

A INFLUÊNCIA DAS ÁGUAS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO ATLÂNTICO SUDOESTE NA CONFLUÊNCIA BRASIL-MALVINAS

Freitas, A. C.¹; Calado, L.²; Bianchi, A. A.³

¹PPG em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, Universidade Federal Fluminense - UFF

²Marinha do Brasil - Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM

³Departamento Oceanografia, Servicio Hidrografía Naval - SHN

ekmam@yahoo.com; leandro_calado@hotmail.com; abianchi@hidro.gov.ar

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de estudar a interação entre as águas de baixa salinidade da plataforma continental (PC) do Atlântico Sudoeste (ASO) e a variabilidade de sua exportação em direção ao oceano aberto, através da Confluência Brasil-Malvinas (CBM). Nesta região, foram realizados cálculos de velocidade e transporte, utilizando dados hidrográficos históricos. O cálculo de transporte das águas da PC através da CBM também foi realizado a partir resultados de um modelo numérico (*Princeton Ocean Model* - POM) para região localizada entre 26° e 45° S e 42° e 62° W. A distribuição de salinidade a partir dos dados hidrográficos comprova a presença de águas da PC na CBM. Em alguns casos, pode-se observar um filamento de baixa salinidade com mais de 140 m de profundidade e com uma largura de até 90 km. Os transportes geostróficos das camadas com salinidades inferiores a 33.8 variaram entre 0.15-1.2 Sv ($10^6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), em direção ao sul. A análise dos resultados, obtidos através do POM, revela que as águas com salinidades inferiores a 33.8 cruzam a isóbata de 200 m durante todo o período analisado (com um transporte de até 2.4 Sv), atingindo inclusive a isóbata de 1000 m em quase todo o período (transporte máximo de 0.5 Sv), com exceção dos meses de inverno. Regiões oceânicas, localizadas mais ao sul da área de estudo, apresentam, na maioria do período analisado, menor influência das águas da PC e, conseqüentemente, baixos valores de transporte ($<-0.25 \text{ Sv}$). O valor do transporte vai depender, além da velocidade, da forma com que o filamento chega à região oceânica. Determinadas radiais serão mais ou menos influenciadas pela presença desta estrutura. A variabilidade da Corrente das Malvinas (CM) pode modular a transferência das águas da PC em direção ao talude e oceano profundo.

Palavras chave: Confluência Brasil-Malvinas, filamentos, baixa salinidade, POM.

INTRODUÇÃO

A PC do ASO é dominada por aportes fluviais expressivos, tais como o do Rio da Prata (RdP) e do complexo Patos-Mirim, desenvolvendo uma pluma de baixa salinidade, formada pela Água da Pluma do Prata (APP). A extensão meridional dessa pluma, sobre a PC, varia sazonalmente. Ventos de nordeste, predominantes durante o verão, retêm a pluma mais ao sul (MÖLLER et al., 2008). Por outro lado, ventos de sudoeste, predominantes durante o outono e inverno, dirigem a pluma em direção a baixas latitudes, gerando uma anomalia de salinidade superficial (MATANO et al., 2014). Ao longo das costas norte Argentina, Uruguia e Sul Brasileira a APP se mistura com outras massas de água. A PC Argentina é dominada por águas com salinidades entre 33.4 e 33.8 (BIANCHI et al., 2005). Essa água é originada da diluição da Água Subantártica (ASA) e ao entrar na PC Argentina é modificada pela mistura com as águas de baixa salinidade (~ 32) oriundas do Estreito de Magalhães formando a Água Subantártica de Plataforma (ASAP).

Alguns autores observaram a presença de águas de baixa salinidade na região da CBM. Gordon (1989) atribuiu a presença dessas águas à mistura das águas da PC, com influências subantárticas, com as águas do RdP. Esse autor também especulou sobre a possível influência de fortes precipitações regionais como fator responsável por provocar uma diminuição dos valores da salinidade. Segundo Piola (2005), durante os períodos em que a pluma do RdP se estende em direção ao mar aberto, as águas da PC são, provavelmente, transferidas ao oceano adjacente na região da CBM. Mais recentemente, Guerrero et al. (2014), utilizou dados de salinidade do satélite Aquarius para caracterizar, pela primeira vez, a exportação das águas do RdP para a região oceânica. De acordo com Matano et al. (2014), a variabilidade da salinidade superficial na região pode ser explicada devido a variação sazonal da pluma RdP/LP sobre a PC, que é dependente tanto da descarga destes como da variação longitudinal do vento e, pelas trocas entre a PC e o oceano profundo.

