

XIV
Capítulo

**VARIABILIDADE METEOROLÓGICA DO NÍVEL DO MAREMBAIXA
FREQUÊNCIA EM CANANÉIA, SP E ILHA FISCAL, RJ**

**Alessandro Filippo¹, Björn Kjerfve^{1,2}, Rogério Neder Candella³,
Audalio Rebelo Torres Jr.⁴.**

¹ Depto. Geoquímica - Universidade Federal Fluminense;
e-mail: afilippo@ibest.com.br

² Marine Science Program, Department of Geological Sciences
University of South Carolina; e-mail: bjorn@msci.sc.edu

³ Instituto de Estudos Almirante Paulo Moreira; e-mail: candella@acd.ufrj.br

⁴ Depto. Meteorologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro;
e-mail: audalio@acd.ufrj.br

Abstract

Meteorological tide is the part of the sea level variation not due to astronomical forces. Strong winds, atmospheric pressure variations and water temperature are common causes of this phenomena. To account the behavior and the contribution of those meteorological forcing in the sea level changes at the brazilian southeast coast, temporal series of atmospheric pressure and wind from São Sebastião (SP) and Ponta da Armação (RJ) weather stations had been used together with sea level measurements from Cananéia and Ilha Fiscal (RJ), from 1982 and 1983. Cross-spectral analyzes between meteorological and sea level series showed good coherence for some periods. To the Ilha Fiscal station the meridional wind component was the principal forcing, followed by the zonal wind component and the atmospheric pressure. To Cananéia station, although the meridional wind component showed to be the major contributor to the sea level oscillation, the atmospheric pressure is a more important factor than the zonal wind component.

Palavras chaves

Nível do mar; Forçantes Meteorológicas; Análise espectral cruzada; Baixa frequência; Brasil; Meio-Atlântico

Resumo

A maré meteorológica ou residual é a parte da variação no nível do mar não causada pela maré astronômica. Ventos fortes, pressão atmosférica alta ou baixa e temperatura de água são as causas habituais dessas variações residuais. Para avaliar o comportamento e a contribuição das forçantes meteorológicas na variação do nível do mar na costa sudeste brasileira, foram utilizadas séries temporais de pressão atmosférica e vento das estações de São Sebastião (SP) e Ponta da Armação (RJ) e de nível do mar de Cananéia (SP) e Ilha Fiscal (RJ), dos anos de 1982 e 1983. Através de análise espectral cruzada entre as séries meteorológicas e de nível do mar foi possível estabelecer a coerência entre os eventos meteorológicos de baixa frequência e a variação do nível do mar. Na estação Ilha Fiscal, eventos com período de 3 e de 15 dias tiveram as maiores coerências entre as séries das variáveis nível do mar (nm) e pressão atmosférica (pa), com 0,77 e 0,83, respectivamente. Entre as séries de nível do mar e componente zonal do vento (Wx), os eventos de maior coerência foram os com período em torno de 4 e 5 dias, com 0,78 e 0,82 de coerência, respectivamente. Na correlação cruzada entre as séries das variáveis nível do mar e componente meridional do vento (Wy), os períodos dos eventos de maior coerência foram de cerca de 5 dias (0,81) e 9 dias (0,83). Na estação Cananéia, os eventos de maior coerência entre as séries de nm e pa foram os de período em torno de 3 (0,83), 5 (0,98) e 10 dias (0,85). Entre as séries das variáveis Nível do Mar e Wx, os eventos de maior coerência tiveram períodos de aproximadamente 4 dias (0,83) e 5 dias (0,82), enquanto que com Wy, os eventos de maior coerência tiveram períodos de cerca de 3 (0,81) e 5 dias (0,83). Houve um comportamento diferenciado das variáveis meteorológicas em relação à localização das estações maregráficas, sendo que, no Rio de Janeiro, a variável Wy apresentou a maior coerência média ($0,76 \pm 0,13$), sendo a maior responsável pela variação local do nível do mar e, em Cananéia, as variáveis Wy e Pa foram as responsáveis pela maior variação do nível do mar local, com coerências médias de $0,77 \pm 0,09$ e $0,76 \pm 0,13$, respectivamente.

Introdução

O nível do mar é uma quantidade física mensurável, resultado de todas as influências que afetam a altura da superfície do mar (lua, sol, pressão atmosférica, ventos, movimento de terra vertical, alguns efeitos oceanográficos, atividade sísmica, etc). As marés são só uma parte da variabilidade do nível do mar e estão relacionadas em frequência, amplitude e fase com as forças astronômicas (i.e. forças gravitacionais da Lua e o Sol na Terra, principalmente).

Em contraste com a maré, a determinação das tendências de movimento de longo período do nível do mar é mais difícil. Claramente as marés podem ter uma faixa

de variação de alguns metros por período de poucas horas considerando a tendência do nível do mar (Stewart, 2002). A fim de avaliar as tendências do nível do mar, é prática comum utilizar séries contínuas e longas de observações do nível do mar, medidos com instrumentos precisos.

A terminologia comum, “nível do mar residual” é equivalente a “nível do mar observado menos maré” (Neves Filho, 1992; Stewart, 2002). O resíduo é a parte da variação observada no nível de mar que não é devida às marés. Em uma análise de dados de nível do mar, normalmente observa-se a tendência residual ou os resíduos significantes (picos) em um tempo particular para investigar as causas e razões científicas que justifiquem por que eles acontecem (Middleton, 2000). Ventos fortes, pressão atmosférica alta ou baixa e temperatura de água são as causas habituais destas variações residuais.

