

ESTRUTURA VERTICAL E TRANSPORTES ASSOCIADOS EM UM ANEL DAS AGULHAS

Barros¹, M.I.S.; Azevedo¹, J. L. L.

¹Laboratório de Estudos dos Oceanos e Clima- Instituto de Oceanografia – Universidade Federal do Rio Grande – FURG Av. Itália Km 08 Rio Grande – RS CEP 96203-900
m.isabel.barros@gmail.com

RESUMO

Utilizando mapas diários de anomalia da superfície do mar, anéis emitidos pela Retroflexão das Agulhas entre os anos de 2008 e 2012 foram identificados e foi avaliado o transporte de sal, calor e volume de um vórtice antes e depois da passagem pela Cadeia Walvis. Foram identificados 30 vórtices entre o período de janeiro de 2008 a dezembro de 2013 de duração maior que 6 meses. Desses 30, foram selecionados os 7 maiores e que tinham origem mais próxima à região de Retroflexão da Corrente das Agulhas. Um vórtice foi escolhido para a reconstrução de seções zonais de temperatura e salinidade. Ele foi observado inicialmente em 17 de maio de 2011 e durou 613 anos.

Palavras chave: anéis das Agulhas, Argo, altimetria,

INTRODUÇÃO

Vórtices oceânicos são feições de mesoescala caracterizadas por linhas de corrente fechadas (Calado, 2006). Possuem águas de características termohalinas típicas das regiões onde foram formados e promovem o transporte de sal, calor e momentum em seu deslocamento pelos oceanos. Eles têm um papel fundamental no balanço dinâmico e termodinâmico dos oceanos, o que pode ser visto no Oceano Atlântico Sul, que recebe sal e calor do Oceano Índico por intermédio dos vórtices gerados na Retroflexão das Agulhas, os quais alimentam o giro subtropical (Gordon, 1986).

A região de Retroflexão das agulhas é uma das mais energéticas do globo (Lutjeharms, 2006). Sua localização aproximada é em torno de 16 e 20° E (Lutjeharms & Van Ballegooyen, 1988). Nesse local os vórtices são liberados a uma frequência média de 6 por ano (e.g., Byrne et al., 1995) e são responsáveis por um grande vazamento das águas do Oceano Índico para o Oceano Atlântico. Diferentes autores indicam que esse vazamento de Água Central do Oceano Índico Sul é a principal fonte de águas de termoclina do Atlântico Sul e tem efeito de gerar águas mais salinas e quentes (van Ballegooyen et al. 1994, Gordon, 1986) nessa região, auxiliando o balanço da termoclina do Oceano Atlântico como um todo, e participando posteriormente da formação da Água Profunda do Atlântico Norte (Gordon, 1986).

Conforme seguem para longe da sua região de formação, a amplitude dos vórtices sofre um decréscimo. Byrne et al. (1995) encontraram uma diminuição de até 90% na amplitude de vórtices observados pelos satélites quando chegam a 40W. Foi observado também que durante sua passagem pela Cadeia Walvis no Atlântico Sul (em aprox. 28°S, 3°W) eles têm uma diminuição considerável de sua amplitude e o sinal de altura da superfície do mar não é mais captado pelos altímetros (Schouten et al., 2000). Os mecanismos responsáveis pelo desaparecimento ainda são pouco conhecidos e trabalhos tem utilizado modelos numéricos (Guerra, 2001). A utilização de dados *in situ* como flutuadores Argo pode trazer um auxílio nessa questão pela sua grande cobertura espacial e temporal. Este trabalho utilizará dados de temperatura e salinidade de CTDs presentes em perfiladores Argo para avaliar o transporte de volume, sal e calor bem como a evolução de seções zonais de temperatura e salinidade ao longo da trajetória de um vórtice.

OBJETIVOS

Analisar a estrutura vertical e transportes associados de um vórtice liberado na região de Retroflexão das Agulhas em sua trajetória para oeste no Oceano Atlântico Sul.

METODOLOGIA

Os vórtices foram identificados a partir de mapas diários de anomalia da superfície do mar (ASM) distribuídos pela AVISO para o período de janeiro de 2008 a dezembro de 2012 na região de 20°L a 50°W e de 50°S a 10°S. Os mapas são produzidos com dados multi-satelitais referentes a uma média de 20 anos (1992-2012) e tem resolução espacial de 1/4°. Para identificação e acompanhamento das trajetórias foi utilizado um algoritmo automático desenvolvido em linguagem Python por Evan Mason, Ananda Pascual e James McWilliams e foi descrito por Mason et al. (2014). Foram escolhidos para análise os vórtices de trajetória de duração maior que 200 dias, tempo mínimo observado para que atravessem a Bacia do Cabo e cheguem à Cadeia Walvis.

