

Estatísticas espaço-temporais dos gradientes de TSM em submesoescala na região de Cabo Frio

Bouali¹, M.; Sato¹, O.T.

¹*Laboratório de Oceanografia por Satélites (LOS) - Instituto Oceanográfico (IO)*

Universidade de São Paulo

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

Praça do Oceanográfico, 191 - CEP: 05508-120

Cidade Universitária, São Paulo (SP) - Brasil

marouan.bouali@usp.br

RESUMO

O estudo de frentes de submesoescalas tornou-se uma importante área de pesquisa em oceanografia devido as evidências crescentes de que processos que ocorrem em escalas espaciais da ordem de 1 km exercem um papel importante na dinâmica dos oceanos com reflexos na interação com a atmosfera. O impacto dessas observações nos padrões de tempo e clima é um grande incentivo para investigar as características espaciais e temporais da dinâmica oceânica relacionada aos fenômenos de submesoescala. Neste estudo, foram utilizados 12 anos (2003-2014) de imagens de alta resolução de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do sensor MODIS da NASA a bordo das plataformas Terra e Aqua, para mapear a magnitude do gradientes térmicos na plataforma continental sudeste do Brasil. A nossa análise ao largo da plataforma continental abrangendo as regiões desde Cabo Frio, Cabo de São Tomé até o delta do Rio Doce revela a existência de fortes gradientes térmico e mostra um ciclo sazonal claro com atividade frontal máxima no verão e mínima no inverno. A série temporal de 2003-2014 não mostra tendências significativas na magnitude de gradientes de TSM.

INTRODUÇÃO

Persistentes processos de ressurgência ocorrem na região costeira do sudeste brasileiro entre Cabo Frio e Vitória. Esses processos introduzem uma alta variabilidade espacial na distribuição horizontal da TSM (Castro e Miranda, 1998). Imagens de satélite de alta resolução adquiridos ao longo desta região mostram uma variedade de estruturas oceânicas com escalas espaciais e temporais da ordem de 1 km e 1 dia, respectivamente. Estas frentes de submesoescala são agora conhecidas como sendo de importância significativa. De fato, recentes esforços observacionais e de modelagem (Thomas et al. 2008, Ferrari 2011, Levy et al. 2012) demonstraram que existe uma classe de processos entre os fluxos de mesoescala e a turbulência de microescala que con-

tribuem para a transferência de calor do oceano para a atmosfera e, portanto afetam os padrões de tempo e clima.

Para melhorar a nossa compreensão dos processos oceânicos de submesoescala na região de Cabo Frio e analisar futuramente a sua relação com outros parâmetros geofísicos, é preciso, inicialmente, caracterizar as estatísticas espaciais e temporais das frentes térmicas.

OBJETIVOS

Neste trabalho, usamos dados de TSM de alta resolução do instrumento MODIS, ao longo da plataforma continental do sudeste do Brasil com os seguintes objetivos:

- 1) Determinar a localização de alta atividade de submesoescala usando mapas climatológicos de magnitude dos gradientes térmicos;
- 2) Caracterizar a evolução sazonal dos gradientes de submesoescala de TSM
- 3) Investigar as variações de longo prazo da magnitude das frentes térmicas e determinar se uma tendência significativa, possivelmente relacionada a factores climáticos, pode ser observada.

METODOLOGIA

A área de estudo está compreendida entre as latitudes de 17.5–25°S e longitudes de 37.5–45°W e engloba a região costeira do sudeste do Brasil. Foram utilizados 12 anos (2003-2014) de dados de TSM noturna MODIS de nível 2 (4 μm) baixados no site <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>. Os produtos MODIS L2 de TSM são gerados com o algoritmo de Multichannel SST (MCSST), que utiliza temperaturas de brilho dos canais centrados em 3.9 e 4 μm . A formulação MCSST não usa nenhuma TSM de referência, e portanto garante que as tendências da TSM não são introduzidos nas tendências dos gradientes da TSM. Os dados de ambas as plataformas Terra e Aqua foram utilizados para fins de validação. Como o nosso foco são as variações espaciais da TSM em vez dos valores de TSM, desenvolvemos uma cadeia de processamento que lida com os problemas de qualidade do conjunto de dados originais.