Possíveis causas dessas variações podem ser associadas a alguns fenômenos que exercem influência no clima do globo inteiro, como o El Niño e La Niña, por exemplo, relacionados com a variação anômala da TSM (temperatura da superfície de mar) no Pacífico Equatorial.

Com o enfraquecimento ou deslocamento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul - ASAS, pela ocorrência dos eventos de El Niño (Gill e Schumann, 1979), a propagação de eventos meteorológicos severos gerados nas latitudes altas para o equador ao longo da costa fica facilitada, com o aumento do número de passagens de frentes frias. Tais eventos poderiam gerar as Ondas de Kelvin em períodos de cada 5 a 18 dias. De acordo com Brink (1991), tais ondas geralmente têm períodos mais longos que período inercial, de forma que freqüentemente agem como uma resposta do oceano às mudanças de tempo atmosférico que, tipicamente, tem a escala de tempo de alguns dias.

A passagem de sistemas frontais por áreas oceânicas induz mudanças no nível do mar através da variação da pressão na superfície e a ação da tensão do vento associada (Gill e Schumann, 1979). Robinson (1964) introduziu o conceito de ondas de plataforma continental, estudando um modelo dinâmico em que mudanças no nível do mar foram produzidas diretamente por alterações da pressão atmosférica.

O objetivo deste artigo é avaliar a variabilidade meteorológica do nível do mar na região de costa do sudeste de Brasil. Para tanto, foram utilizadas séries temporais dos anos de 1982 e 1983 de maré das estações em Cananéia – SP e Ilha Fiscal – RJ, vento e pressão atmosférica das estações em São Sebastião – SP e Ponta da Armação – RJ de modo a realizar análises de correlação espectral cruzada, tentando determinar a influência de cada variável.

Área de Estudo

A área de estudo está situada entre as latitudes $22^{\circ} 30' S$ e $25^{\circ} 30' S$ e longitudes $42^{\circ} 30' W$ e $48^{\circ} 00' W$, compreendendo a costa do sudeste de Brasil (Figura 1). Os dados de nível do mar foram obtidos de duas estações cujas características podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1- As coordenadas geográficas das estações de dados utilizados. Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação - Marinha do Brasil.

Estações	Longitude	Latitude	Tipo de dados	N	% Dados bons
Cananéia	-47,93	-25,02	Nível do mar	17520	100
São Sebastião	-45,35	-23,36	Pressão Atm.	5444	93,2
			Vento	5588	95,7
Ilha Fiscal	-43,17	-22,90	Nível do mar	17520	100
Ponta da Armação	-43,17	-22,86	Pressão Atm.	5470	93,7
			Vento	5818	99,6

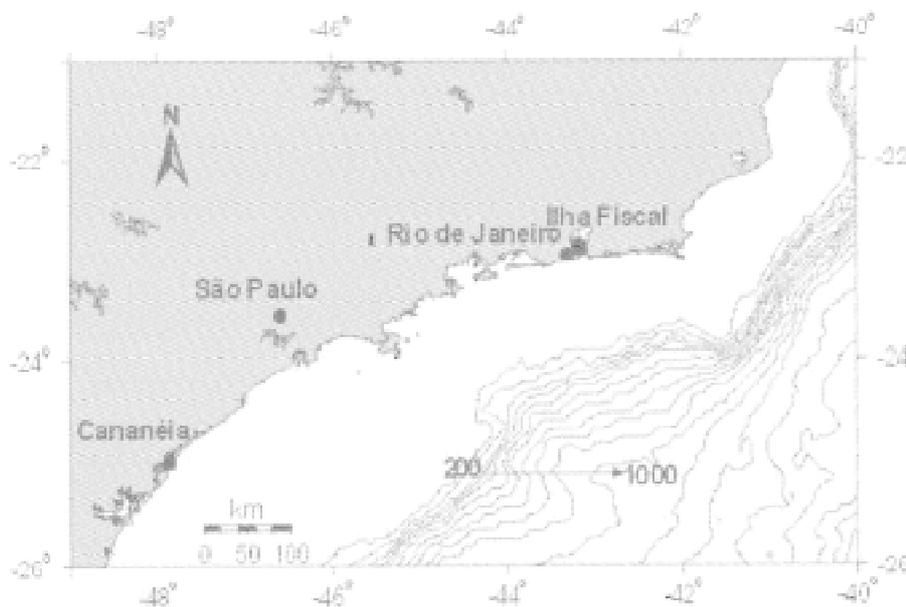


Figura 1 - Localização das estações maregráficas na área de estudo.

O clima da região estudada, de acordo com a Classificação Climática de Köppen, é tropical com influência marinha forte tipo “Af” no Rio de Janeiro na costa brasileira. A temperatura média anual é aproximadamente 24 °C e a precipitação média anual é aproximadamente 1170 mm (Filippo, 1997; INEMET, 2002).

Os efeitos do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENSO) são sentidos mais intensamente, tanto em termos dos campos de anomalias de precipitação sazonais, como em termos da temperatura do ar. Além disso, há comprovação observacional que a variabilidade de TSM no Oceano Atlântico Sul influencia o clima das áreas sul e sudeste do litoral brasileiro (Nobre, 1996).

