses de verão e 2 horas na superfície e 4 horas próximo ao fundo no outono e no inverno. Dessa maneira devido ao baixo tempo de defasagem pode-se inferir que os fluxos costeiros estão fortemente correlacionados com o vento local

Ekman, (1905) descreve que o vento ao soprar sobre o oceano, gera inicialmente uma corrente superficial em mesma direção. Com o passar do tempo ocorre uma deflexão deste movimento originada pela força de Coriolis, e este fluxo ao atingir um estado estacionário de equilíbrio, caracteriza uma camada chamada espiral de Ekman, com um transporte de volume ortogonalmente à esquerda da tensão de cisalhamento do vento no Hemisfério Sul, conhecido como transporte de Ekman. Este transporte se dá em uma camada superficial, cuja espessura é diretamente proporcional à intensidade do vento e à viscosidade do fluido.

Assim, explica-se o forte atrelamento tanto da corrente longitudinal como da perpendicular a costa, ao vento local. Como a componente meridional do vento próximo a costa de Rio Grande representa apenas 20% da variabilidade meteorológica total (Möller *et al.*, 2001) o vento longitudinal a costa é o principal mecanismo gerador das variabilidades em escala sinóptica na plataforma interna da costa de Rio Grande.

Através das estimativas de densidade espectral do vento e das duas componentes da corrente, verifica-se uma alta coerência entre as mesmas uma vez que grande parte da energia (variância) das grandezas em questão estão

concentradas em bandas de frequências semelhantes. Zavialov et. al (2002) relatam que 58% e 51% da variância total das componentes longitudinais e transversais residem em períodos de 2 à 10 dias associados à forçantes meteorológicas. Além disso, 33% e 23% da variância está associada a períodos maiores que 10 dias. No entanto devido ao comprimento das séries analisadas neste trabalho não foi possível determinar períodos maiores que 10 dias por meio das estimativas de densidade espectral.

Quando comparados de forma geral, as estimativas de densidade espectral e o calculo de variância de todos os fundeios realizados, comprova-se que mais de 80% das variações das correntes paralelas a linha de costa (**CLC**) são explicadas por oscilações com períodos maiores que 40hrs, e que 90% desses movimentos são tipicamente barotrópicos, mesmo em períodos de vento SO como NE. No entanto nota-se que o nível de energia como a frequência dos ciclos são diferentes em cada uma dos experimentos.

No verão (**fundeio I**) os picos possuem períodos entre 7 à 10,3 dias, condizentes com a passagem de sistemas meteorológicos frontais. Castro & Lee, (1995) afirmam que as variações de nível na costa são geradas a partir de sistemas frontais com bandas de frequências correspondentes a períodos de 6 à 12 dias. Nos dados de inverno-primavera (**fundeio II**) um padrão similar é observado, porém com uma maior concentração de energia nas bandas de período entre 5,3 e 3,3 dias. Na série de outono como as velocidades são visivelmente menores neste fundeio, é plausível que as energias (variâncias) sejam menores. Desse modo verificamos que os picos das estimativas de densidade espectral possuem menor amplitude se comparado as outras estações (fundeios) tanto o vento quanto a corrente. Também deve se ressaltar que no outono não são encontrados picos com períodos maiores que 8 dias, sendo os mais energéticos centrados em 4 e 7 dias.

Em Hirata (2008), Soares & Moller (2001) e Campello *et al.* (2004), também são encontrados picos de energia com períodos entre 4 a 6 dias, além dos picos de maior período, no entanto em nenhum destes trabalhos houve uma divisão das séries por estações do ano.

De acordo com a literatura (e.g. Möller *et al.*, 2008; Piola *et al.*, 2008; Souza & Robinson, 2004), no inverno os fluxos costeiros são predominantemente N-NE (positivos), forçados principalmente pela maior incidência de ventos do quadrante S e pelo gradiente de pressão decorrente de águas de baixa salinidade sobre a plataforma, oriundas do Rio da Prata, sendo este fluxo dirigido para Norte fortemente barotrópico (Zavialov & Möller, 2000; Zavialov *et al.*, 2002 e Souza & Robinson, 2004).

