

Eventos de frentes frias e centros de baixa pressão modulando ventos locais medidos ao largo da Bacia de Santos e implicações para a circulação registrada por derivadores rastreados por satélite

Arcilan Trevenzoli Assireu
Rafael dos Reis Pereira
Michelle Simões Reboita

Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajuba, 37500-903
arcilan@unifei.edu.br; mireboita@gmail.com; fael.reis89@gmail.com

Abstract: Time series of wind stress computed from three months wind measured on an oil platform was used to examine forcing of surface inertial current by wind. Synoptic weather charts available at www.cptec.inpe.br and www.mar.mil.br, prepared by the Weather Forecast and Climatic Studies Center (CPTEC) of the Brazilian National Institute for Space Research (INPE) and Brazil Navy, respectively, were analyzed for each inertial current event to identify the associated meteorological feature. In similar way, these analyses were carried out based on the local wind data. The features observed generally fell into three classifications for our study area: 1) cold front; 2) low systems; and 3) sea breeze. During this period the winds from the north-east (between 20 and 50 graus) presented a rotary spectra with a significant peak close to the diurnal period with pronounced more counterclockwise energy than clockwise energy, as expected for a sea breeze.

Palavras-chave: Current-wind resonance, satellite-tracked drifter, ressonância atmosfera-oceano, derivador rastreado por satélite.

1. Introdução

O cisalhamento do vento é uma das principais forçantes da circulação oceânica em superfície. Por isso o entendimento do regime de ventos é fundamental para estudos sobre dispersão de poluentes e de larvas de peixes, para trocas gasosas entre oceano e atmosfera, formação de ondas e processos de mistura no oceano, além de sua importância para navegação.

A costa sudeste é uma região que está sob a influência constante do ramo oeste da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e faz com que o escoamento climatológico do vento seja de norte/nordeste aproximadamente paralelo à linha média da costa (Reboita et al., 2012). Sob certas condições este escoamento pode sofrer influência significativa de sistemas transientes como frentes frias (Stech e Lorenzetti, 1992; Simmonds e Keay, 2000; Reboita et al., 2009), e de ciclones e anticiclones (Reboita et al., 2010; Reboita et al., 2012). Como esses sistemas modificam a direção e intensidade dos ventos atuantes na costa sul/sudeste do Brasil, podem contribuir para a ocorrência de oscilações quase inerciais no oceano.

A resposta da circulação oceânica à atuação de sistemas frontais na costa sul/sudeste do Brasil foi analisada por Stech e Lorenzetti (1992), que a partir de modelo numérico demonstraram a importância do vento para a circulação local. A partir de dados de derivadores, Assireu et al. (2003) verificaram diferenças sazonais na condição média das correntes oceânicas locais o que foi relacionado a sistemas meteorológicos.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo identificar, a partir de dados medidos *in situ* e de dados da reanálise do ECMWF ERA-Interim, os sistemas atmosféricos que foram responsáveis pela mudança da direção e intensidade dos ventos registrados em uma estação meteorológica a aproximadamente 100 km da costa, mais especificamente na posição 24,4° S e 43,8° O entre os dias 07 de setembro e 22 de novembro de 2007.

2. Materiais e Métodos

2.1. Dados Observados

Os dados de direção e intensidade do vento foram medidos a cada hora cheia por uma estação meteorológica instalada em uma plataforma de petróleo a 10 metros acima do nível do mar, localizada em 24,4° S e 43,8° O. A plataforma estava em sua fase inicial de implementação, por esse motivo não havia obstáculos à passagem dos ventos. Os dados disponibilizados pela operadora compreendem três meses de medição compreendendo o período entre 07 de Setembro e 22 de novembro de 2007.

2.2. Dados de Reanálise

A fim de realizar uma análise dos processos associados à reversão dos ventos, para o período entre 08 de Setembro e 22 de Novembro de 2007, foram utilizados dados para os quatro horários sinóticos (00, 06, 12 e 18 UTC) de vento em 1000hPa (ms^{-1}) divergência em 1000hPa (S^{-1}), vorticidade (S^{-1}), geopotencial e pressão ao nível médio do mar (hPa) obtidos da reanálise ERA-Interim do ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) com resolução horizontal de 0,75° (disponíveis em: http://data-portal.ecmwf.int/data/d/interim_daily/levtype=pl/). A área em estudo está compreendida entre as latitudes de 10° a 44° S e longitude de 30° a 60° O, e os dados foram obtidos em dois níveis de pressão da atmosfera (1000 e 500hPa). Os dados de reanálise foram plotados utilizando o software GrADS separando os conjuntos de variáveis:

a) Divergência em 1000hPa, Pressão ao nível média do ar e Vetor vento em 1000hPa (Figura 1a). Valores positivos indicam divergência e valores negativos convergência.

b) Geopotencial em 1000hPa, Pressão ao Nível Médio do Mar e Vetor Vento em 1000hPa (Figura 1b).

c) Vorticidade em 1000hPa e Pressão ao Nível Médio do Mar (Figura 1c). Valores positivos indicam vorticidade anticiclônica e valores negativos indicam vorticidade ciclônica.