O padrão de mudança de tempo típico desta região é a passagem de frentes frias. A origem das frentes frias que atingem o litoral sul-sudeste do Brasil é extratropical, proveniente de regiões de altas latitudes (Filippo, 1997). Estes sistemas frontais

se propagam para o equador freqüentemente ao longo da costa entre 40°S e 20°S, embora eles possam alcançar latitudes tão baixas quanto 13°S durante o verão no hemisfério sul (Kousky, 1979).

A Figura 2 mostra três situações distintas de sistemas frontais na área de estudo: (a) com a presença do centro de baixa, em função do giro ciclônico, os ventos são de sudoeste; (b) após a passagem do sistema frontal e sua dissolução, a volta do centro de alta com seu giro anticiclônico determina o restabelecimento dos ventos nordeste. Nota-se a formação de novo sistema frontal mais ao sul; (c) com a aproximação do novo sistema frontal, os ventos rondam de nordeste para norte e depois para sudoeste com a chegada da frente, sempre no sentido anti-horário. O tempo decorrido entre a dissolução do sistema em (a) e o surgimento do novo em (c) foi de cerca de 9 dias, valor dentro da faixa 5-10 dias (Filippo, 1997).

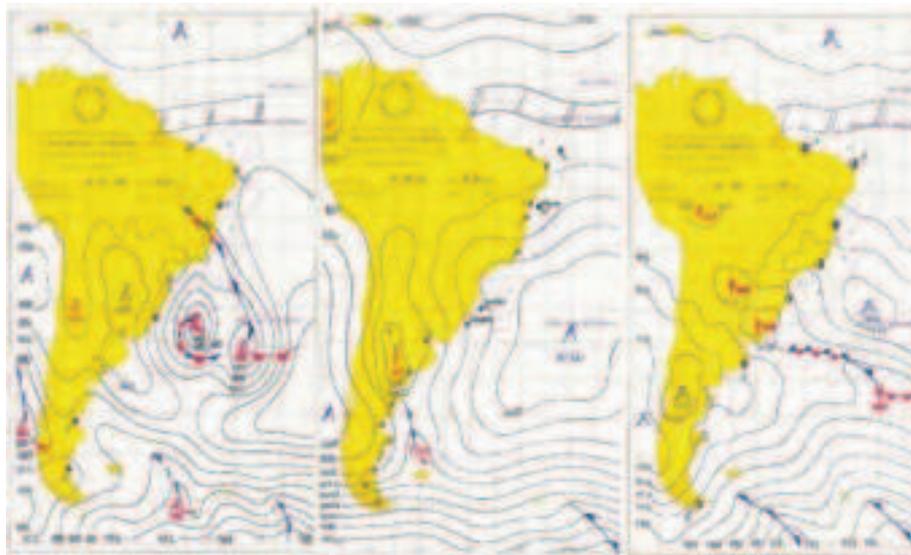


Figura 2 – Exemplo de evolução de sistemas frontais no litoral Atlântico da América do Sul. (a) Centros de Baixa pressão (Ciclônicos) na área de estudo no dia 08/05/2003. (b) Centro de Alta pressão (Anti-ciclônico, no caso o ASAS) na área de estudo no dia 14/05/2003 e formação de novo sistema frontal mais ao sul, na costa Argentina. (c) O novo sistema formado se aproxima da área de estudo no dia 17/05/2003.

Materiais e Métodos

O dados utilizados neste estudo foram séries horárias de nível do mar das estações maregráficas de Cananéia – SP e Ilha Fiscal – RJ, e séries temporais de vento e pressão atmosférica a cada 3 horas das estações meteorológicas de São Sebastião – SP e Ponta da Armação – RJ pelo período de 01-Jan-1982 para 31-Dez-1983. Cada conjunto de dados de cada estação foi analisado separadamente para observar e preservar as características locais.

Os dados de maré das três estações foram analisados visualmente para a retirada de valores espúrios devido a erros grosseiros de digitação ou de mau funcionamento do próprio marégrafo. Das séries originais foram subtraídas as respectivas médias, reduzindo-se os dados à variação em torno do nível médio.

Além disso, para eliminar os efeitos astronômicos significativos, foi utilizado um filtro recursivo digital passa-baixa de Butterworth (Ackroyd, 1973), de ordem 8, com frequência de corte correspondente a 48 horas.

Para certificar qual o melhor método de interpolação para preencher as falhas das séries de dados meteorológicos, foram realizados dois testes antes de aplicar análise espectral cruzada.

O primeiro consistiu em preencher as falhas com zeros e interpolar através de FFT, o que significa calcular o absoluto da FFT, descartar a parte complexa das séries e eliminar as frequências que correspondem ao período da maior falha. A seguir, calcula-se o inverso de FFT das séries modificadas e obtêm-se séries filtradas compatíveis com o original.

O segundo teste consistiu em preencher as falhas com a média das séries e interpolá-las também por FFT. Para esse teste, foi utilizada uma parte das séries de vento (componente zonal W_x), onde foram introduzidas falhas artificiais e de forma aleatória, que foram preenchidas com zeros e pela média.

Na Figura 3, pode-se ver as séries filtradas e interpoladas W_{xf} , W_{xmf} , W_{xzf} e a série original W_x . Pode-se notar que a curva da série W_{xzf} diverge séries W_x e W_{xf} no período onde o preenchimento foi realizado (marcado com elipses) e a curva da série W_{xmf} representou melhor a tendência da curva original filtrada (W_{xf}).

Assim, optou-se pela utilização das séries filtradas resultantes da interpolação por FFT com as falhas preenchidas pela média.