Os dados de temperatura, salinidade e pressão são provenientes de CTDs presentes em flutuadores Argo que atravessaram ou foram capturados pelos vórtices previamente escolhidos na região do OAS. Eles foram utilizados para investigar a estrutura vertical (em seções verticais) dos vórtices bem como o transporte de sal, calor e volume. Para se obter a estrutura vertical a escolha de quais perfis verticais de temperatura e salinidade seriam utilizados seguiu a metodologia descrita por Souza et al. (2011) com algumas adaptações: a posição de cada vórtice foi dada diariamente então só foram escolhidos perfis de até um dia de diferença e que se encontravam a uma distância de até de até 2 ° de cada vórtice, que foram supostamente simétricos. As seções verticais construídas serão uma média para o período antes e depois da passarem pela Cadeia Walvis. Os perfis incorporados na seção média serão normalizados seguindo a metodologia sugerida pelos autores supracitados, em que as anomalias de temperatura e salinidade são corrigidas segundo a amplitude do vórtice e a distância do perfil ao centro é corrigida pelo seu diâmetro.

Para o cálculo das anomalias serão utilizadas médias climatológicas do World Ocean Atlas, abrangendo o período de 2005 a 2012, que representaram valores médios de temperatura e salinidade dos oceanos. O cálculo do volume do vórtice foi realizado considerando-o tipo lente e segundo a fórmula

$$V = \frac{\pi f_0^2 r_0^4}{16g'}$$

Esse valor foi multiplicado a uma média das anomalias para obtenção dos transportes.

RESULTADOS

Trinta vórtices com duração de mais de 180 dias foram identificados. Desses foram escolhidos 7 de maior duração e que tiveram no mínimo 20 perfiladores cruzando com suas trajetórias. Foram encontrados média 85±62 perfis por vórtice, tiveram amplitude média de 22,71±5,12 cm e raio médio de 14274±17,98 km e velocidade média de propagação de 4,97±0,30 cm/s. O tamanho médio do raio está dentro dos valores característicos para os anéis das Agulhas Lutjeharms & van Ballegooyen, 1988) bem como a amplitude e a velocidade de propagação. Os valores para cada vórtice estão presentes na tabela abaixo.

Tabela 1. Características gerais dos vórtices identificados entre janeiro de 2008 e dezembro de 2013.

Nº da trajetória	Nº de perfis	Amplitude média (cm)	Desv. Pad. Amplitude	Raio médio (km)	Desv. Pad. Raio (km)	Duração (dias)	Velocidade média (cm/s)
2	25	21,6	3,5	112,8	13,2	248	4,8
6	161	33,1	6,6	164,5	35,8	538	5,1
11	83	18,8	3,5	147,6	33,0	279	5,1
12	33	24,3	3,1	142,1	27,1	238	4,6
18	47	22,2	5,2	125,7	14,6	180	5
20	184	21,8	6,3	157,6	29,2	613	4,7
21	65	17,2	4,7	148,9	28,3	725	5,5

Foi escolhido o vórtice representado pela trajetória 20. A escolha dessa trajetória se deve ao seu tamanho – é a segunda maior – por atravessar o Atlântico e pelo maior número de perfis de perfiladores que cruzaram seu caminho, permitindo uma reconstrução mais realista. Ele foi observado inicialmente no dia 17 de maio de 2011, durou 613 dias. A figura 1 apresenta sua trajetória bem como os perfis que serão utilizados na reconstrução das seções zonais de temperatura e salinidade

