

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

A Relação da Corrente do Brasil e do Vórtice de Abrolhos com a Modelagem Numérica de Dispersão de óleo

AUTORES:

Bruno Scherr Martins e Renato David Ghisolfi

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

A relação da Corrente do Brasil e do Vórtice de Abrolhos com a Modelagem Numérica de Dispersão de óleo

Abstract

The Brazil Current flows southward along the Brazilian continental shelf. Associated with it there is the Abrolhos Eddy a semi-permanent anti-cyclonic feature present offshore the Abrolhos Bank. According to Farias (2010) the Brazil Current acts like a barrier preventing offshore spilled oil from reaching the bank in case of an oil spill in the area. Nevertheless the hydrodynamics information used by the author did not show the presence of the Abrolhos Eddy. This study aims to evaluate the temporal variability of the Abrolhos Eddy and its relation to oil fate numerical modeling. The eddy was identified for both periods (March and September) for the years 2005 to 2008. In 2009 and 2010 the Brazil Current was identified flowing over the continental shelf (Abrolhos Bank) in contrast to the previous years. Simultaneously the Abrolhos Eddy was not identified in the area. On the contrary, a cyclonic eddy was observed in winter 2009. In the light of the findings it is suggested that studies focusing on oil fate numerical modeling should include inter-annual hydrodynamics variability in order to simulate accordingly the behavior of spilled oil in the marine environment.

Introdução

O Banco de Abrolhos (BA) é uma feição geomorfológica localizada na costa leste brasileira caracterizada por expandir a plataforma continental até aproximadamente 200km da linha de costa (ZEMBRUSCKI, 1979). A região abriga um sistema coralíneo que representa um dos ecossistemas mais complexos e diversificados do planeta e, além disso, abriga o ecossistema com maior biodiversidade do Atlântico Sul (MARCHIORO *et al.*, 2005). A área ainda apresenta potenciais sítios de exploração e produção de petróleo cujos licenciamentos têm ocasionado embates entre governo, empresas e ambientalistas.

Farias (2010) realizou estudos no intuito de identificar a probabilidade do BA ser atingido por óleo em decorrência de acidentes envolvendo derramamento de óleo no mar em pontos dispostos em radiais ao redor do BA. Segundo a autora, a distribuição espacial das manchas de óleo estava diretamente relacionada à hidrodinâmica da região. O fluxo forte da Corrente do Brasil, que flui ao longo da quebra de plataforma seguindo na direção sul, funcionou como um bloqueio para a entrada de óleo nas regiões mais internas ao banco. Entretanto, a CB ainda está relacionada à intensa atividade de meso-escala (meandros e vórtices) que pode promover instabilidades no direcionamento do óleo. Dependendo do sentido de giro do vórtice e de seu posicionamento, o fenômeno gerou tanto dispersão quanto confinamento do óleo. Em uma das radiais analisadas – àquela mais a nordeste do BA – a mancha esteve confinada apenas à região sudeste do banco provavelmente devido ao intenso e estreito escoamento da CB na região. Ainda segundo a autora, em função das limitações do modelo hidrodinâmico, não foi capaz de evidenciar feições como o Vórtice de Abrolhos (VAb), supostamente importante na dinâmica de dispersão de óleo.

Segundo Silveira *et al.* (2006) e Soutelino (2008), o VAb apresenta-se como um giro anticiclônico localizado ao largo do Banco de Abrolhos (BA) caracterizado como semi-permanente ao longo do tempo, ou seja, foi identificado em dois períodos do ano, março (representando o verão) e setembro (representando o inverno), através de cálculos de aproximação geostrófica oriundos de amostragens de dados *in situ*.

Neste contexto, o presente estudo tem o objetivo avaliar a variabilidade temporal do VAb relacionando-os às conclusões de Silveira *et al.* (2006) e Soutelino (2008) e averiguar a implicação dos resultados nos achados de Farias (2010) no seu estudo sobre a dispersão de óleo na região do Banco de Abrolhos. Para tanto, será realizada uma análise da variabilidade temporal da feição ao longo de 6 anos para os períodos de março e setembro representando, respectivamente, o verão e o inverno.

