

**FLUXOS DE CALOR NA REGIÃO DA CONFLUÊNCIA BRASIL-MALVINAS:
COMPARAÇÃO ENTRE AS ESTIMATIVAS DE REANÁLISE E PROJETO OAFLEX**

Diogo A. Arsego^{1,2,3}, Ronald B. Souza², Otávio C. Acevedo¹, Luciano P. Pezzi²

¹Universidade Federal de Santa Maria - UFSM diogo.arsego@gmail.com³

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

RESUMO: Este trabalho compara estimativas de fluxo de calor entre o oceano e a atmosfera fornecidas pela reanálise do *National Centers of Environmental Prediction* (NCEP; KALNAY et al., 1996) e pelo projeto *Objectively Analyzed air-sea Flux* (OAFlex) ao longo de um transecto paralelo à costa sul-americana cruzando a região da Confluência Brasil-Malvinas no Oceano Atlântico Sudoeste. Essa região é uma frente oceanográfica muito dinâmica, especialmente em escalas de tempo e espaço da mesoescala oceânica, onde intensos gradientes de temperatura da superfície do mar (TSM) estão associados ao encontro entre massas d'água oriundas da Corrente do Brasil (quentes) e da Corrente das Malvinas (frias). Trabalhos anteriores realizados a partir de observações *in situ* demonstram que há intensos contrastes entre os fluxos de calor desde o lado quente até o frio da frente oceanográfica. Esse trabalho demonstra que apesar das grandes diferenças na resolução espacial dos dados, ambas a reanálise do NCEP e o OAFlex representam bem o gradiente de fluxos de calor ao longo da frente oceanográfica. Os dados de reanálise, no entanto, tendem a superestimar os fluxos de calor latente nos dois lados da frente, especialmente sobre águas frias onde as diferenças podem chegar a até 300%.

ABSTRACT: This work compares estimates of heat flux between the ocean and the atmosphere provided by the reanalysis of the *National Centers of Environmental Prediction* (NCEP; Kalnay et al., 1996) and the project *Objectively Analyzed air-sea Flux* (OAFlex) along a transect parallel to South American coast across the region of the Brazil-Malvinas Confluence in the South Atlantic Ocean. This region is a very dynamic oceanographic front, especially in time and space scales of the mesoscale ocean, where intense gradients of sea surface temperature (SST) are associated with the encounter between water masses originating from the Brazil Current (warm) and Malvinas Current (cold). Previous works from *in situ* observations show that there are sharp contrasts between the flux of heat from the hot side to the cold of the oceanographic front. This work demonstrates that despite major differences in spatial resolution data, both the NCEP reanalysis and OAFlex well with the heat flux gradient along the oceanographic front. The reanalysis data, however, tend to overestimate the latent heat fluxes on both sides of the front, especially on cold waters where the differences can reach up to 300%.

1. INTRODUÇÃO

Embora o Oceano Atlântico Sul tenha alguma influência no tempo e clima da América do Sul (PEZZI e SOUZA, 2009), estudos de interação oceano-atmosfera ainda são escassos nessa região. Visando uma melhor compreensão dos fluxos de calor, *momentum* e umidade e a influência no tempo e clima da América do Sul, estudos vem sendo desenvolvidos principalmente na sua parte ocidental do Oceano Atlântico Sul, onde se encontra a Confluência Brasil-Malvinas (CBM – Figura 1). A CBM é uma região de frente oceanográfica onde ocorre o encontro entre as águas quentes da Corrente do Brasil (CB) e as águas frias da Corrente das Malvinas (CM) e é caracterizada por intensa atividade oceânica de mesoescala, sendo assim, considerada uma das mais energéticas do Oceano Global (CHELTON et al., 1990).

Estudos anteriores, baseados em dados medidos *in situ*, (PEZZI et al. 2009; ACEVEDO et al. 2010) demonstram a forte interação entre oceano e atmosfera na região da CBM, onde os gradientes de TSM modulam os padrões de fluxos de calor e intensidade do vento na camada limite atmosférica. Sobre águas mais quentes, são encontrados ventos mais intensos e fluxos maiores, enquanto sobre águas mais frias os ventos são mais brandos e os fluxos são menores e até mesmo negativos, ou seja, da atmosfera para o oceano.

Os dados da reanálise do modelo do NCEP são amplamente utilizados em estudos meteorológicos. Embora possa oferecer a mesma resolução temporal a reanálise, no entanto, possui baixa resolução espacial quando comparada a bases de dados oceânicos, como a do projeto OAFflux. Esse trabalho visa comparar estimativas de fluxos de calor latente e sensível oriundos dessas duas bases de dados sobre a região da CBM. Considerando dados pretéritos tomados *in situ* por outros autores, o trabalho pretende também descrever qual das bases se aproxima mais da verdade de campo para um caso em novembro de 2006.

