

**INICIATIVAS OBSERVACIONAIS DO GRUPO DE ESTUDOS DE PROCESSOS
OCEÂNICOS DA COPPE/UFRJ NA CADEIA VITÓRIA-TRINDADE**

Fernando Dix Barberini, Guilherme Nogueira Mill, Vladimir Santos da Costa, Natália D'Avila Lima, Mariela Gabioux, Felipe de Luca Lopes de Amorim, Simone Silva Barem Camargo, Afonso de Moraes Paiva

*Programa de Engenharia Oceânica – COPPE / UFRJ
Centro de Tecnologia, Bloco C, sala 209, Ilha do Fundão – Rio de Janeiro – RJ
fernandodix@gmail.com*

RESUMO

Este trabalho descreve as iniciativas observacionais desenvolvidas pelo Grupo de Estudos de Processos Oceânicos da COPPE/UFRJ na região da Cadeia Vitória-Trindade, no escopo do INCT Pro-Oceano e do Projeto Ilhas, visando caracterizar os fluxos da Corrente do Brasil e da Corrente de Contorno Intermediária pelos principais canais e o processo de geração de ondas internas na frequência de maré associado à íngreme batimetria da região. A estratégia amostral, composta por cruzeiros oceanográficos e fundeios rasos e profundos localizados nos principais canais e próximo ao Monte Montague, é apresentada e resultados preliminares são discutidos.

Palavras chave: Corrente do Brasil, Corrente de Contorno Intermediária, maré interna

1- INTRODUÇÃO

A região da Cadeia Vitória-Trindade (CVT) é caracterizada por uma batimetria e por padrões de circulação oceânica altamente complexos. Morfologicamente a CVT é composta por diversos montes vulcânicos submersos que se estendem desde a margem continental do Estado do Espírito Santo até aproximadamente 1200 km da costa, entre 20° e 21°S (Figura 1a). *Hot-spots* de alta produtividade são observados associados a presença destes montes submarinos (Figura. 1b), sendo a dinâmica básica associada ao enriquecimento destas águas ainda desconhecido. Ao mesmo tempo, a cadeia representa uma importante barreira para o sistema de Correntes de Contorno Oeste do Atlântico Sul, incluindo a Corrente do Brasil (CB) e a Corrente de Contorno Intermediária (CCI), que negociam sua passagem pela região de forma ainda não totalmente descrita na literatura.

Enquanto alguns trabalhos realizados na região da CVT apontam para a formação de um grande vórtice ciclônico no interior do Embaiamento Tubarão, denominado de Vórtice de Vitória (SCHMID, 1995), outros descrevem a ocorrência de padrões bi e trifurcantes da CB e CCI (EVANS *et al.*, 1985; SILVEIRA *et al.*, 2006; BOEBEL *et al.*, 1999; LEGEAIS *et al.*, 2012) ao atingirem a região dos montes. Evans *et al.* (1985) observaram um padrão bifurcante da CB, passando pela seção central, entre o Banco Besnard e o Monte Submarino Vitória, e pela seção ao sul do Monte Submarino Vitória. Legeais *et al.* (2012) descreveram o mesmo padrão para a CCI. No entanto, outros padrões foram descritos na literatura (PASSOS, 2011; PIMENTEL, 2012) e resultados de simulações de alta resolução realizados dentro do escopo do projeto REMO - Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica (<http://www.rederemo.org>) sugerem que as trajetórias dos fluxos podem variar significativamente ao longo do tempo.