No período de março a junho Zavialov *et al.* (2002), verificaram que as correntes dirigidas para o norte (positivas) são presentes mesmo em situações de ventos do quadrante norte (negativos). Quando os ventos são do quadrante sul (positivos) a relação é mais clara, pois a direção da corrente segue a do vento. Os mesmos autores ainda afirmam que ventos de NE têm que exercer uma tensão superior a 0.05 Pa para que possam reverter o fluxo da corrente e que ainda muitas vezes a corrente pode estar respondendo a um efeito remoto do vento conforme preconizam Castro & Lee (1995).

A Pluma do Rio da Prata (PRP) atinge latitudes menores do que a de Rio Grande (32° S) em todas as estações do ano, com exceção do verão (Soares e Möller, 2001), quando ventos de NE a forçam para o sul (Möller *et al.*, 2008). A progressão para o norte ocorre nos meses de outono e inverno, enquanto que o retorno se dá na primavera e verão. É de se esperar, portanto que o gradiente de pressão transversal à costa gerado pela presença destas águas influencie as correntes em 3/4 do ano.

Quando se compara de forma geral as velocidades médias de todos os fundeios realizados e ainda subdividindo o segundo fundeio em duas etapas (inverno - primavera) fica claro que a sazonalidade já descrita no regime de ventos e na

presença e ausência de determinadas massas de água (Aseff, 2009; Piola *et al.*, 2008), apareça também no quadro de correntes costeiras.

Na Figura 44-A, observa-se que no fundeio de outubro de 2006 a fevereiro de 2007 primavera e verão, a corrente residual é dirigida para o sul, com uma média total de 0,06 m/s. Durante os outros dois fundeios, esta resultante se inverte com velocidades positivas máximas verificadas nos resultados de outono onde há uma significativa redução das intensidades dos ventos e por consequência das correntes. No entanto devido a um intenso gradiente de densidade gerado pelo deságüe do Rio da Prata e a maior incidência de ventos de quadrante Sul, provocados pelo deslocamento do sistema de alta pressão do Atlântico Sul para zonas de baixa latitude (e.g. Möller *et al.*, 2008; Piola *et al.*, 2005; Guerrero *et al.*, 1997), as correntes sofrem uma mudança de direção com seu fluxo médio dirigido para NE em toda a coluna da água, gerando uma corrente fortemente barotrópica.

A situação mais complexa é a do fundeio realizado nos meses de inverno e primavera de 2008. O perfil resultante (Figura 44-C) mostra correntes para o norte +0,04 m/s, no entanto observa-se uma variação vertical relacionada ao fato de se estabelecer uma média por longo período em uma época de transição no regime de ventos. No mês de agosto, é verificado um aumento da energia dos ventos e a passagem de muitos sistemas frontais acarretando diversas inversões de direção no campo de vento. Essa mudança no padrão do vento é diretamente transferida para as correntes superficiais, freando ou invertendo os fluxos para norte, enquanto que abaixo da capa mais superficial, o fluxo é intensificado pelo gradiente de pressão derivado da variação transversal de densidade e a ação de vento não local (mais ao Sul), onde neste período os ventos S-SO são dominantes (Castro & Lee, 1995). Com a chegada da primavera (Figura 44 - D), há novamente aumento significativo da intensidade e frequência de ventos NE, e novamente uma tendência de reversão das correntes para Sul com velocidade residual de -0,02 m/s. No entanto no centro da

coluna da água observa-se que a corrente média para esse período ainda apresenta um deslocamento NE.