Metodologia

O trabalho foi realizado a partir dos resultados das simulações globais do modelo HYCOM (*HYbrid Coordinate Ocean Model*) disponibilizadas no HYCOM Consortium (HYCOM, 2010). O HYCOM é um modelo oceânico de circulação global que utiliza a discretização horizontal em diferenças finitas e um sistema híbrido de coordenadas verticais (isopícnais, geopotenciais e sigma) que se alternam no domínio do modelo de acordo com suas especialidades (BLECK, 2002).

Os resultados diários das simulações globais assimiladas do modelo HYCOM entre os anos de 2005 e 2010 foram mediados mensalmente para os meses de março e setembro (representando verão e inverno, respectivamente) de cada ano. A partir de então, campos hidrodinâmicos horizontais foram confeccionados para se avaliar qualitativamente a presença do VAb através da identificação da feição no respectivo campo numa variação temporal sazonal e anual. Os níveis de profundidade utilizados para a identificação da feição foram os de 0m e de 75m. Soutelino (2008) identificou o vórtice com extensão vertical de até 200m de profundidade a partir da superfície marinha. Embora seja necessário, o presente estudo não se ateve a avaliar a profundidade máxima de ocupação da feição na coluna de água, mas se restringiu a avaliar a variabilidade do VAb em superfície e em profundidades intermediárias da camada de mistura. A escolha da profundidade de 75m ocorreu no intuito de avaliar a presença e semelhança do vórtice na coluna d'água até esta profundidade. Além disso, nas simulações numéricas realizadas na área para avaliar o destino do óleo derramado na região mostraram que o óleo é disperso nas primeiras dezenas de metros da coluna de água (Farias, 2010).

Resultados e Discussão

Na análise do campo mensal referente aos mês de Março (verão) e de Setembro (inverno) de 2005 (Figura 1a-b) identificou-se o VAb em superfície ao largo do BA como uma feição anticiclônica semelhante à encontrada por Silveira *et al.* (2006), que visualizou o mesmo processo a partir dos dados coletados *in situ* no Cruzeiro Abrolhos 2 (Março - 2005). O resultado também coincide com aqueles de Soutelino (2008) que utilizou os dados da operação Oceano Leste II. Entretanto, o vórtice encontrado por este autor apresenta-se mais simétrico devido a um possível alisamento gerado no processamento dos dados, ver Figura 2. A concordância entre os resultados obtidos *in situ* e os resultados da modelagem numérica garante, mesmo que qualitativamente, uma validação dos resultados encontrados no presente estudo.

Em quase todos os anos quando o VAb foi encontrado, ele esteve presente como uma feição coerente ao longo dos primeiros 75m de profundidade. Esse resultado corrobora o encontrado por Soutelino (2008), que afirmou que o VAb é uma feição identificável até a profundidade em torno de 200m.

No período de 2005 a 2008 o VAb foi identificado tanto para o verão quanto para o inverno. A exceção foi o verão de 2007 quando ele foi visível somente em 75m de profundidade (Figura 3).

A partir de 2009 foi observado que a maior parte do fluxo da Corrente do Brasil fluiu sobre o Banco de Abrolhos (Figura 4b). Esse comportamento pareceu interferir na atividade vortical ao redor do BA, se comparado, por exemplo, com o ano de 2005 no qual o VAb foi encontrado na adjacência do banco e a corrente apresentou um fluxo mais confinado e restrito aos contornos batimétricos de quebra de plataforma. No verão de 2009, ele foi encontrado muito mais *offshore* e no inverno, o sentido do giro

do vórtice se inverteu, passando agora a ser um vórtice ciclônico. Tanto no verão quanto no inverno de 2010 (Figura 5a-b), o padrão descrito para o ano de 2009 parece ser mantido. A distinção entre 2009 e 2010 faz-se porque neste último ano não é identificado o vórtice de Abrolhos (seja uma feição ciclônica ou anticiclônica) na região *offshore* do BA.