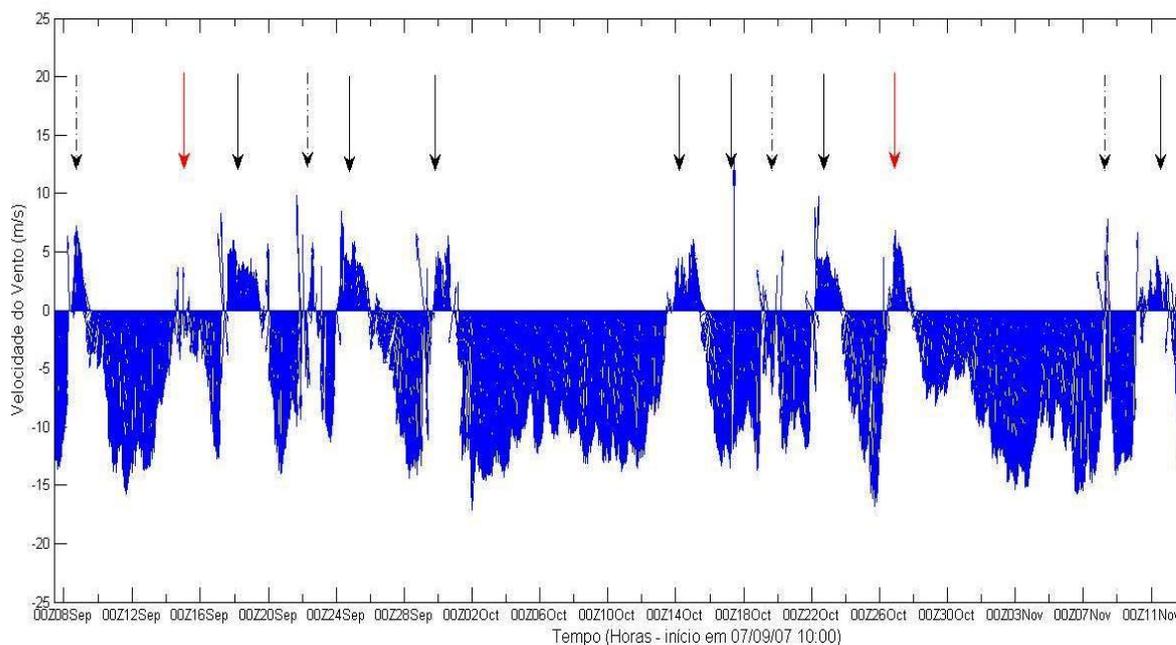


Figura 2. Série de direção e intensidade (ms^{-1}) do vento entre 07 de setembro e 22 de novembro, medidos pela estação meteorológica localizada em $24,4^\circ \text{ S}$ e $43,8^\circ \text{ O}$. Setas cheias indicam a atuação de frentes frias, as setas pontilhadas indicam a atuação de sistemas de baixa pressão enquanto as setas vermelhas indicam os processos não identificados.

3.2. Análise

Ocorreram 14 inversões na direção predominante (N/NE) do vento, identificadas pelos vetores positivos (quadrante sul) e separadas entre elas por períodos com vento de norte ou nordeste como pode ser visto na Figura 6. Oito casos são explicados pela passagem de sistemas frontais frios (FF) (setas pretas Fig. 6) que têm como característica o escoamento de sul, e outros sete casos são decorrentes de outros processos separados entre Baixa Pressão (BP) (setas pretas pontilhadas Fig. 6) e Não Identificados (NI) (setas vermelhas Fig. 6). Os casos serão analisados na próxima seção.

A tabela 1 apresenta na primeira coluna a data em que foi verificado o início da inversão dos ventos nos dados observados pela estação. Na segunda coluna são apresentados os períodos em que os ventos permaneceram do quadrante sul ou variando rapidamente entre norte e sul. Os processos sinóticos associados são indicados na terceira coluna. O caso em que há apenas um vetor do quadrante sul (17 de Outubro) não foi considerado na tabela e nos cálculos das médias finais.

Tabela 1. Data de início, duração (horas) e causa associada a cada inversão de vento.