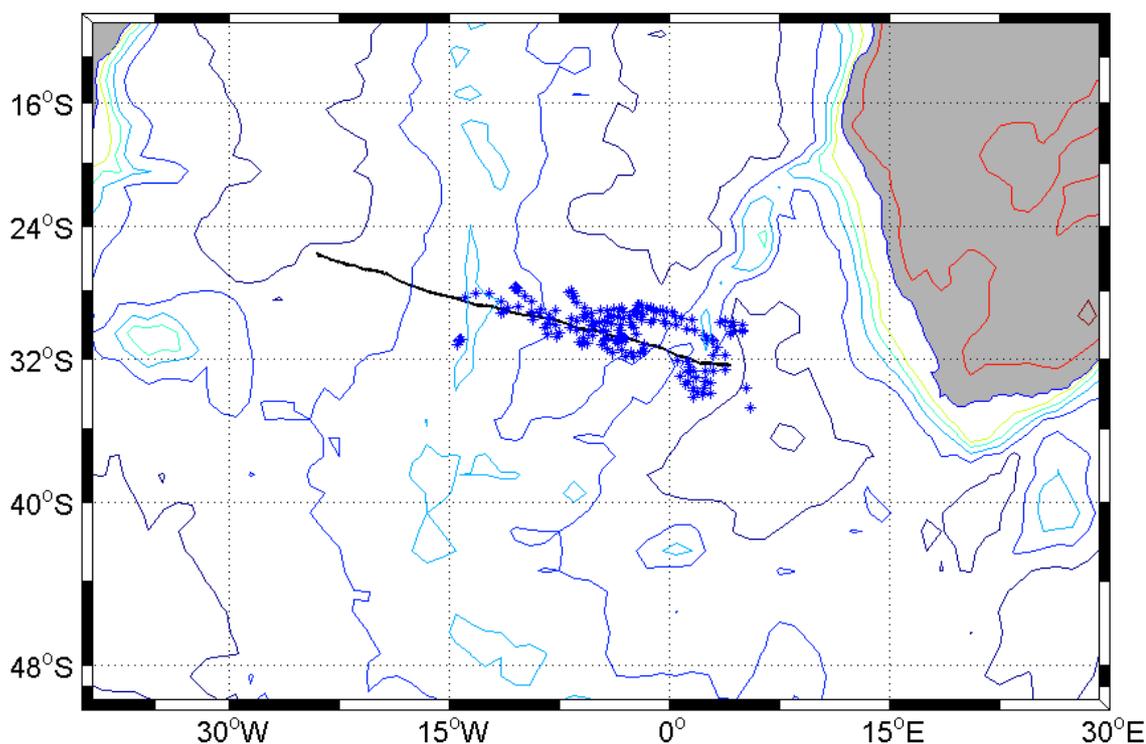


Figura 1. Trajetória do vórtice observado em 16 de maio de 2011. Os pontos azuis representam os perfis que foram utilizados na reconstrução da estrutura vertical. As linhas representam as isolinhas de profundidade, com intervalos de 100 metros

CONCLUSÕES

Como resultados preliminares foram identificados 30 vórtices entre o período de janeiro de 2008 a dezembro de 2013 de duração maior que 6 meses. Desses 30, foram escolhidos os 7 maiores e que tinham origem mais próxima à região de Retroflexão da Corrente das Agulhas. Para análise da estrutura vertical foi escolhida apenas uma trajetória de um vórtice que atravessou o Oceano Atlântico Sul e que tinha maior número de perfis capturados. Os perfis de temperatura e salinidade foram separados e serão normalizados e projetados em um perfil zonal que tem origem no centro do vórtice.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BYRNE, D. A., GORDON, A. L., HAXBY, W. F. 1995. Agulhas eddies a synoptic view using Geosat ERM data. **Journal of Physical Oceanography**. 25:902-917.
- CALADO, L.; Dinâmica da interação da atividade de meso-escala da Corrente do Brasil com o fenômeno da ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé, RJ. 159 p Tese de doutorado – Instituto Oceanográfico, USP. 2006.
- GORDON, A. L., 1986. Inter-ocean exchange of thermocline water. **Journal of Geophysical Research**. 91, n. C4 5037:5046.
- LUTJEHARMS, J. R.E. 2006. The Agulhas Current. **Springer**.
- LUTJEHARMS, J. R. E., VAN BALLEGOOYEN, R. C. 1988. The Retroflexion of the Agulhas Current. **Journal of Physical Oceanography**.18:1570-1583.
- MASON, E., PASCUAL, A., MCWILLIAMS, J. 2014: A New Sea Surface Height–Based Code for Oceanic Mesoscale Eddy Tracking. **J. Atmos. Oceanic Technol.** 31:1181–1188.
- SCHOUTEN, M. W., DE RUIJTER, W. P. M., VAN LEEUWEN, P. J., et al. 2000. Translation, decay and splitting of Agulhas rings in the southeastern Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research**. 105:21913-21925.
- SOUZA, J. M. A. C., DE BOYER MONTÉGUT, C., LE TRAON, P. Y. 2011. Comparison between three implementations of automatic identification algorithms for the quantification and characterization of mesoscale eddies in the South Atlantic Ocean. **Ocean Science**. 7:317-334.
- VAN BALLEGOOYEN, R. C., GR UNDLINGH, M. L., LUTJEHARMS, J. R. E.1994. Eddy fluxes of heat and salt from the southwest Indian Ocean into the southeast Atlantic Ocean: A case study. **Journal of Geophysical Research**. 99:14053-14070.