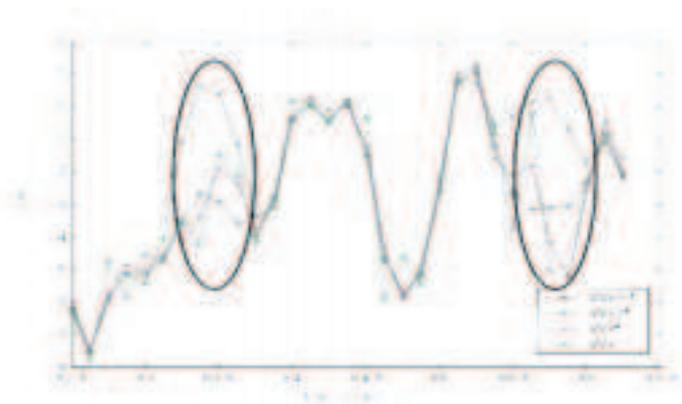


Figura 3 - Série Original (W_x), original filtrada (W_{xf}) e original filtrada com falhas induzidas artificialmente preenchidas por zeros (W_{xzf}) e pela média (W_{xmf}).

Após a eliminação das falhas, as séries foram reinterpoladas para intervalos horários de maneira poder compará-las com as séries de maré.

A análise espectral das séries de dados do nível do mar, pressão atmosférica e de vento foram realizadas pela aplicação da Transformada Rápida Fourier (FFT), utilizando-se como parâmetros para janela de Hanning 4096 e para *overlapping* 10.

Resultados

As correlações cruzadas entre os dados de nível do mar (nm) da estação da Ilha Fiscal e os dados meteorológicos de cada variável (pa, Wx e Wy) da estação da Ponta da Armação estão apresentados nas Figuras 4, 5 e 6 e nas Tabelas 2, 3 e 4.

Pode-se observar, no gráfico relativo à correlação cruzada, que há picos de alta coerência em eventos com periodicidade de 25,8; 18,5; 15,0; 6,8; 3,0 e 2,8 dias (Figura 4 e Tabela 2) e que o tempo de retardo (defasagem) variou de 6,8 a 166,4 horas.

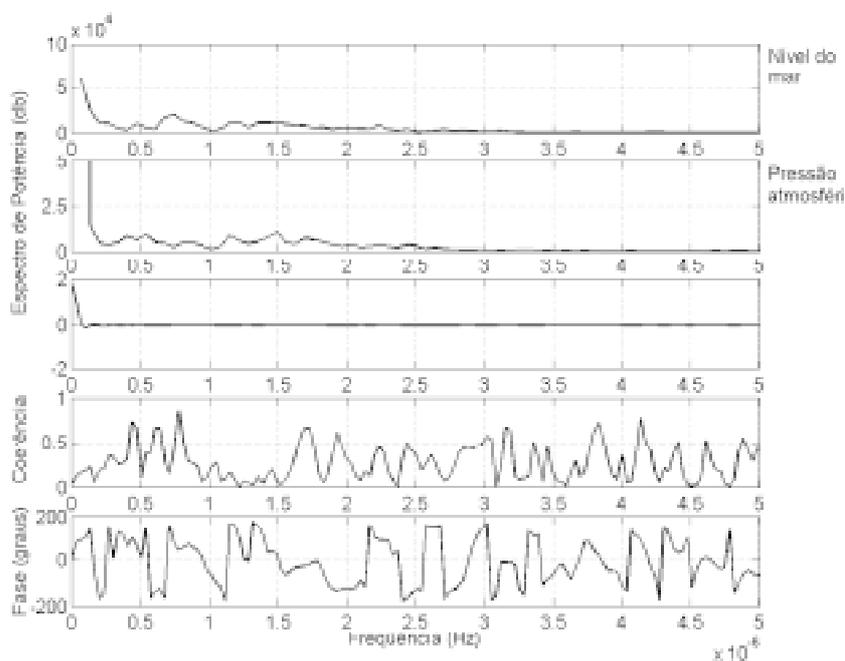


Figura 4 - Correlação Cruzada entre os dados de nível do mar (Estação Ilha Fiscal) e de pressão atmosférica (Estação Ponta da Armação).

Tabela 2 - Resumo das características da análise espectral cruzada das séries temporais do nível do mar (Estação Ilha Fiscal) e de pressão atmosférica (Estação Ponta da Armação).

Frequências (Hz)	Períodos (dias)	Coerência
$4,48 \times 10^{-07}$	25,8	0,72
$6,26 \times 10^{-07}$	18,5	0,64
$7,72 \times 10^{-07}$	15,0	0,83
$1,71 \times 10^{-06}$	6,8	0,67
$3,83 \times 10^{-06}$	3,0	0,72
$4,14 \times 10^{-06}$	2,8	0,77

A correlação cruzada entre nm e Wx mostrou picos de boa coerência para eventos com periodicidade de 6,9; 5,4; 4,3 e 2,8 dias (Figura 9 e Tabela 3), tendo o tempo de defasagem variado de 22,1 a 75,4 horas.