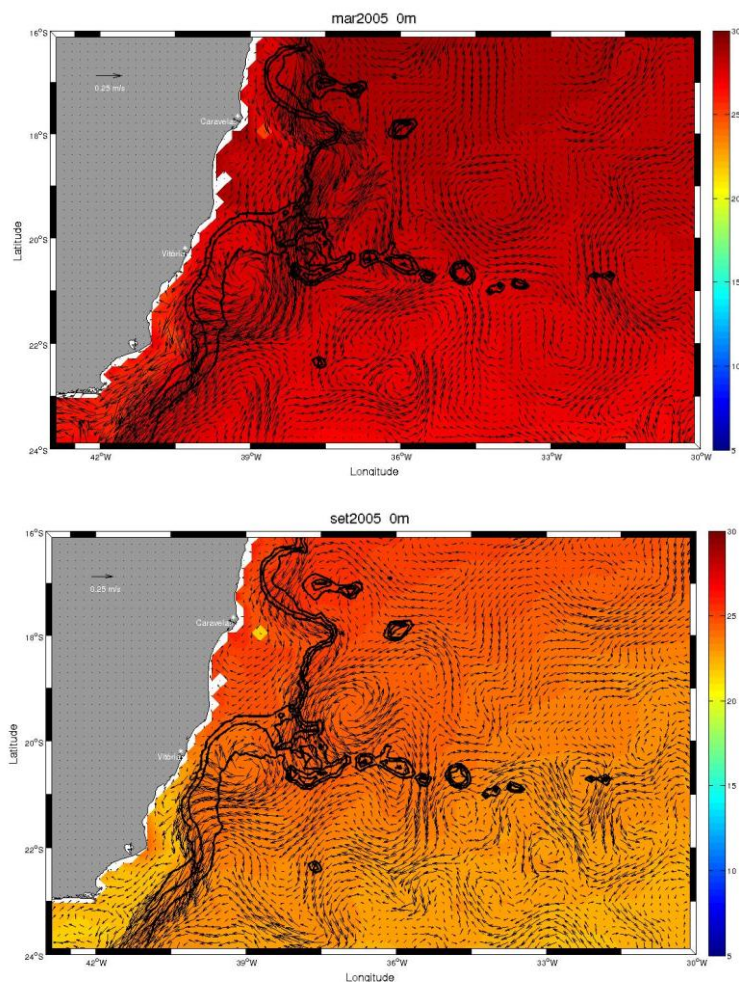


Figura 1 – Campo hidrodinâmico (vetores) e de temperatura (°C) proveniente dos resultados do HYCOM da região ao largo do Banco de Abrolhos em superfície para uma média mensal do mês de março (painel superior) e setembro (painel inferior) de 2005. Nas figuras é evidenciado o Vórtice de Abrolhos na adjacência *offshore* do banco. As linhas batimétricas da plataforma são referentes às profundidades de 200, 1000 e 2000m.