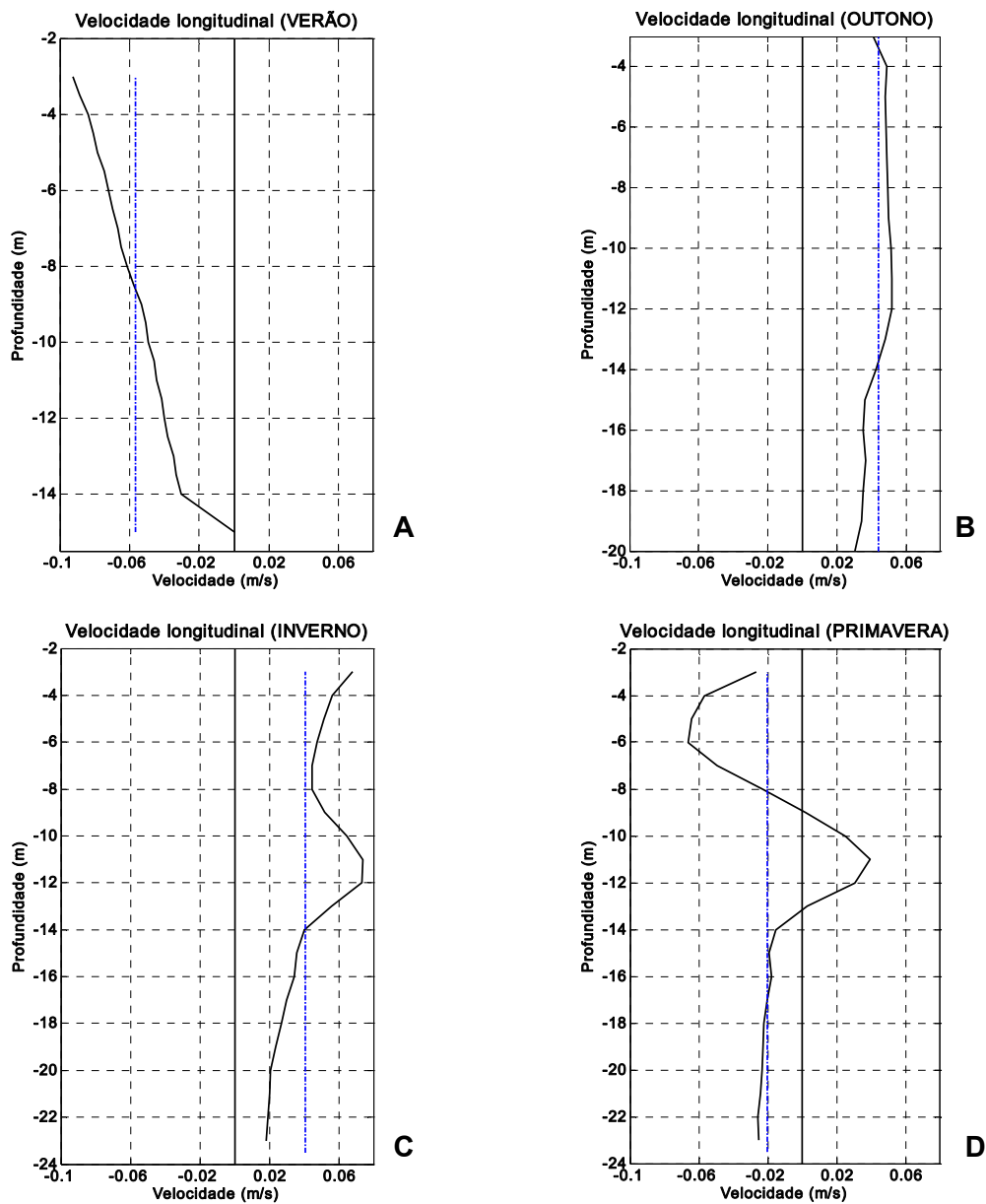


Figura 44 – Velocidades médias calculadas, representado as 4 diferentes estações do ano (A – outono, B inverno, C – primavera; D - verão).