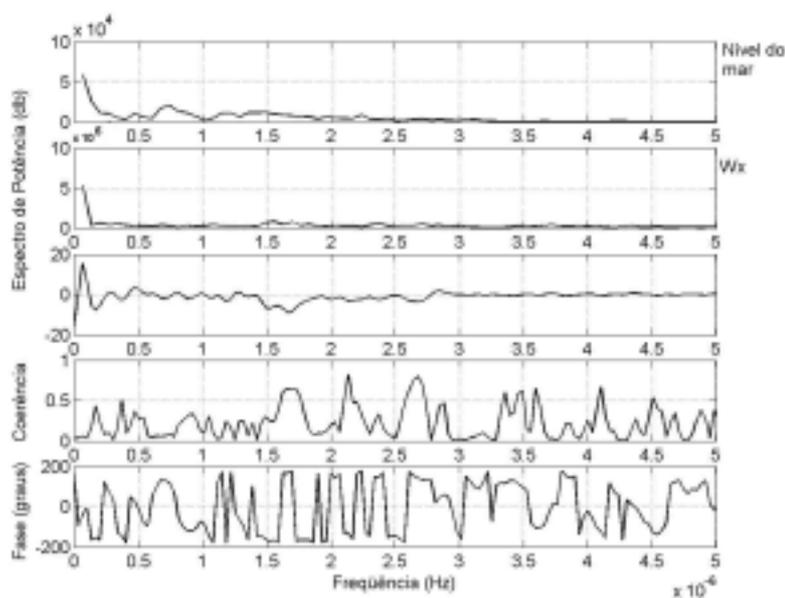


Figura 5 - Correlação Cruzada entre os dados de nível do mar (Estação Ilha Fiscal) e os da componente X do Vento – Wx (Estação Ponta da Armação).

Tabela 3 - Resumo das características da análise espectral cruzada das séries temporais do nível do mar (Estação Ilha Fiscal) e os da componente X do Vento – Wx (Estação Ponta da Armação).

Frequências (Hz)	Períodos (dias)	Coerência
$1,68 \times 10^{-06}$	6,9	0,64
$2,14 \times 10^{-06}$	5,4	0,82
$2,68 \times 10^{-06}$	4,3	0,78
$4,10 \times 10^{-06}$	2,8	0,68

A partir dos resultados da correlação cruzada entre nm e Wy, pode-se notar picos de boa coerência em eventos com periodicidade de 15,6; 12,1; 8,9; 5,4; 4,6; 3,2; 3,0 e 2,6 dias (Figura 6 e Tabela 4). O tempo de defasagem variou de 2,8 a 172 horas.

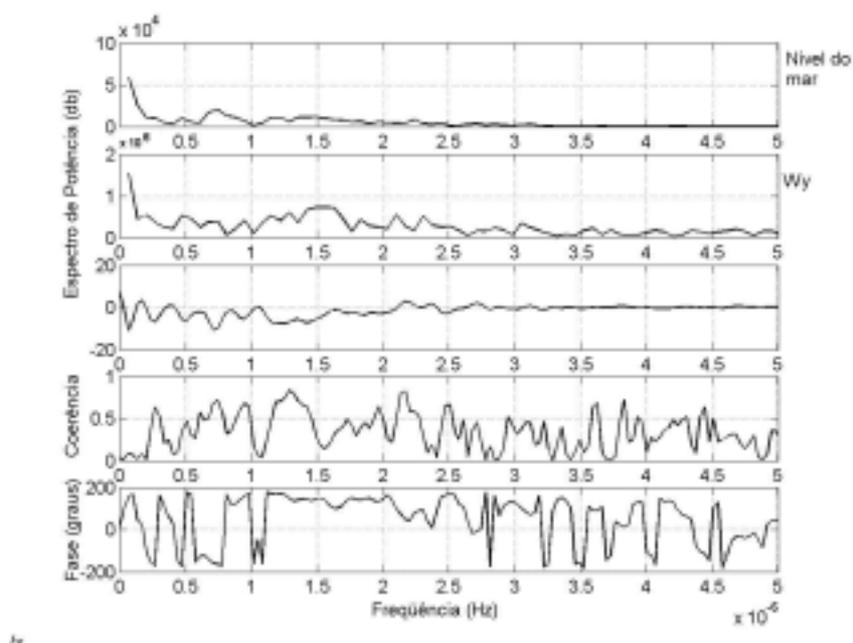


Figura 6 - Correlação Cruzada entre dados de nível do mar (Estação Ilha Fiscal) e da componente meridional do vento (Wy) (Estação Ponta da Armação).

Tabela 4 - Resumo das características da análise espectral cruzada das séries temporais do nível do mar (Estação Ilha Fiscal) e os da componente meridional do vento (W_y) (Estação Ponta da Armação).

Frequências (Hz)	Períodos (dias)	Coerência
$7,40 \times 10^{-07}$	15,6	0,70
$9,54 \times 10^{-07}$	12,1	0,66
$1,29 \times 10^{-06}$	8,9	0,83
$2,16 \times 10^{-06}$	5,4	0,81
$2,50 \times 10^{-06}$	4,6	0,65
$3,62 \times 10^{-06}$	3,2	0,66
$3,83 \times 10^{-06}$	3,0	0,69
$4,44 \times 10^{-06}$	2,6	0,61

Os resultados das correlações cruzadas entre a série temporal de nível do mar da Estação Cananéia e cada uma das séries de dados meteorológicos de São Sebastião são mostrados pelas Figuras 7, 8 e 9, e pelas Tabelas 4, 6 e 7.

A correlação cruzada entre nm e pa mostrou que há um grande número de picos com boa coerência em eventos com periodicidade que variam de 2,5 a 14,5 dias (Figura 7 e Tabela 5). O tempo de defasagem da resposta do nível do mar à pressão atmosférica variou de 1.9 a 148.2 horas.