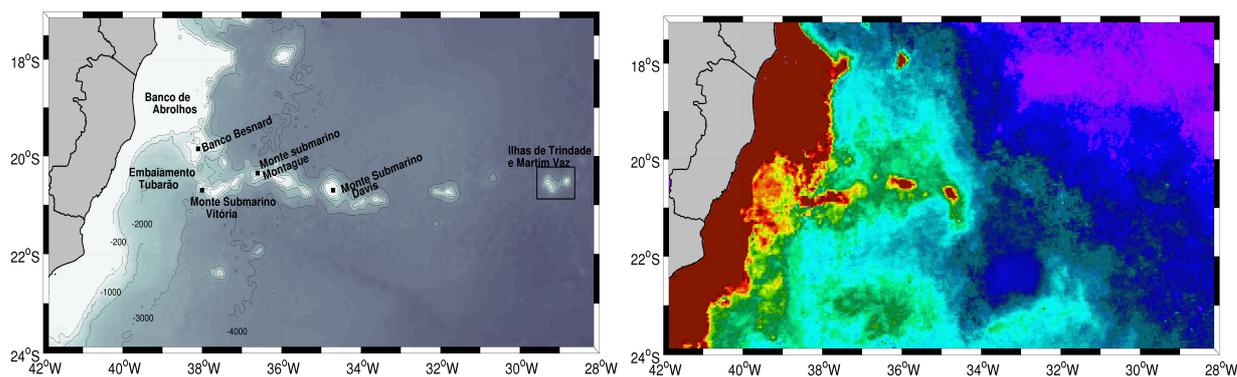


Figura 1: À esquerda, topografia da região da Cadeia Vitória-Trindade, indicando as principais feições batimétricas. À direita, concentração de clorofila-a (em mg/m^3) em uma composição mensal do sensor MODIS, destacando os hot-spots de alta biomassa fitoplanctônica associados a montes da cadeia.

Em processos com menores escalas temporais, especula-se que a maré interna gerada na CVT tenha importantes efeitos bioquímicos ao longo dos montes, promovendo movimentos verticais que poderiam levar nutrientes para a zona fótica e afetando a produtividade primária local. A maré interna é gerada pela propagação da onda de maré barotrópica interagindo com o relevo submarino, que distorce os campos de massa do oceano, gerando gradientes de pressão baroclínicos e um movimento secundário resultante nas frequências da maré (CRAIG, 1987). Em regiões com intensos gradientes batimétricos, como próximo ao talude e cordilheiras submarinas, a maré interna pode promover movimentos verticais de dezenas de metros (PINGREE & MARDELL, 1981; ALFORD *et al.*, 2015).

Estudos numéricos realizados no Grupo de Estudos de Processos Oceânicos – GruPO da COPPE/UFRJ (PIMENTEL, 2012) com o modelo HYCOM, no escopo da Rede REMO permitem mapear os principais padrões de circulação da CB-CCI e a propagação de energia da maré interna na cadeia. Recentemente, o envolvimento em novos projetos de pesquisa tem permitido ao GruPO desenvolver diretamente estudos observacionais na região, alguns já executados e outros em fase de planejamento final, envolvendo medições *in situ* em cruzeiros oceanográficos e colocação de fundeios rasos (~200m) e profundos (~1800m). Estes projetos são o INCT Pro-Oceano (INCT, 2011), que visa o desenvolvimento de modelos conceituais sobre os processos estruturantes dos principais ecossistemas marinhos do sudeste brasileiro, o Projeto Ilhas (ILHAS, 2013), financiado pelo CNPq e que visa estudar a geração e propagação de marés internas no Atlântico sudoeste, e o projeto MCTI de utilização do NOc Cruzeiro do Sul (CRUZEIRO, 2013) para medição de fluxos nos canais da CVT. O presente trabalho apresenta a estratégia amostral desenvolvida e discute alguns dos resultados preliminares destes projetos.

2 - ESTRATÉGIAS OBSERVACIONAIS

2.1- Medições de Fluxos

Em um cruzeiro oceanográfico realizado em agosto de 2014 à bordo do NOc Cruzeiro do Sul, da Marinha do Brasil, foram planejadas medições de forma a amostrar os principais canais entre montes da cadeia por onde se supõe que ocorram os principais fluxos tanto da CB como da CCI (Figura 2^a). Definiram-se seções aproximadamente meridionais entre o Banco de Abrolhos e o Banco Besnard (seção 1), entre o Banco Besnard e o Monte Vitória (seção 2) e ao sul do Monte Vitória (seção 3). Uma quarta seção a oeste do Banco Besnard visa levantar

informações sobre a circulação no Embaiamento de Tubarão (limitações de tempo de mar inibiram a realização de uma amostragem mais completa do embaiamento, prevista no projeto original). No total, dezesseis estações hidrográficas foram perfiladas com CTD (SeaBird SBE 11plus V 5.1g) e LADCP (Lowered Acoustic Doppler Current Profiler – *Teledyne RD Instruments* / 300kHz), ambos acoplados à uma *rosette*, sendo três na seção 1, oito na seção 2 e cinco na seção 3, complementadas por perfis de XBT. Perfilagens ininterruptas de correntes até 500m de profundidade foram obtidas por meio de um ADCP de casco (Shipboard ADCP – SADCP - *Teledyne RD Instruments* / BB75kHz) ao longo da trajetória de navegação. Dados de ADCP foram tratados com o software CODAS (Common Ocean Data Access System) e dados de LADCP com o pacote LDEO IX.10.