Data	Duração	Causa
08/09	42	BP
14/09	24	NI
17/09	72	FF
21/09	36	BP
24/09	60	FF
29/09	48	FF
13/10	60	FF
19/10	30	BP
22/10	48	FF
26/10	48	NI
08/11	18	BP
10/11	60	FF
14/11	60	FF
18/11	72	FF

3.2.1.Frentes Frias (FF)

As inversões na direção do vento ocorridas nas datas 17, 24, 29 de Setembro, 13, 22 de Outubro e 10, 14 e 18 de Novembro estiveram associadas à passagem de frentes frias. A passagem de FF é bem representada pelos campos da reanálise, é possível observar o escoamento de vento convergente, os valores negativos do campo de divergência na linha da frente, o menor espaçamento das linhas de PNM e o aumento do gradiente dos valores de geopotencial, na maior parte dos casos também se observa vorticidade negativa, estas características podem ser verificadas nesta seção nas Figuras 7 e 8, e no anexo B para os casos de FF. O vento observado para o dia 17 de Setembro tem inversão às 06Z e a reanálise mostra a inversão às 00Z (Figura 3a). É possível identificar a frente pela região de convergência dos ventos indicada pelos vetores e por valores negativos de divergência.

Quando se compara o tempo inicial de inversão nos dois dados, nota-se um intervalo de tempo entre o medido e a reanálise para alguns casos variando entre 6 e 12 horas. O vento observado para o dia 17 de Setembro tem inversão às 06Z e a reanálise mostra a inversão às 00Z (Figura 3a). É possível identificar a frente pela região de convergência dos ventos indicada pelos vetores e por valores negativos de divergência.

Uma atenção deve ser dada à passagem de uma FF no dia 05 de Novembro. Nos campos de reanálise é possível ver a inversão dos ventos às 00Z (Figura 4a) e rápida variação de geopotencial (Figura 4b), indicativos da passagem da FF como foi verificado nos outros casos. Porém os dados observados não apresentam inversão dos ventos, ocorrendo apenas o

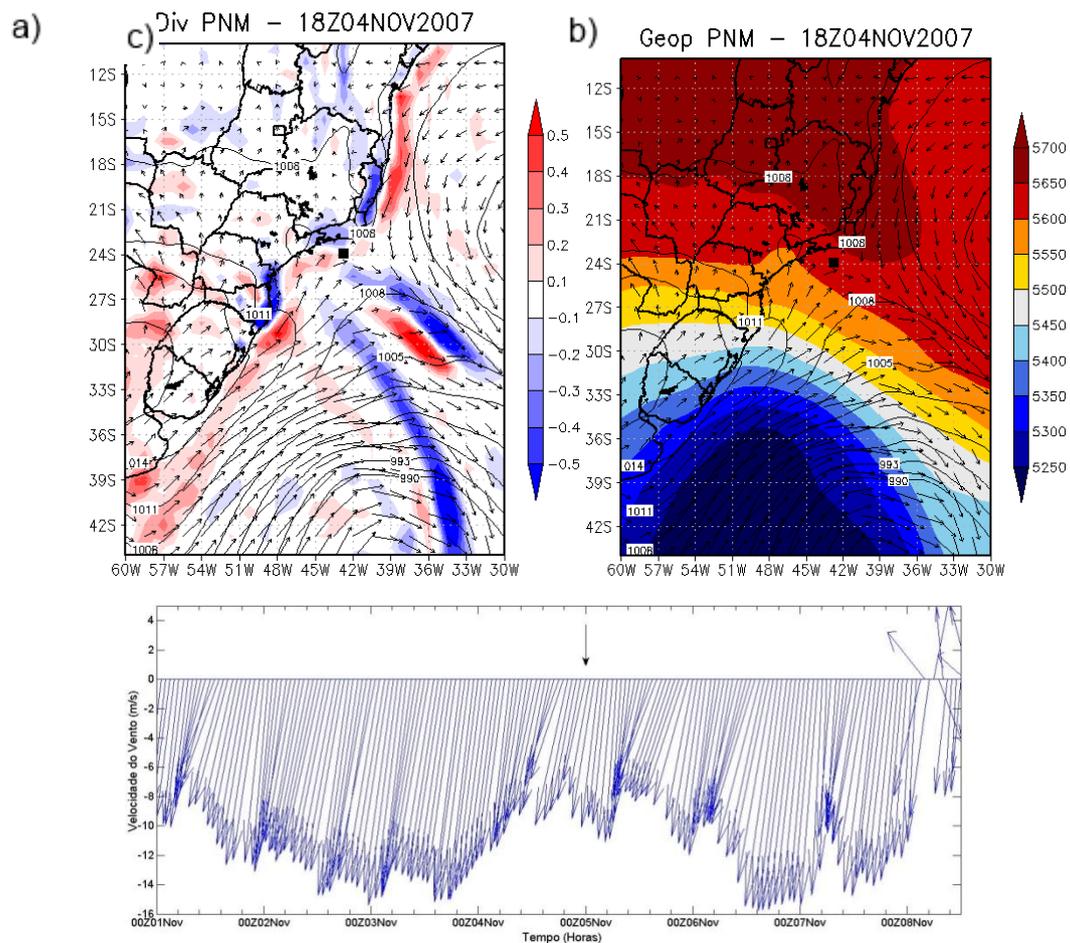


Figura 4. a) Divergência (S^{-1}) e vento (ms^{-1}) em 1000 hPa e PNM (hPa); b) geopotencial, vento (ms^{-1}) em 1000hPa com PNM (hPa); c) Vento observado (seta indica o período de menor intensidade). Para o dia 05 de Novembro às 00Z.