Desta forma, pode-se estimar que a Pluma do rio da Prata se propaga para o norte no outono e inverno com uma velocidade média de 0,04 m/s, e recua para o sul numa taxa que varia de 0,02 m/s (outubro e novembro) até 0,06 m/s (novembro a fevereiro). Estes resultados em termos de valores e da época de ocorrência destes,

estão plenamente de acordo com os de Palma *et al.* (2008), obtidos através de análises de um modelo matemático, e de Romero (2008) e Piola *et al.* (2008), baseados na análise de séries temporais de imagens

Já para **CTC**, em média apenas 50% das variâncias estão associadas a períodos maiores que 40hrs, corroborando com os dados de Zavialov *et al.* (2002), no entanto nota-se que as baixas frequências são bem mais representativas nos meses de verão e mais próximo a superfície do que no fundo. Outro ponto é a importância da componente baroclínica na **CTC** (60% da variância total), evidenciando haver um cisalhamento de velocidade perpendicularmente a costa, estando esse possivelmente relacionado à ocorrência de ventos favoráveis a ressurgência costeira no verão e a subsidência no inverno

Na série de dados relacionados ao primeiro fundeio (verão), observa-se um afastamento das águas superficiais, com velocidades positivas próximas a superfície. Com o aumento da profundidade as correntes sofrem uma rotação em sentido horário (cruzando a linha de costa em aproximadamente 9m), impulsionando um fluxo de compensação no fundo ao afastamento das águas superficiais. O que possivelmente é o mecanismo causador da maior variabilidade do modo baroclínico da **CTC**.

Nos períodos em que os fluxos são direcionados para Norte, forçados pelo gradiente de densidade gerado pelas águas do Rio da Prata (Pimenta, 2001), e principalmente pela maior incidência de ventos do quadrante sul, se favorece um padrão de subsidência das águas superficiais na região costeira (Cecílio, 2006; Palma *et al.*, 2008). Este padrão é gerado, pois de acordo com modelo de equilíbrio friccional de Ekman, termo encontrado em (Csanady, 1976 e Scott & Csanady, 1976), ventos paralelos à costa induzem transporte de Ekman ortogonal à costa na camada superficial, mas devido à presença da costa restringindo o movimento, um fluxo de retorno no interior da coluna d'água também se desenvolve, com transporte em sentido contrário ao encontrado em superfície. Na Tabela 8 observamos que o fluxo

longitudinal mostra-se fortemente baroclínico, em um período que o fluxo é prioritariamente dirigido para sul corroborando assim com a teoria acima descrita.

No entanto é de extrema importância ressaltar que nos fluxos transversais, apenas bem próximo ao fundo e próximo a superfície se verifica uma boa correlação com o vento longitudinal.

Em Zeldis *et al.* (2004) em um estudo na costa da Nova Zelândia também encontra um padrão semelhante entre o vento longitudinal e as velocidades transversais, com correlações negativas na superfície e positivas no fundo, de modo que ventos de quadrante sul gerem uma tendência de subsidência e de (Norte) um favorecimento da ressurgência.

Os resultados das análises de alta frequência indicam um quadro complexo, como já relatado por Zavialov *et al.* (2002), onde alguns harmônicos da maré formam uma elipse, caso das ondas O_1 e M_4 , enquanto que outras só ocorrem em um eixo como a K_1 e a M_2 . Tanto na análise espectral como na análise harmônica, a componente M_4 tem um nível de energia ou amplitude maior do que a M_2 . O mesmo processo foi observado para o nível medido na desembocadura da lagoa dos Patos por Fernandes *et al.* (2004) e Möller *et al.* (2007). Este comportamento indica que a M_4 não é uma componente de águas rasas (*overtide*) gerada pela assimetria da M_2 em águas rasas. Ela provavelmente representa uma oscilação normal da plataforma com período em torno de 6 h que é o mesmo da M_4 . De todas as maneiras, este quadro complicado merece um estudo especial com a utilização de modelos numéricos para ver como estas ondas se desdobram e qual o impacto causado por processos ligados ao período inercial em torno de 24 h, lembrando que esta é uma área crítica por estar em torno de 30° S, ao efeito da brisa (sinal de 24 horas na Figura 10), e à estratificação de densidade.

7 Conclusões

As variabilidades das correntes na plataforma interna (15 a 25 m de profundidade) da costa do Rio Grande do Sul são relacionadas à escala sinótica dos ventos locais, com tempo médio de resposta às variações no campo de vento de 2 a 4 horas.