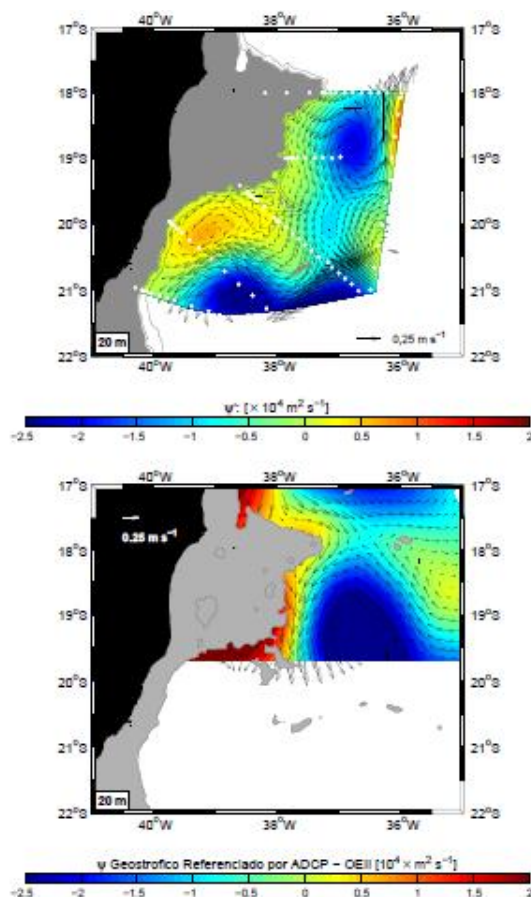
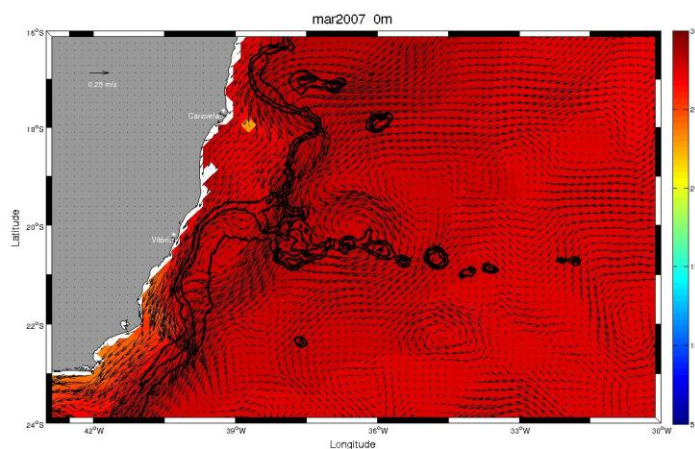


Figura 2 – Campos horizontais de função de corrente calculadas em 20m de profundidade. Painel superior: Silveira et al. (2006), dados do Cruzeiro Abrolhos II (verão de 2005). Painel inferior: Soutelino (2008), dados da operação Oceano Leste II (verão de 2005). Fonte: Soutelino (2008).

Dessa forma, há indícios de que uma variação no padrão do fluxo da Corrente do Brasil esteja associada à presença e localização e ao sentido de giro do VAb. A causa da variação no padrão de fluxo médio da Corrente do Brasil nos anos de 2009 e 2010 está além do enfoque do presente estudo, mas pode ter relação com a uma variação meteoceanográfica de larga-escala.



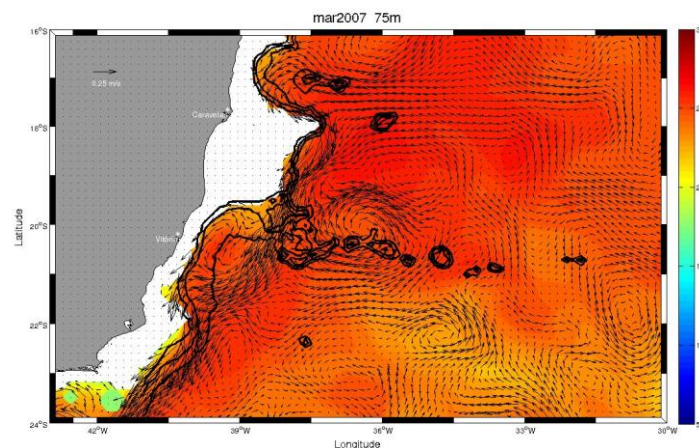


Figura 3 – Campo hidrodinâmico (vetores) e de temperatura (°C) proveniente dos resultados do HYCOM da região ao largo do Banco de Abrolhos em superfície para uma média mensal do mês de março de 2007 em superfície (painel superior) e em 75m (painel inferior). O VAB é evidenciado na adjacência *offshore* do banco somente em 75m. As linhas batimétricas da plataforma são referentes às profundidades de 200, 1000 e 2000m.