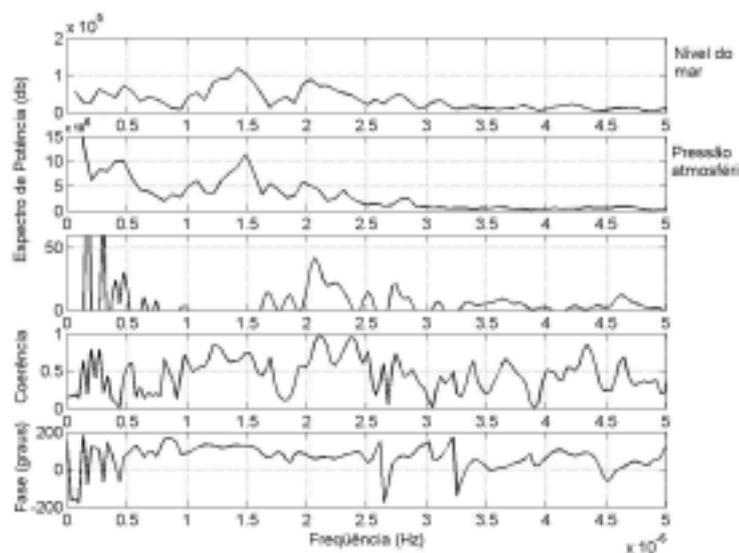


Figura 7 - Correlação Cruzada entre os dados de nível do mar (Estação Cananéia) e de pressão atmosférica (Estação São Sebastião).

Tabela 5 - Resumo das características da análise espectral cruzada das séries temporais do nível do mar (Estação Cananéia) e os de pressão atmosférica (Estação São Sebastião).

Frequências (Hz)	Períodos (dias)	Coerência	Defasagem (s)
$8,11 \times 10^{-07}$	14,3	0,65	
$9,89 \times 10^{-07}$	11,7	0,69	
$1,22 \times 10^{-06}$	9,5	0,85	
$1,50 \times 10^{-06}$	7,7	0,75	
$2,12 \times 10^{-06}$	5,5	0,98	
$2,38 \times 10^{-06}$	4,9	0,96	
$2,74 \times 10^{-06}$	4,2	0,70	
$3,39 \times 10^{-06}$	3,4	0,62	
$3,66 \times 10^{-06}$	3,2	0,65	
$4,34 \times 10^{-06}$	2,7	0,83	
$4,64 \times 10^{-06}$	2,5	0,67	

A correlação cruzada entre nm e Wx mostrou poucos picos de boa coerência para eventos com periodicidade que variaram de 2,7 a 11,6 dias (Figura 8 e Tabela 6). O tempo de defasagem variou de 22,1 a 75,4 horas.

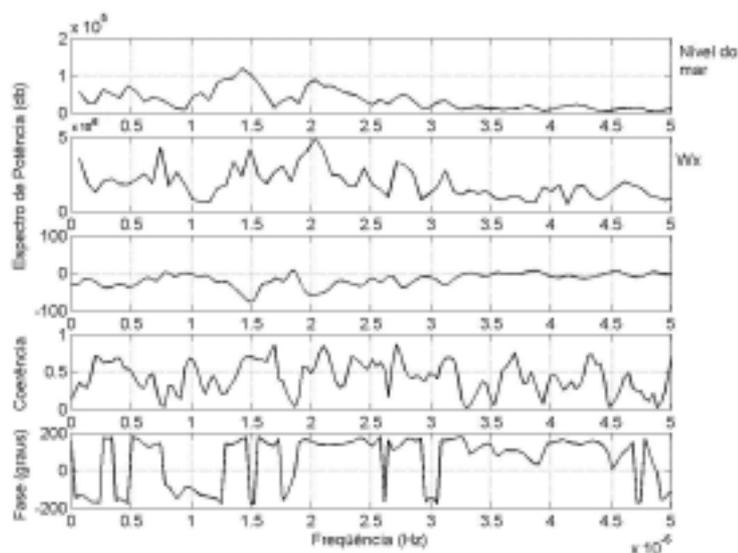


Figura 8 - Correlação cruzada entre os dados de nível do mar (Estação Cananéia) e os da componente X do Vento – Wx (Estação São Sebastião).

Tabela 6 - Resumo das características da análise espectral cruzada das séries temporais do nível do mar (Estação Cananéia) e os da componente X do Vento - W_x (Estação São Sebastião).

Frequências (Hz)	Períodos (dias)	Coerência
$9,96 \times 10^{-07}$	11,6	0,67
$1,46 \times 10^{-06}$	7,9	0,67
$2,10 \times 10^{-06}$	5,5	0,82
$2,71 \times 10^{-06}$	4,3	0,83
$3,15 \times 10^{-06}$	3,7	0,69
$3,69 \times 10^{-06}$	3,1	0,73
$4,33 \times 10^{-06}$	2,7	0,70

Nos resultados da correlação cruzada entre W_y , pode-se notar boa coerência nos eventos com periodicidade que variaram de 2,6 a 12,2 dias (Figura 9 e Tabela 7). O tempo de defasagem variou de 8,9 a 129,8 horas.