Apesar de estes autores terem observado e relatado a presença de filamentos de baixa salinidade, o cálculo da velocidade e transporte destas estruturas não havia sido realizado anteriormente na região de estudo. Os resultados obtidos deverão contribuir para o conhecimento e quantificação da transferência de águas da PC para a região oceânica. A importância de estudos que envolvem trocas de propriedades entre a PC e a região oceânica se deve a transferência de águas costeiras, ricas em nutrientes, para regiões pobres onde a concentração desses é baixa. Essas transferências incluem sedimentos orgânicos e inorgânicos, oriundos da Lagoa dos Patos, do RdP, elementos dissolvidos e ainda poluentes antropogênicos.

OBJETIVOS

Este trabalho tem o objetivo principal de estudar a interação entre as águas da PC do ASO e sua exportação em direção ao oceano aberto através da CBM, no aspecto dinâmico.

METODOLOGIA

Para estudar a presença e exportação das águas de baixa salinidade pela região da CBM foram analisados dados hidrográficos históricos cedidos pelo *Servicio de Hidrografia Naval de la Armada Argentina* em 7 seções perpendiculares a costa. A partir deste conjunto de dados, foram realizados cálculos da velocidade geostrófica, com a intenção de avaliar o volume de água de baixa salinidade proveniente da PC. Esses cálculos foram baseados no método dinâmico, o qual permite a determinação de velocidades normais a um par de estações oceanográficas em relação a um nível de referência (que neste trabalho foi de 1200 m).

Uma vez calculadas as velocidades geostróficas em uma seção de área conhecida, podemos calcular o quanto de volume passa, perpendicularmente, nesta área por unidade de tempo. O cálculo de transporte geostrófico relativo da camada de baixa salinidade foi feito através da escolha e integração de velocidades negativas das áreas cuja salinidade fosse inferior a 33.8. Esse valor representa o limite entre as águas da PC Argentina e a CM (BIANCHI et al., 2005).

Com a intenção de observar a variabilidade das intrusões das águas da PC na CBM, bem como de outros processos importantes que ocorrem na região, foram utilizadas saídas de temperatura, salinidade e velocidades, geradas a partir do modelo POM, adaptado para a área situada entre 21° a 55°S e 69° a 39°W. As saídas numéricas, analisadas neste trabalho, foram gentilmente cedidas pelo Dr. Elbio Palma da *Universidad del Sur* (Bahia Blanca, Argentina) e compreendem um domínio menor selecionado de acordo com os objetivos propostos (de 26° a 45° S e 62° a 42° W). Os resultados destas simulações foram anteriormente validados por Palma et al., 2004 a.

A partir do domínio do modelo, foram escolhidos, 6 perfis transversais a PC e 2 perfis longitudinais, localizados sobre a isóbata de 200 e 1000 m, utilizados para calcular o transporte da camada de baixa salinidade e verificar sua variabilidade na região da CBM.

RESULTADOS

Em todas as seções hidrográficas analisadas, é observada uma camada superficial de águas de baixa salinidade. Esta camada varia entre 10 a 140 m de profundidade e entre 10 e 90 km de largura. Os diagramas TS identificam a presença de águas de diversas origens nesta região. Em alguns perfis, a APP interage com a ASAP a qual também se mistura com a Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Os transportes geostróficos das camadas com salinidades inferiores a 33.8 variaram entre 0.15-1.2 Sv, em direção ao sul, de acordo com a hipótese de que as águas da PC são exportadas pela CBM, retornando para o sul próximo ao jato entre o retorno da CM e a CB. Este resultado revela o quão significativa é a transferência de águas costeiras para o oceano profundo.

A contribuição da APP, no filamento de baixa salinidade, é relativamente pequena, ocorrendo nos meses de verão e nas seções localizadas próximo a isóbata de 200 m e da desembocadura do RdP. Esse período coincide com o período em que os ventos de nordeste, retém a pluma do RdP mais ao sul. Já as seções localizadas mais ao sul e mais distantes da costa, apresentam apenas a influência da ASAP.

Através da análise dos resultados do modelo, a presença do filamento de baixa salinidade e, conseqüentemente, a exportação destas águas em direção ao oceano aberto, ultrapassando a isóbata de 200 m, ocorre em todos os períodos do ano, em diferentes proporções. Durante o mês de fevereiro, a distância alcançada por esta estrutura chega a ~270 km. Os meses de primavera e outono são meses transitórios e esta estrutura apresenta apenas algumas dezenas de quilômetros. Os transportes calculados, através da isóbata de 200m, foram de até 2.4 Sv, e de no máximo 0.5 Sv, próximo a isóbata de 1000 m. Matano et al. (2014) encontraram, através do modelo numérico ROMS (*Regional Ocean model System*), valores de 1.15 Sv para a PC Argentina, próximo a desembocadura do RdP. Estes autores também estimaram o transporte médio anual da PC em direção ao oceano e encontrou o valor de 1.21 Sv. Logo, os transportes calculados para as camadas de baixa salinidade são da mesma ordem de grandeza.