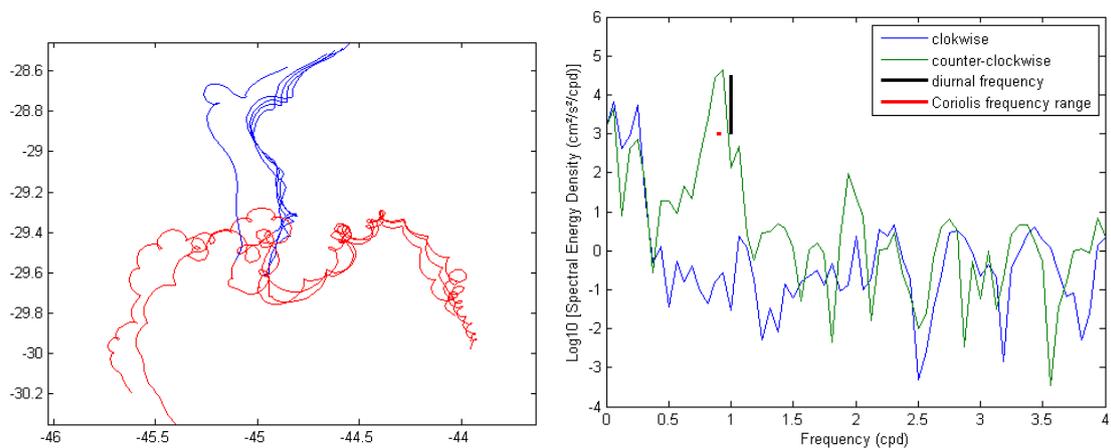


Figura 5. a) Transição do escoamento médio para correntes inerciais (azul/vermelho) e b) espectro rotacional de energia típica dos derivadores em movimento inercial.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram analisados dados de vento horários medidos em uma plataforma de petróleo, onde buscou-se investigar a relação entre alterações no regime de vento e processos sinóticos. Os resultados indicaram que:

- A passagem de FF é responsável por 57% (8 casos) dos casos de inversão da direção do vento, sendo que estes se mantêm de quadrante sul por um período aproximado de 60 horas em média, com um máximo de 72 horas e um mínimo de 48 horas;
- Uma baixa pressão indicada pela ondulação nas linhas de PNM pode alterar o escoamento médio. Foi verificado que as inversões relacionadas à BP têm duração média de aproximadamente 32 horas e compreendem 28% (4 casos) dos casos observados;
- Dois casos de inversão não puderam ser explicados por completo através da análise e podem estar relacionados a processos de menor escala, a exemplo da circulação de brisa;
- Movimentos inercias no oceano, induzidos principalmente por frentes frias, foram observados a partir dos dados dos derivadores rastreados por satélite.
- Este trabalho representa subsídio importante para estudos sobre interação oceano-atmosfera na costa SE/S do Brasil, ao permitir uma associação entre processos sinóticos, facilmente obtíveis, a partir de cartas sinóticas, e ventos locais, raramente disponíveis.

Agradecimentos: À Eni Oil do Brasil pelos dados utilizados neste trabalho e à FAPEMIG pelo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assireu, A. T. **Estudo das Características Cinemáticas e Dinâmicas das Águas de Superfície do Atlântico Sul Ocidental a partir de Derivadores rastreados por Satélite.** Tese de Doutorado em Oceanografia Física, IO-USP, 174 pg., 2003.

Reboita, M. S. Análise de Ciclone Semi-estacionário na Costa Sul do Brasil Associado a Bloqueio atmosférico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 4, p. 407-422, 2009.

Reboita, M. S.; krusche, N.; Ambrizzi, T.; da rocha, R. P. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terra e Didática**, v. 8, n. 1, 34-50, 2012.

SIMMONDS, I.; KEAY, K. Mean SH Extratropical Cyclone Behaviour in the 40-Year NCEP-NCAR Reanalysis. **J. Climate**, v. 13, p. 873-885, 2000.

STECH, J. L.; LORENZETTI, J. A. The Response of the South Brazil Bight to the Passage of Wintertime Cold Fronts. **Journal Geophysical Research**, v. 97, n. 66, p. 9507-9520, 1992.