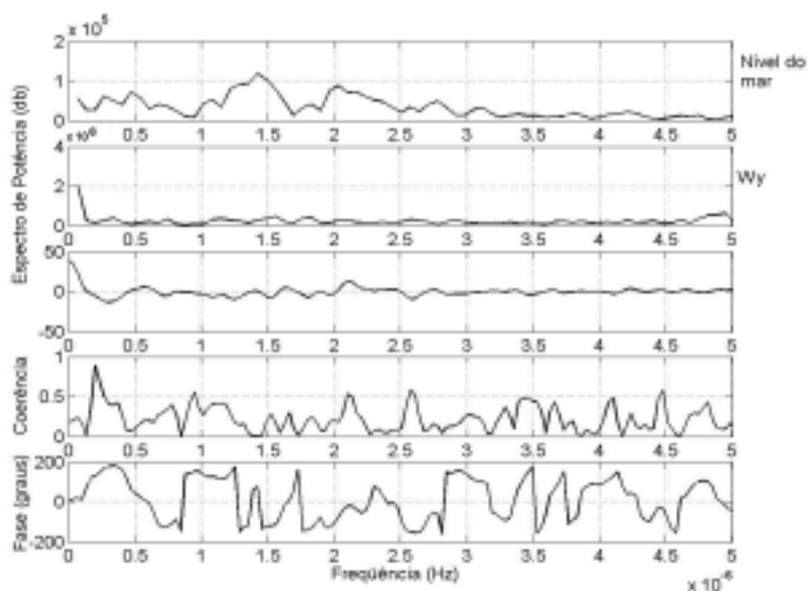


Figura 9 - Correlação cruzada entre os dados de nível do mar (Estação Cananéia) e os da componente meridional (W_y) (Estação São Sebastião).

Tabela 7 - *Resumo das características da análise espectral cruzada das séries temporais do nível do mar (Estação Cananéia) e da componente meridional do vento (W_y) (Estação São Sebastião).*

Frequências (Hz)	Períodos (dias)	Coerência	(ξ)
$9,51 \times 10^{-07}$	12,2	0,66	
$2,59 \times 10^{-06}$	4,5	0,83	
$4,47 \times 10^{-06}$	2,6	0,81	

De um modo geral, os eventos com período em torno de 5 e 14 dias no Rio de Janeiro e em torno de 5 dias em São Paulo tiveram as maiores coerências, com índices superiores a 0,80.

Discussão e Conclusão

A aplicação da metodologia para preenchimento de falhas das séries gerou bons resultados, uma vez que foram preservadas as características dos sinais espectrais, especialmente para as séries de pressão atmosférica. Essa técnica mostrou-se mais eficiente quando o interesse está focado nos eventos de baixa frequência.

O padrão de mau tempo típico da região estudada é a passagem de frentes frias. A origem das frentes frias que atingem o litoral sul-sudeste do Brasil é extratropical, proveniente de regiões de altas latitudes (Filippo, 1997), têm sua frontogênese associada ao gradiente de temperatura sobre o Atlântico e o campo de deformação entre as duas células subtropicais de alta pressão (anticiclone do Antártico e anticiclone do Atlântico) (Serra & Ratisbona, 1959). Estes sistemas frontais propagam-se frequentemente ao longo da costa entre 40°S e 20°S, embora possam alcançar latitudes tão baixas quanto 13°S durante o verão no hemisfério sul (Kousky, 1979). Sistemas frontais entre as latitudes 20°S e 34°S têm média 3-6 passagens por mês ao longo do ano, correspondendo a um período de 5 a 10 dias entre as frentes. Oliveira (1986) mostrou que a frequência de ocorrência de sistemas frontais tende a diminuir em direção ao equador e aumentar durante o inverno austral. A menor frequência de sistemas frontais acontece em fevereiro (3 por mês) e o máximo em outubro (5 por mês).

A plataforma continental do Meio-Atlântico da América do Sul é afetada por ventos de diferentes direções, como resultado da passagem de sistemas frontais e do anticiclone semi-permanente do Atlântico Sul. Stech e Lorenzetti (1992) estabeleceram que a velocidade de deslocamento das frentes frias para o nordeste é de aproximadamente 500 km/dia. Ventos no setor quente têm uma velocidade média de 5 m/s e giram de nordeste para noroeste (giro anticiclônico) com a aproximação da frente fria. No setor frio, ventos de sudoeste têm uma velocidade média de 8 m/s e giram de sudoeste à nordeste 24 h depois de passagem de uma frente fria.

A elevação do nível do mar junto à costa pode ser a diversos processos como (i) o transporte de Ekman, gerado por ventos paralelos à costa, e que pode transportar água em direção a ela; (ii) ventos perpendiculares à costa empurram a água diretamente para a costa; (iii) a elevação de ondas pela ação dos ventos e outras interações de ondas transportam água para a costa, somando-se aos dois primeiros processos; (iv) ondas de Kelvin geradas por ventos se propagam ao longo da costa; (v) a baixa pressão atmosférica dentro dos centros de baixa elevam o nível do mar de 1 cm para cada decréscimo de 1 hPa na pressão pelo efeito do barômetro invertido e, finalmente, (vi) a elevação induzida por tempestade (*storm surge*) somado ao efeito das marés locais, principalmente as preamares das marés de sizígia, podem potencializar a ação de uma tempestade relativamente fraca (Stewart, 2002).

Os resultados da análise espectral cruzada mostraram duas tendências diferentes das forçantes meteorológicas que agem na flutuação do nível do mar de cada estação avaliada.