Farias (2010) descreve que a CB age como um limitador para a dispersão da mancha de óleo. Os resultados aqui discutidos mostram que a CB apresenta uma variabilidade inter-anual tanto em relação ao seu padrão de fluxo médio quanto na atividade vortical associada. Assim, caso ela flua sobre o BA e não mais no limite externo do mesmo, o óleo derramado poderá ocupar todo o Banco ao invés de ficar limitado apenas à parte próxima ao limite *offshore* do Banco. Em vista disso, uma modelagem de dispersão de óleo que represente bem o comportamento da mancha na região estudada somente será obtida quando for considerando uma variação inter-anual do campo hidrodinâmico médio.

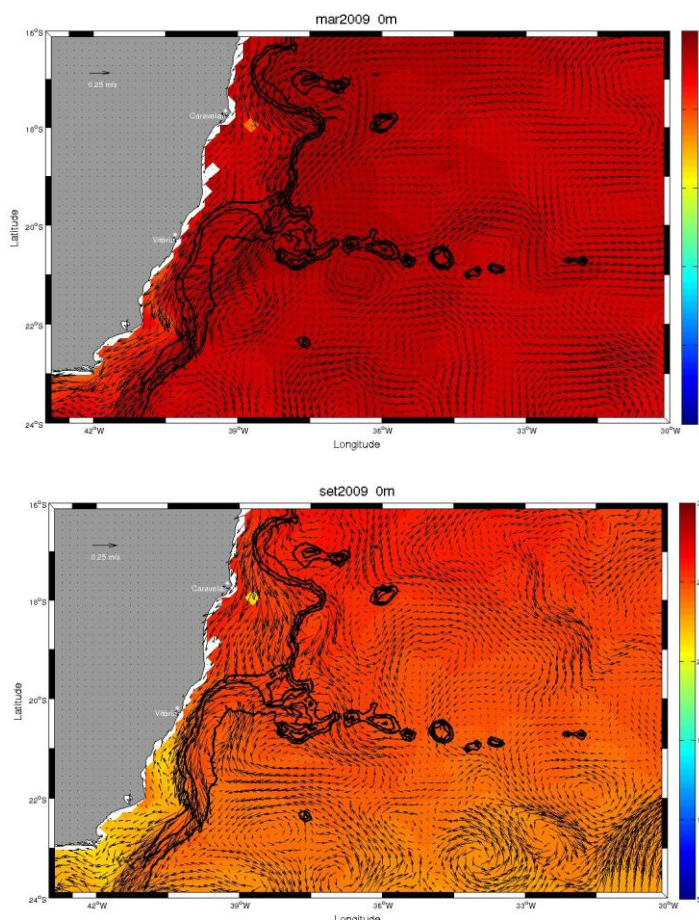


Figura 4 – Campo hidrodinâmico (vetores) e de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) proveniente dos resultados do HYCOM da região ao largo do Banco de Abrolhos em superfície para uma média mensal do mês de março (painel superior) e setembro (painel inferior) de 2009. As linhas batimétricas da plataforma são referentes às profundidades de 200, 1000 e 2000m.