Um forte padrão de variabilidade sazonal pôde ser observado nos fluxos costeiros, longitudinais e perpendiculares a linha de costa, com deslocamentos médios das águas costeiras para o sul no verão e primavera, e em direção norte nos períodos de outono e inverno. Os fluxos transversais respondem diretamente aos fluxos longitudinais, com velocidades em direção a linha de costa na superfície quando o deslocamento médio é para norte, e ao largo quando os fluxos são para sul.

A periodicidade dos mecanismos geradores da variabilidade das correntes costeiras possui um forte padrão sazonal, com períodos de maior variabilidade entre 7 e 10 dias na primavera e verão, e 5 a 6 dias no outono e inverno.

Os fluxos longitudinais à linha de costa são tipicamente barotrópicos, enquanto os fluxos transversais possuem uma intensa baroclinicidade, com cisalhamento de velocidades entre a superfície e o fundo.

Os processos com períodos menores que 40 horas, freqüências intarmareais, se mostram pouco significativos em relação à circulação geral da região de estudo.

8 Bibliografia

Alberola, C., & Millot, C. (2003). Circulation in the French mediterranean coastal zone near Marseilles: the influence of wind and the Northern Current. *Continental Shelf Research* , 23, 587-610.

Andersen, N. (1974). Calculation Of Filter Coefficients For Maximum Entropy Spectral Analysis. *Geophysics* , 39, 69-72.

Aseff, C. d. (2006). *Comparação das Estruturas Oceanográficas da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, Brasil, em duas Citações de Outono*. Monografia, Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

Aseff, C. d. (2009). *Estudo da variação sazonal na composição físico-química das massas de água da Plataforma Continental do Atlântico Sudoeste (PCASO) entre Mar del Plata (Argentina, 38° S) e Itajaí (SC, 26° S)*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

Austin, J. A., & Lentz, S. J. (2002). The Inner Shelf Response to Wind-Driven Upwelling and Downwelling. *Journal of Physical Oceanography* , 32, 2171-2193.

Braga, M. F., & Krusche, N. (2000). Padrão de ventos em Rio Grande, RS, no período de 1992 a 1995. *Atlântica* , 22, 27-40.

Burrage, D., Wesson, J., Martinez, C., Pérez, T., Möller, O. O., & Piola, A. (2008). Patos Lagoon outflow within the Río de la Plata plume using an airborne salinity mapper: Observing an embedded plume. *Continental Shelf Research* , 28, 1625-1638.

Campello, F. D., Saraiva, J. M., & Krusche, N. (2004). Periodicity of atmospheric phenomena occurring in the extreme South of Brazil. *Atmospheric Science Letters* , 5, 65-76.

Casares Pinto, E. (1998). *Regime de correntes na plataforma continental externa de Santa Catarina*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

Castello, J., & Möller, O. O. (1977). Sobre as condições oceanográficas no Rio Grande do Sul, Brasil. *Atlântica*, 2, 25-100.

Castro, B. M., Lorenzetti, J. A., Silveira, I. C., & Miranda, L. B. (2006). Estrutura Termohalina e Circulação na Região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS).

In: *O Ambiente Oceanográfico Da Plataforma Continental E Do Talude Na Região Sudeste-Sul Do Brasil*. EdUSP.

Castro, B., & Lee, T. (1995). Wind-forced sea level variability on the southeast Brazilian shelf. *Journal of Geophysical Research*; VOL. 100; ISSUE: C8; PBD: 15 Aug 1995, 100, pp. 16045--16056; PL:.

Cecílio, R. O. (2006). *Estrutura tridimensional das correntes geradas pelo vento na plataforma continental da região sul do Brasil*. Dissertação de Mestrado, I.O. Usp.

Ciotti, Á. M., Odebrecht, C., Fillmann, G., & Moller, O. O. (1995). Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research*, 15, 1737-1756.

Csanady, G. T. (1976). Mean Circulation in Shallow Seas. *J. Geophys. Res.*, 81, 5389-5399.