A análise dos dados da estação Ilha Fiscal, RJ, indicaram a componente meridional do vento como a forçante dominante na flutuação de baixa frequência do nível do mar local, seguida pela componente zonal e pela pressão atmosférica. Já em Cananéia, SP, embora a componente meridional do vento também tenha se mostrado como a forçante de maior influência, a pressão atmosférica mostra-se mais atuante nas oscilações de baixa frequência que a componente zonal do vento (Tabela 8).

Embora fosse esperado que a tensão do vento atuasse como um processo mais eficiente comparada à pressão atmosférica direta (Wunsch, 1981; Castro, 1985), não foram encontradas diferenças notáveis em termos de coerência média (Tabela 8).

Tabela 8 – A coerência média e desvio-padrão entre as séries das variáveis meteorológicas e a do nível do mar.

Variável	Ilha Fiscal
Pressão Atm.	0,72 ± 0,08
W _x	0,73 ± 0,08
W _y	0,76 ± 0,13

As diferenças entre os resultados obtidos para as estações são, muito provavelmente, devidas às características locais tanto em termos fisiográficos, quanto climatológicos. Na área da Ilha Fiscal, no Rio de Janeiro, o litoral tem orientação E-W e, assim, a componente meridional de vento (W_y), representativa dos ventos de SW-S-SE, de maior intensidade e representativos de passagens de frentes frias, é perpendicular à costa. Em Cananéia, São Paulo, o litoral é alinhado na direção SW-NE e W_y é representativa dos ventos de SE, típicos de períodos finais da passagem de frentes frias e com intensidades mais fracas.

Agradecimentos

À Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN pela cessão dos dados necessários para este estudo. Ao Laboratório de Modelagem de Processos Marinhos e Atmosféricos - LAMMA do Departamento de Meteorologia da UFRJ pelo apoio e amizade.

Referências

- Ackroid, M. H. Digital Filters. London: D. W. Hill. 1973. 79 p.
- Brink, K. H. The effect of bottom friction on low-frequency coastal trapped waves. Journal of Physical Oceanography, v.12, n.2, p.127-133. 1982.
- Brink, K. H. Coastal-trapped waves and wind-driven currents over the Continental Shelf. Annual Review of Fluid Mechanics, v.23, p.389-412. 1991.
- Castro, B. M. Subtidal response to wind forcing in South Brazil Bight during winter. (Doctoral dissertation). University of Miami, Miami, 1985. 211 p.
- Castro, B. M., Miranda Luiz B. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located Between 4 N and 34 S. In: A. R. Robinson, Brink, Kenneth H. (Ed.). The Sea: John Wiley & Sons, Inc., v.11, 1998. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located Between 4 N and 34 S, p.209-251
- Neves Filho, S. d. C. Variação da Maré Meteorológica no Litoral Sudeste do Brasil : 1965 - 1986. (Dissertação de Mestrado). COPPE - Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992. 113 p.
- Filippo, A. M. Passagem de Frentes Frias na Baía de Guanabara, RJ - Brasil: Impacto no nível do mar. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói, 1997. 79 p.
- Gill, A. E. e E. H. Schumann. Topographically Induced Changes in Structure of an Inertial Coastal Jet: Application to the Agulhas Current. Journal of Physical Oceanography, v.9, September 1979, p.975 - 991. 1979.
- INEMET. Normais Climatológicas: Instituto Nacional de Meteorologia. 2002 2002.
- Kousky, V. E. Frontal influences on northeast Brazil. Mon. Weather Rev., v.107, n.9, p.1140-1153. 1979.
- Middleton, G. V. Data analysis in the Earth Sciences Using MatLab. New Jersey: Prentice Hall. 2000. 260 p.
- Nobre, P. A Variabilidade Interanual do Atlântico Tropical e sua Influência no Clima da América do Sul. Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática: INPE/MCT 1996.
- Oliveira, A. S. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção na Amazônia. (MSc. dissertation). Instituto de Pesquisas Espaciais - INPESão José dos Campos - SP, 1986.
- Oliveira, G. S. e P. Satyamurty. O El Niño de 1997/98: evolução e impactos no Brasil. X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília - DF. realizado de 26 a 30 de outubro de 1998, 1998. Resumos expandidos.

- Pereira, B. D. B., M. B. Z. Pais, *et al.* Análise Espectral de Séries Temporais - Uma Introdução para Engenharia, Economia e Estatística. Rio de Janeiro: Arte Final Leasing Editorial. 1986. 109 p.
- Robinson, A. R. Continental shelf waves and the response of sea level to weather systems. Journal Geophysical Research, v.69, p.367-368. 1964.
- Serra, A. e L. Rastibonna. As Massas de Ar da América do Sul. Revista Geográfica do Instituto Pan-Americano de Geografia e História, v.25, n.51, Jul-Dez, p.67-129. 1959.
- Stech, J. L. e J. A. Lorenzetti. The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. Journal Geophysical Research, v.97, n.C6, p.9507-9520. 1992.
- Stewart, R. H. Introduction To Physical Oceanography. Galveston: Texas A & M University. 2002. 350 p.
- The Mathworks, Inc. Matlab software. Release 12. 2000.
- The Mathworks, Inc.. Matlab The Language of Technical Computing 2001.
- Welch, P. D. The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra: A Method Based on Time Averaging Over Short, Modified Periodograms. IEEE, v.AU-15, June 1967, p.70-73. 1967.
- Wunsch, C. Low-Frequency Variability of the Sea. In: B. A. Warren e C. Wunsch (Ed.). Evolution of Physical Oceanography. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1981. Low-Frequency Variability of the Sea, p.342-374