1) Foi utilizado um algoritmo de correção de ruído de listras (Bouali et al., 2015) para melhorar a detecção de frentes oceânicas nas imagens sinóticas com projeção satélite e resolução espacial nativa de 1 km. Este tipo de artefato (listras) é inerente aos sensores do tipo whiskbroom e afeta a magnitude e a orientação do campo de gradiente observado. O algoritmo utilizado em nosso estudo remove os efeitos das listras sem impacto nas estruturas oceânicas.

2) Uma estratégia de mascaramento de nuvens em dois passos foi usada para melhorar a discriminação entre frentes oceânicas e nuvens. Em primeiro lugar, na projeção satélite, pixels de nuvens são identificados usando um limiar sobre a magnitude dos gradientes. Em seguida, os dados são projetados em um mapa com resolução de 0.05° utilizando a ferramenta SeaDAS (<http://seadas.gsfc.nasa.gov/>). Nuvens espacialmente homogêneas (como nuvens cirrus) são de-

tectados utilizando o UK MetOffice level 4 OSTIA (Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis) TSM baixado no site do MyOcean (<http://www.myocean.eu.org/>). Pixeis que diferem significativamente (ou seja, por mais que 4 °C) dos dados de TSM de nível 4 OSTIA foram descartados.

RESULTADOS

A análise do mapa médio composto de 12 anos de magnitude de gradientes de TSM mostra três áreas principais com atividade frontal intensa. Estas estão localizadas ao largo de Cabo Frio (CF), de Cabo de São Tomé (CST) e do Delta do Rio Doce (DRD) e tem uma média de magnitude de gradiente da ordem de 0.1 °C/km. Mapas climatológicos (figura 1) indicam um ciclo sazonal claro da atividade frontal. No verão, a média da magnitude do gradiente da TSM é 0.085 °C/km calculada para toda a área de estudo com valores máximos da ordem de 0.2 °C/km em CF, CST e DRD. A atividade frontal diminui e atinge um mínimo global na area de estudo de 0.055 °C/km no inverno. Estas observações são consistentes com estudos anteriores nesta região (Castelão e Barth, 2006), ou seja, os gradientes estão relacionados aos processos de ressurgência mais fracos durante o inverno devido a uma diminuição da intensidade da tensão de cisalhamento do vento. A série temporal de 12 anos da magnitude do gradiente térmico ilustrada na figura 2 mostra uma tendência de longo prazo da ordem de $+3e^{-5}$ °C/km/mês.