Defant, A. (1961). *Physical oceanography* (Vol. 2). Pergamon Press.

Ekman, V. W. (1905). On the Influence of the Earth's Rotation on Ocean-Currentes. *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, 2 (11), 52.

Emery, W. J., & Thomson, R. E. (1998). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Pergamon Press.

Evans, J. C. (1985). Selection of a Numerical Filtering Method: Convolution or Transform Windowing? *J. Geophys. Res.* , 90, 4991–4994.

Fernandes, E. H., Mariño-Tapia, I., Dyer, K. R., & Möller, O. O. (2004). The attenuation of tidal and subtidal oscillations in the Patos Lagoon estuary. *Ocean Dynamics* , 54, 348-359.

Guerrero, R. A., Acha, E. M., Framiñan, M. B., & Lasta, C. A. (1997). Physical oceanography of the Río de la Plata Estuary, Argentina. *Continental Shelf Research* , 17 (7), 727-742.

Haimovici, M., Castello, J., & Vooren, C. (1998). Pescarias. In: U. Seeliger, C. Odebrecht, & J. P. Castello (Eds.), *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil* (pp. 205-218). Ecoscientia.

Herz, R. (1977). *Circulação das águas de superfície da Lagoa dos Patos*. USP.

Hirata, F. E. (2008). *Variabilidade de nível de correntes em baixa frequência na plataforma externa de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

Krusche, N., Saraiva, J. M., & Reboita, M. S. (2002). *Normais climatológicas provisórias para 1991 a 2000 para Rio Grande, RS*. Imprensa Universitaria.

Lima, I. D., Garcia, C. A., & Moller, O. O. (1996). Ocean surface processes on the southern Brazilian shelf: characterization and seasonal variability. *Continental Shelf Research* , 16, 1307-1317.

Marques, W. C. (2005). *Padrões de variabilidade temporal nas forçantes da circulação e seus efeitos na dinâmica da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil*. dissertação de mestrado, Furg.

Mazzini, P. L. (2009). *Correntes Subinerciais na Plataforma Continental Interna entre Peruíbe e São Sebastião: Observações*. Dissertação de mestrado, IO- USP.

Meccia, V. L. (2008). *Estudios de la circulación forzada por el viento en el estuario del Río de la Plata y sus implicancias en la estratificación: resultados del análisis de datos y simulaciones numéricas*. Tese de Doutorado, Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Mendes, J. C. (1994). *Elementos de estratigrafía*. T. A. Queiroz.

Miranda, L. B. (1972). *Propriedades e variáveis físicas das águas da plataforma continental do Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

Miranda, L. B., Mendes, B., & Kjerfve, B. (2001). *Principios de Oceanografía Física de Estuário*. edusp.

Möller, O. O., & Casting, P. (1999). Hydrographical Characteristics of the Estuarine area of Patos Lagoon (30°S, Brazil). In: G. M. Perillo, M. C. Piccolo, & M. P. Quivira (Eds.), *Estuaries of South America* (pp. 83-110). Springer-Verlag.

Möller, O. O., Castaing, P., Fernandez, E. H., & Lazure, P. (2007). Tidal Frequency Dynamics Of A Southern Brazil Coastal Lagoon: Choking And Short Period Forced Oscillations. *Estuaries and Coasts* , 30, 311-320.

Möller, O. O., Castaing, P., Salomon, J.-C., & Lazure, P. (2001). The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon. *Estuaries and Coasts* , 24, 297-311.

Möller, O. O., Piola, A. R., Freitas, A. C., & Campos, E. J. (2008). The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. *Continental Shelf Research* , 28, 1607-1624.

Palma, E. D., Matano, R. P., & Piola, A. R. (2008). A numerical study of the Southwestern Atlantic Shelf circulation: Stratified ocean response to local and offshore forcing. *J. Geophys. Res.* , 113, --.

Pawlowicz, R., Beardsley, B., & Lentz, S. (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computers & Geosciences* , 28, 929-937.

Pereira, C. S. (1989). Seasonal variability in the coastal circulation on the Brazilian continental shelf (29°S-35°S). *Continental Shelf Research* , 9, 285-299.