De acordo com os diagramas espaço-temporais, é possível inferir que salinidades menores que 33.8 acompanham, na maior parte do tempo as altas velocidades, tanto zonais (1 ms^{-1}), quanto meridionais ($\sim 1.5 \text{ ms}^{-1}$). Esta faixa de altas velocidades, coincide com a posição da CBM descrita por diversos autores. Essa posição apresenta um ciclo sazonal bem definido, sendo deslocada para o norte durante o inverno e para o sul durante o verão

A estrutura espacial deste filamento segue o contorno da CBM, sugerindo assim uma relação entre a exportação das águas da PC e a dinâmica das Correntes de Contorno Oeste da região. A posição do filamento de baixa salinidade apresenta uma variabilidade com um sinal semianual bem definido, exportando águas de baixa salinidade além da isóbata de 1000m durante todo o ano, com exceção do período de outono e inverno.

Observando a evolução temporal das correntes que atuam na região, notamos que existe uma barreira dinâmica que impede o desenvolvimento do filamento em direção ao interior do oceano, fazendo com que ele adquira a forma observada. Uma penetração da CM mais ao norte, durante os meses de inverno, pode estreitar a frente Brasil-Malvinas, podendo estar associada com uma diminuição do volume transportado pela camada de baixa salinidade. Durante o período analisado, quando a CM alcança regiões mais ao norte, não se observam águas de baixa

salinidade na região oceânica (~1000 m). A variabilidade da CM pode modular a transferência das águas da PC em direção ao Talude e oceano profundo.

CONCLUSÕES

A camada de baixa salinidade foi observada em várias seções realizadas na região da CBM. Ao contrário do especulado por Gordon (1989), a redução de 0.4 de salinidade em uma camada com 100 m de espessura requereria um excesso de precipitação em uma região onde o balanço entre a precipitação e a evaporação é próximo de zero. A origem das águas de baixa salinidade, presentes na região da CBM, é tanto subantártica (ASAP) quanto da fluvial (APP - apenas durante o verão).

A diferença de salinidade causada por estes filamentos, representa uma importante troca entre a PC e o talude e região oceânica.

Pode-se constatar que há uma boa concordância entre os resultados obtidos pelos resultados numéricos do POM e os dados observados, embora alguns aspectos das simulações sejam limitados pela resolução vertical do modelo. Por se tratar de uma região de transição, talvez os estudos que envolvam modelagem numérica do ASO, apresentem dificuldades de resolver as diferentes escalas espaciais e temporais associadas à circulação da PC e do oceano profundo, simultaneamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANCHI, A. A., BIANUCCI L., PIOLA A. R., PINO D. R., I. SCHLOSS, A. POISSON, AND C. F. BALESTRINI, 2005. Vertical stratification and air-sea CO₂ fluxes in the Patagonian shelf, *J. Geophys. Res.*, 110

GORDON A. L. 1989. Brazil-Malvinas Confluence-1984. *Deep-Sea Research*, 36:359-384.

GUERRERO, R. A., A. R. PIOLA, H. FENCO, R. MATANO, V. COMBES, P. T. STRUB, E. D. PIOLA, Y. CHAO, C. JAMES, M. SARACENO. 2014. The salinity signature of the cross-shelf exchanges in the southwestern Atlantic Ocean. Aquarius observations. , *J. Geophys. Res. Oceans*, 119, doi:10.1002/2014JC010113.

MATANO, R. P., COMBES, V., PIOLA, A. R., GUERRERO, R., PALMA, E. D., STRUB, P. T., JAMES, C., FENCO, H., CHAO, Y., AND SARACENO, M. 2014. The salinity signature of the cross-shelf exchanges in the Southwestern Atlantic Ocean: Numerical simulations, *J. Geophys. Res. Oceans*, 119, doi:10.1002/2014JC010116.

MÖLLER JR., O.O., PIOLA, A.R., FREITAS, A.C., CAMPOS, E.J.D. 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., E PIOLA A. R. 2004a. A numerical study of the Southwestern Atlantic Shelf circulation: Barotropic response to tidal and wind forcing, *J. Geophys. Res.*, 109, C08,014.

PIOLA, A.R., MATANO, R.P., PALMA, E., MÖLLER, O.O., CAMPOS, E.J.D. 2005. The influence of the Plata river discharge on the western South Atlantic Shelf. *Geophysical Research Letters* 32.