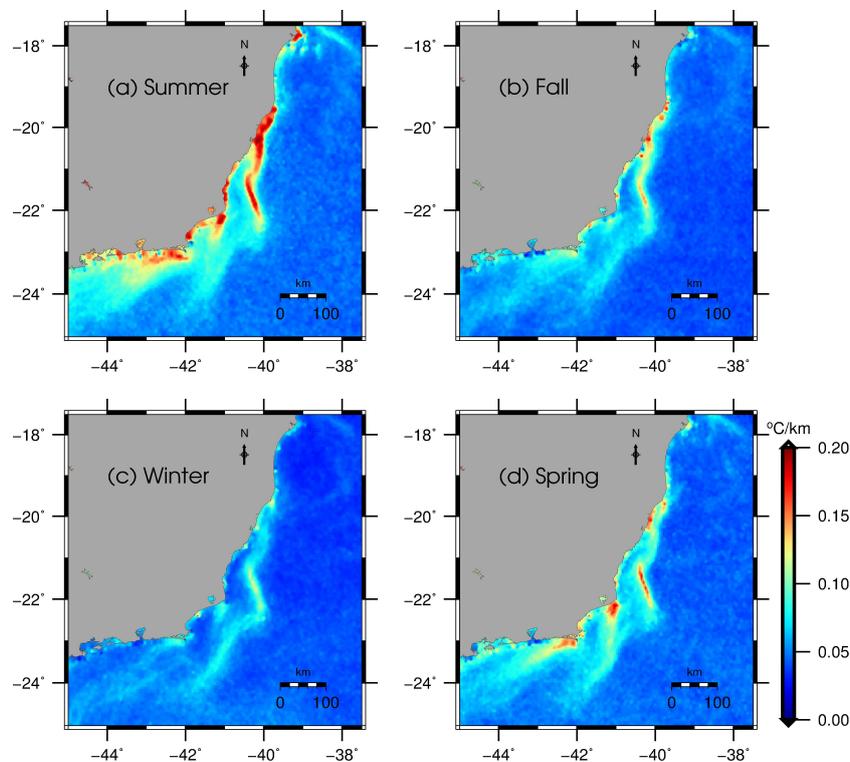


Figura 1: Mapas sazonais da magnitude do gradientes da TSM (a) Verão (b) Outono (c) Inverno (d) Primavera.

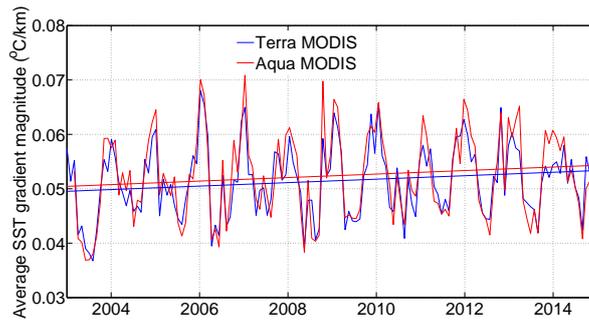


Figura 2: Série temporal de 2003-2014 da magnitude do gradiente da TSM para a região de estudo com dados de Terra e Aqua MODIS.

CONCLUSÕES

Mais de 350,000 imagens de satélites em escala sinótica foram utilizadas para mapear a magnitude dos gradientes de TSM na região de Cabo Frio e determinar a localização de áreas com alta atividade frontal. Embora os estudos de frentes oceânicas são altamente sensíveis à qualidade dos dados de satélite, a alta correlação dos resultados obtidos a partir das plataformas Terra e Aqua indica uma representação confiável das estatísticas espaciais e temporais da dinâmica de submesoescala. A nossa análise mostra que a magnitude dos gradientes de TSM tem uma sazonalidade clara mas nenhuma tendência significativa de longo prazo. Futuramente, analisaremos também a correlação entre os gradientes de TSM e dados de altimetria, de salinidade e de vento para entender os principais fatores geofísicos por trás da formação e evolução das frentes de submesoescala.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bouali, M., O.T. Sato and P.S. Polito (2015). An algorithm to improve the detection of ocean fronts from whiskbroom scanner images, *Remote Sensing Letters*, Accepted
- Castro Filho, B.M. and L.B. Miranda (1998). Physical oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf located between 4°N and 34°S coastal segment. In: Robinson, A.R., Brink, K.H.(Eds.), *The Sea*, 11, 209–251.
- Castelao, R. M and J. Barth (2006). Upwelling around Cabo Frio, Brazil: The importance of wind stress curl, *Geophysical Research Letters*, 33, L03602
- Thomas, L. N., A. Tandon, and A. Mahadevan (2008), Submesoscale processes and dynamics, in *Ocean Modeling in an Eddying Regime*, *Geophys. Monogr. Ser.*, 177, 17–38, AGU, Washington, D. C.
- Ferrari, R. (2011), A frontal challenge for climate models, *Science*, 332, 316–317
- Levy, M., R. Ferrari, P. Franks, A. Martin, and P. Riviere (2012), Bringing physics to life at the submesoscale, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L14602,