Pimenta, F. (2001). *Estudo numérico da influência da descarga fluvial e dos ventos sobre a dinâmica da pluma do Rio da Prata*. Dissertação de Mestrado, I.O. - Usp.

Piola, A. R., Matano, R. P., Palma, E. D., Moller, O. O., & Campos, E. J. (2005). The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. *Geophysical Research Letters* , 32, L01603.

Piola, A. R., Möller, O. O., & Palma, E. D. (2004). El impacto del Plata sobre el Océano Atlántico. *Ciencia hoy* , 14, 28-37.

Piola, A. R., Möller, O. O., Guerrero, R. A., & Campos, E. J. (2008). Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. *Continental Shelf Research* , 28, 1639-1648.

Piola, A., Campos, E., Möller, O., Charo, M., & Martinez, M. (1999). Continental shelf water masses off eastern South America – 20° to 40°S., (pp. 9-12).

Rivas, A. L. (1997). Current-meter observations in the Argentine Continental Shelf. *Continental Shelf Research* , 17, 391-406.

Romero, S. I. (2008). *Estimaciones Satelitales de Clorofila y los Frentes Oceánicos del Atlántico*. Tese de Doutorado, Universidade de Buenos Aires, Argentina.

Saraiva, J. M. (1996). *Previsão de tempo na região sul: efeitos locais e influência de liberação de calor latente*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo - USP, Pão Paulo.

Scott, J. T., & Csanady, G. T. (1976). Nearshore Currents off Long Island. *J. Geophys. Res.* , 81, 5401-5409.

Smith, N. P. (2009). The influence of wind forcing on across-shelf transport in the Florida Keys. *Continental Shelf Research* , 29, 362-370.

Soares, I., & Moller, O. (2001). Low-frequency currents and water mass spatial distribution on the southern Brazilian shelf. *Continental Shelf Research* , 21, 1785-1814.

Souza, R. B., & Robinson, I. S. (2004). Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current. *Continental Shelf Research* , 24, 241-262.

Strahler, A. H., & Strahler, A. N. (1996). *Introducing Physical Geography* (2 ed.). John Wiley & Sons.

Thompson, R. O. (1983). Low-Pass Filters to Suppress Inertial and Tidal Frequencies. *Journal of Physical Oceanography* , 13, 1077-1083.

Vaz, A. C., Möller, O. O., & Almeida, T. L. (2006). Análise quantitativa da descarga dos rios afluentes da Lagoa dos Patos. *Atlântica* , 28, 13-23.

Welch, P. (1967). The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms. *Audio and Electroacoustics, IEEE Transactions on* , 15, 70-73.

Zavialov, P. O., & Möller, O. O. (2000). Modeling and observations of currents off Southern Brazil and Uruguay: the Rio Grande Current. *Oceanic Fronts and Related Phenomena. Konstantin Fedorov International Memorial Symposium* (pp. 612-617). moscow: IOC Workshop Report No. 159.

Zavialov, P. O., Ghisolfi, R. D., & Garcia, C. A. (1998). An Inverse Model for Seasonal Circulation over the Southern Brazilian Shelf: Near-Surface Velocity from the Heat Budget. *Journal of Physical Oceanography* , 28, 545-562.

Zavialov, P., Kostianoy, A., & Möller, O. (2003). SAFARI cruise: Mapping river discharge effects on Southern Brazilian shelf. *Geophysical Research Letters* , 30 (21), 2126.

Zavialov, P., Moller, O., & Campos, E. (2002). First direct measurements of currents on the continental shelf of Southern Brazil. *Continental Shelf Research* , 22, 1975-1986.

Zeldis, J. R., Walters, R. A., Greig, M. J., & Image, K. (2004). Circulation over the northeastern New Zealand continental slope, shelf and adjacent Hauraki Gulf, during spring and summer. *Continental Shelf Research* , 24, 543-561.

Zembruscki, S. (1979). *Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes*. Projeto REMAC, 7: 129-174, Rio de Janeiro.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)