Além das medições já realizadas, há ainda a previsão de lançamento de dois fundeios nos canais da cadeia no ano de 2016. Os fundeios serão posicionados nas seções 1 e 2 (Figura 2b) e possuirão CTDs e ADCPs. Os dados obtidos por meio dessa abordagem irão possibilitar o estudo da variabilidade temporal das correntes e das propriedades termohalinas da água no local. Em conjunto com o lançamento das linhas, durante o mesmo cruzeiro, ocorrerá novamente a perfilagem da coluna d'água nas dezesseis estações oceanográficas amostradas em 2014.

2.2- Medições de Marés Internas

Na investigação da geração da maré interna na região, duas abordagens complementares estão previstas para 2016: um fundeio localizado ao sul do Monte Montague e um conjunto de perfilagens neste mesmo local e ao sul da Ilha de Trindade. A escolha da posição do fundeio baseia-se na hipótese, suportada por experimentos numéricos e pela análise das condições críticas para conversão de energia da componente barotrópica da maré para a componente baroclínica, de neste ponto serem esperadas as maiores amplitudes de onda interna geradas na região. O fundeio, localizado em lâmina d'água de 300m, terá uma boia de superfície, permitindo medições atmosféricas e transmissão em tempo real de dados, e será equipado com ADCP de 150KHz perfilando as correntes e uma cadeia de termistores. Estuda-se a possibilidade de acoplar-se ainda um fluorímetro e sensor de oxigênio para avaliação da resposta biológica. As perfilagens, previstas inicialmente para o período de lançamento e manutenção dos fundeios, serão realizadas ao longo de um ciclo de maré. Medições do campo de massas e correntes serão feitas a cada hora por meio do uso de CTD e LADCP. Dessa maneira, visa-se compreender as variações verticais do campo isopical e de correntes em um mesmo local ao longo do ciclo da maré.

3 - RESULTADOS PRELIMINARES

A análise preliminar dos dados do ADCP de casco coletados no cruzeiro de agosto de 2014 revelou um padrão trifurcante da Corrente do Brasil (Figura 2b), que flui pelas três seções amostradas. Na seção 1, parte do fluxo ocorre sobre a porção norte do Banco Besnard. O fluxo da corrente pode ser observado até pelo menos 150 m de profundidade nos três canais. As velocidades máximas observadas nas seções 1, 2 e 3 foram 0,37 m/s, 0,3 m/s e 0,37 m/s, respectivamente. Na seção 4, um intenso fluxo para sudoeste sugere a presença de uma recirculação no embaiamento possivelmente associada a presença do vórtice de Vitória. Medições com LADP mostram que a Corrente de Contorno Intermediária se bifurca e segue em parte pelo canal central (seção 2) e em parte ao sul da cadeia (seção 3).