2. METODOLOGIA

Os termos de fluxos de calor através da interface oceano-atmosfera são estimados baseados em parametrizações de coeficientes de transferência turbulenta de calor, estabelecidas empiricamente. As estimativas dos fluxos de calor latente (Q_L) e sensível (Q_S) são dadas da seguinte forma:

$$Q_S = \rho C_p C_h U (TSM - \theta_{ar}) \quad (1)$$

$$Q_L = \rho L_e C_e U (q_s - q_{ar}) \quad (2)$$

onde C_h , C_e , e C_p são, respectivamente, os coeficientes de transferência de calor, umidade e *momentum*, θ_{ar} é a temperatura potencial do ar, q_s é a umidade específica ao nível do mar, q_{ar} é a umidade específica no nível de 10 metros, TSM é a temperatura da superfície do mar (temperatura de balde) e U e a velocidade média do vento na superfície do mar.

O projeto OAFlux estima séries temporais de fluxos de calor latente e sensível do oceano global, evaporação do oceano e fluxos relacionados a meteorologia de superfície desde 1958. Os dados possuem uma resolução espacial de 1° e uma resolução temporal de 1 dia. Todos os conjuntos de dados estão disponíveis no endereço eletrônico <<http://oaflux.who.edu>>. Os dados de reanálise possuem uma resolução espacial de 2.5° e uma resolução temporal de 1 dia, com uma série de fluxos de superfície à partir de 1948 que se encontra disponível no endereço eletrônico <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/>>.

Para esse trabalho, uma climatologia mensal foi elaborada utilizando-se dados do OAFlux E REANÁLISE entre os anos de 1980 a 2009. Para gerar essa climatologia, foram utilizadas as médias diárias dos dados originais do projeto. A partir dessa climatologia, foram extraídos valores de fluxo ao longo de um transecto hipotético cruzando a região da CBM entre os pontos 48° O, 33° S e 60° O, 45° S (vide Figura 1). Este transecto foi escolhido, pois, além de representar de forma significativa os gradientes entre a CB e CM da região de estudo, é um transecto próximo a medidas tomadas *in situ* e descritas em PEZZI et al. 2009. Para comparar os dados do projeto OAFlux com dados de reanálise uma interpolação linear foi utilizada em virtude da diferença entre a resolução espacial dos dois conjuntos de dados.

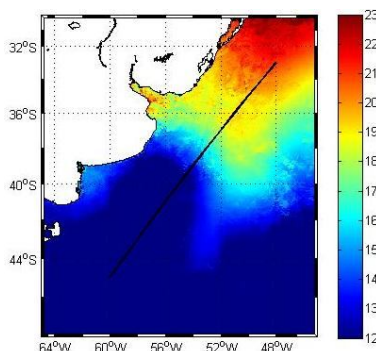


Figura 1: Mapa da temperatura média da superfície do mar na região da CBM no mês de novembro de 2009 obtido a partir do projeto NOAA Pathfinder com dados do sensor AVHRR. A linha preta sólida representa um transecto hipotético cruzando a região de estudo.

3. RESULTADOS

A climatologia dos fluxos de calor baseada nos dados do projeto OAFlux foi comparada com a climatologia dos dados de reanálise ao longo de um transecto hipotético que cruza meridionalmente a região da CBM (vide Figura 1). Os resultados, apresentados na Figura 2, demonstram que as fontes de dados representam bem o gradiente de fluxos de calor em função da diferença de TSM existente na região da CBM. A figura mostra também que as estimativas são comparáveis com aquelas realizadas a partir de dados *in situ* descritas em Pezzi et al (2009). No entanto, tomando como verdade as estimativas do projeto OAFlux por possuírem uma maior resolução espacial, nota-se que as maiores diferenças entre as estimativas baseadas em dados de

reanálise e do projeto OAFlux ocorrem sobre o lado frio da CBM, ao sul da região onde os maiores contrastes de calor sensível e latente ocorrem por conta da localização da frente oceanográfica entre a CB e a CM (Tabela 1).

Considerando que as diferenças encontradas entre as estimativas do projeto OAFlux e dos dados de reanálise na parte fria da CBM poderia estar relacionada com a intensidade do vento, que é uma variável de entrada para a estimativa dos fluxos de calor, analisou-se uma série de 10 anos de dados de intensidade de vento na região da CBM de reanálise e do satélite Quick Scatterometer (não mostrado). Observou-se que os dados de reanálise tendem a subestimar a intensidade do vento na região da CBM, principalmente, na parte norte da confluência onde se encontram as águas da CB. Isso poderia ser um indicativo de porque as estimativas do NCEP são maiores que as do projeto OAFlux e de estimativas baseadas em dados *in situ*.

4. CONCLUSÕES

Os fluxos de calor, em especial o latente, são parâmetros essenciais para a previsão de tempo e clima e para o estudo dos processos de ciclogênese, especialmente sobre o ambiente marinho. Estimativas mais confiáveis dos fluxos de calor sobre o oceano são de vital importância para melhorar a qualidade das previsões numéricas de tempo e clima na América do Sul. O trabalho mostrou que as diferenças de estimativas entre as duas fontes de dados pode estar relacionada a um erro na estimativa da velocidade do vento, que é uma variável fundamental nas estimativas de fluxo de calor.

5. BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO, O. C.; PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B.; ANABOR, V.; DEGRAZIA, G. A. A. Atmospheric Boundary Layer Adjustment the Synoptic Cycle at the Brazil-Malvinas Confluence, South Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, v. 115. 2010.

CHELTON, D. et al. GEOSAT altimeter observations of the surface circulation of the Southern Ocean. *J. Geophys. Res.*, v. 95, p. 17877-17903. 1990.

KALNAY et al. 1996. The NCEP/NCAR-40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* v. 77, p. 437-470. 1996.

PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B.; ACEVEDO, O. C.; WAINER, I.; MATA, M.M.; GARCIA, C. A. E.; CAMARGO, R. Multiyear measurements of the oceanic and atmospheric boundary layers at the Brazil-Malvinas confluence region. *J. Geophys. Res.*, v. 114. 2009.

PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. Variabilidade de mesoescala e interação oceano-atmosfera no Atlântico Sudoeste. In: CAVALCANTI et al. Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 385-405.

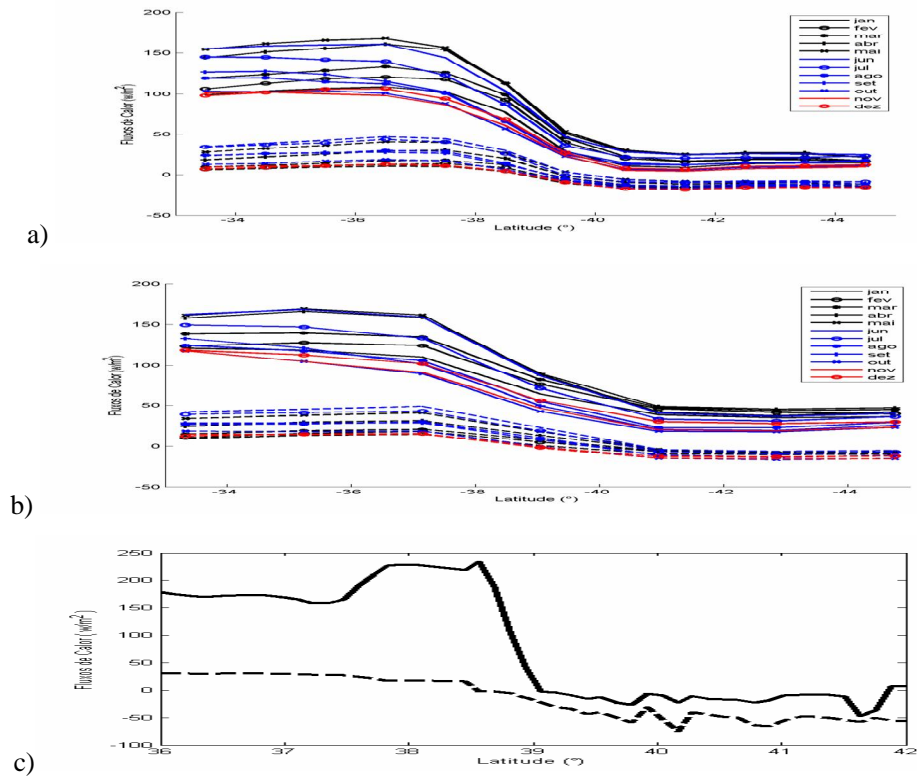


Figura 2: Climatologia dos fluxos de calor com base em dados do a) projeto OAFlux b) Reanálise NCEP/NCAR. c) Estimativas com base em dados tomados *in situ* em novembro de 2006 descrita em Pezzi et al. (2009). As linhas inteiras indicam o calor latente; as linhas tracejadas indicam o calor sensível.

Tabela 1: Relação percentual das estimativas de calor latente e sensível dos dados de reanálise em relação aos dados do projeto OAFlux

mês/latitude	-33,33		-35,24		-37,14		-39,05		-40,95		-42,86		-44,76	
	Ql	Qs	Ql	Qs	Ql	Qs	Ql	Qs	Ql	Qs	Ql	Qs	Ql	Qs
Jan	123	64	112	65	105	52	126	-16	379	137	250	146	190	154
Fev	117	52	108	60	104	43	118	7899	253	134	217	149	191	159
Mar	117	48	109	63	104	42	117	214	238	117	218	140	197	155
Abr	110	56	108	80	101	43	112	156	181	104	165	120	181	136
Mai	105	67	103	88	101	58	109	126	148	101	144	107	168	123
Jun	105	72	106	78	106	54	119	148	151	107	140	108	143	122
Jul	103	102	103	102	103	70	120	163	157	103	143	105	139	116
Ago	104	105	101	107	101	83	127	324	184	103	152	103	146	115
Set	104	109	96	113	95	81	108	228	155	107	131	105	140	124
Out	114	109	101	112	96	89	111	65	297	104	188	111	177	149
Nov	116	103	104	96	100	82	114	78	407	120	240	125	190	154
Dez	121	81	107	81	103	70	122	40	399	131	258	141	192	174