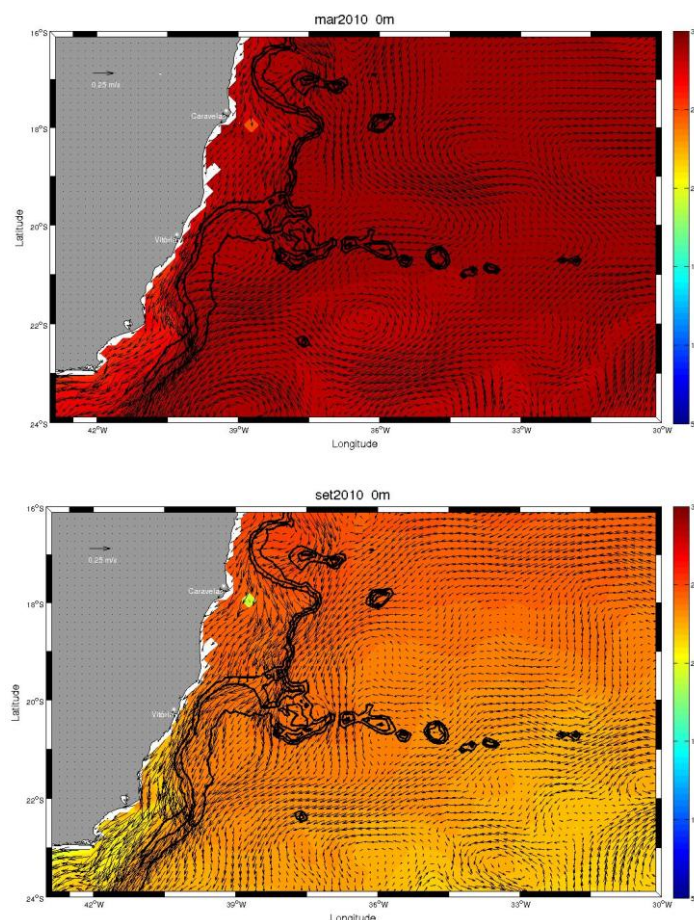


Figura 5 – Campo hidrodinâmico (vetores) e de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) proveniente dos resultados do HYCOM da região ao largo do Banco de Abrolhos em superfície para uma média mensal do mês de março (painel superior) e setembro (painel inferior) para o ano de 2010 em 0m. As linhas batimétricas da plataforma são referentes às profundidades de 200, 1000 e 2000m.

Conclusões

O Vórtice de Abrolhos foi encontrado permanente tanto no verão quanto no inverno para os anos de 2005, 2006, 2007 e 2008 embora ele tenha assumido diferentes formas e localizações. Em 2009 e 2010, o Vórtice de Abrolhos não foi encontrado. Pelo contrário, em alguns campos uma feição ciclônica foi encontrada no inverno de 2009. A variabilidade quanto a presença e sentido de giro do vórtice foi relacionada, a princípio, ao comportamento variável da CB, que nos dois últimos anos de amostragem não fluiu associada, primordialmente, à quebra da plataforma continental. Estudos futuros serão realizados a fim de investigar as causas da variabilidade inter-anual da CB e do VAb.

A partir dos resultados encontrados pode-se inferir que a modelagem de dispersão de óleo deve ser realizada tomando por base uma variabilidade inter-anual do campo hidrodinâmico a fim de representar com maior veracidade o ambiente marinho em vista de sua alta variabilidade hidrodinâmica.

Referências Bibliográficas

BLECK, R. **An oceanic general circulation model framed in hybrid isopycnal-cartesian coordinates.** *Ocean Modeling*. v. 37, pp. 55-88. 2002.

HYCOM. “HYCOM Global 1/12 *Simulation*”, Disponível em: <<http://www.hycom.org/dataserver/glb-simulation/expt-05pt8> >. Acesso em: Outubro de 2010.

SILVEIRA, I.C.A.; OLIVEIRA, E.R.; MATTOS, R.A., FERNANDES, F.P.A.; LIMA, J.A.M. **Mesoscale Patterns of the Brazil Current between 20°S and 25.5°S.** Ocean Sciences Meeting 2006, AGU/ASLO/ IAPSO/TOS, Honolulu, OS45N-12. 2006

SOUTELINO, R.G. **A origem da Corrente do Brasil.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 101 pp. 2008.

FARIAS, P. M. **Uso da modelagem de dispersão de óleo no mar na determinação de uma área de exclusão de atividades de Exploração e Produção (E&P) de Petróleo no entorno do Banco de Abrolhos.** Monografia, Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.

MACHIORO, G.B.; NUNES, M.A.; DUTRA, G.F.; MOURA, R.L.; PEREIRA, P.G.P. **Avaliação dos impactos da exploração e produção de hidrocarbonetos no Banco de Abrolhos e adjacências.** Megadiversidade de Abrolhos. Vol.1. Nº2. 2005.

ZEMBRUSCKI, S. **Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes.** In PROJETO REMAC: geomorfologia d margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRAS. CENPES. DINTEP (Série REMAC n7, RJ, 129-177. 1979.