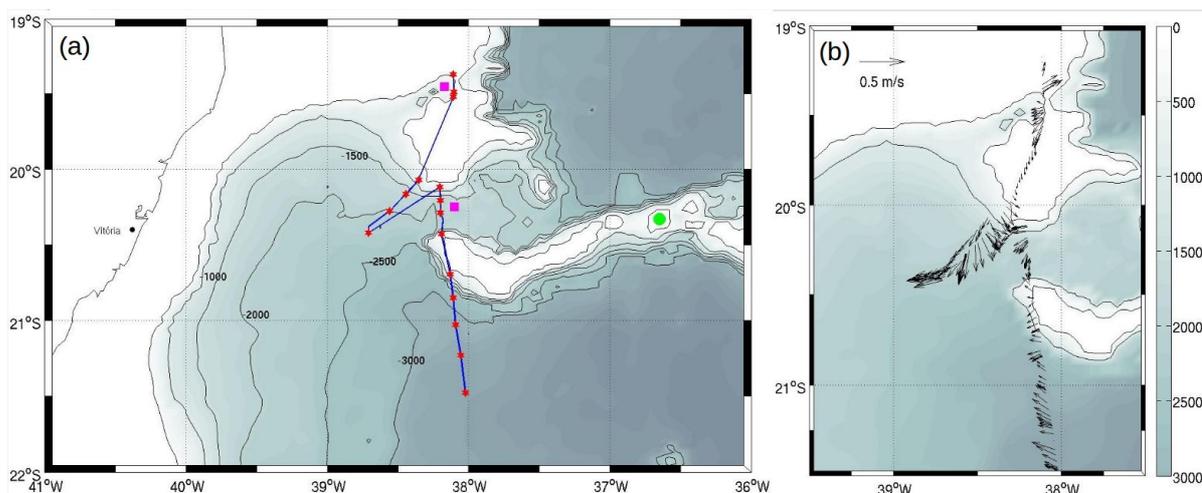


Figura 2- À esquerda, estratégia amostral na Cadeia Vitória Trindade, indicando: seções através dos principais canais (linhas em azul) e estações oceanográficas realizadas em 2014 (estrelas em vermelho), com CDT e LADCP; fundeios para medição de fluxos nos canais norte e central (quadrados em magenta) e fundeio para medição de marés internas ao sul do Monte Montague (ponto verde). À direita, velocidades medidas em superfície com ADCP de casco nas três seções amostradas no cruzeiro de 2014.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFORD, M. H., Peacock, T., MacKinnon, J. A., *et al.* 2015. The formation and fate of internal waves in the South China Sea. *Nature*. 521:65-73.
- BOEBEL, O., DAVIS, R. E., OLLITRAULT, M., *et al.*, 1999^a. The Intermediate Depth Circulation of the Western South Atlantic. *Geophysical Research Letters*. 26. n. 21: 3329–3332.
- CRAIG, P. D. 1987. Solutions for internal tidal generation over coastal topography. *Journal of Marine Research*. 43:83–105.
- EVANS, D., SIGNORINI, S. R., 1985. Vertical structure of the Brazil Current. *Nature*. 315: 48–50.
- LEGEAIS, J. F., OLLITRAULT, M., ARHAN, M. 2012. Lagrangian Observation in the Intermediate Western Boundary Current of the South Atlantic. *Deep-Sea Research*. Part II:109–228. Die stratosphäre des Atlantischen Ozeans. Wiss Ergebn. Deutsch.
- PASSOS, L. G. 2011. Padrões de escoamento baroclínico de mesoescala ao Largo do Embaiamento de Tubarão e Banco de Abrolhos. *Dissertação* (Mestrado em Ciências, Área de Oceanografia Física) – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo. 88 f.
- PIMENTEL, F. P., 2012. A Corrente do Brasil e a Corrente de Contorno Intermediária na região da Cadeia Vitória-Trindade. *Dissertação* (Mestrado - Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 89f.
- PINGREE, R. D.; MARDELL, G. T. 1981. Slope turbulence, internal waves and phytoplankton growth at the Celtic Sea shelf- break. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 302: 663–682.
- CRUZEIRO. 2013. Projeto Cruzeiro do Sul. Circulação oceânica no Embaiamento Tubarão e nos canais da Cadeia Vitória-Trindade. Chamada Pública MCTI/Edital no11
- ILHAS.2013. Pesquisa e Desenvolvimento em Ilhas Oceânicas. Estudo da maré interna e seu impacto na mistura vertical e na biomassa fitoplanctônica na região da Ilha de Trindade e montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade. Chamada MCTI/CNPq/FNDCT-Ação Transversal/CT-Aquaviário no.62
- INCT. 2011. Projeto INCT em Ciências do Mar: Estudos dos Processos Oceanográficos Integrados da Plataforma ao Talude(INCT-PRO-OCEANO).Chamada Pública MCT/CNPq/FNDCT Edital no71.
- SCHMID, C., SCHAFFER, H., PODESTA, G., *et al.*, 1995. The Vitória Eddy and Its Relation to the Brazil Current, *Journal of Physical Oceanography*. 25: 2532–2546.
- SILVEIRA, I. C. A., OLIVEIRA, E., MATTOS, R., *et al.*, 2006. Mesoscale Patterns of the Brazil Current between 20 ° S and 25,5 ° S. *Ocean Sciences Meeting*. AGU/ASLO/IAPSO/TOS. Honolulu.