

# FLUXOS DE CALOR ENTRE OCEANO-ATMOSFERA, MASSAS D'ÁGUA E FITOPLÂNCTON NO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE: POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES NOS FLUXOS DE CARBONO

Rafael GONÇALVES-ARAÚJO<sup>1\*</sup>, Carlos Rafael B. MENDES<sup>2</sup>, Fernando ROSSATO<sup>1</sup>, Ronald B. de SOUZA<sup>1</sup>, Virginia M. TAVANO<sup>2</sup>, Luciano Ponzzi PEZZI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CRS/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Santa Maria – RS

<sup>2</sup>Instituto de Oceanografia/Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – Rio Grande – RS

<sup>3</sup>CPTEC/INPE – Cachoeira Paulista - SP

[\\*rafaelgoncalvesaraujo@gmail.com](mailto:rafaelgoncalvesaraujo@gmail.com)

**RESUMO:** A relação entre os fluxos de calor na interface oceano-atmosfera, a distribuição das massas d'água e a composição fitoplanctônica foi determinada com base em dados coletados durante o cruzeiro ACEX/SIMTECO realizado ao longo da costa sul do Brasil. Foi notada uma marcada variabilidade espacial na região, em estreita relação com a distribuição das massas d'água presentes na região. Ao longo de toda a região foi observada perda de calor do oceano para a atmosfera, e os maiores valores foram associados com a presença de águas tropicais, que apresentaram baixa biomassa fitoplanctônica dominada por cianobactérias e proclorófitas. Em contrapartida, águas mais costeiras sob influência da Pluma do Río de La Plata tiveram fluxos de calor menos intensos com maior biomassa fitoplânctonica, dominadas por diatomáceas, com contribuições de prasinófitas e dinoflagelados. Apesar de os dados referentes aos fluxos de CO<sub>2</sub> ainda não tenham sido analisados, a região pode ser de grande importância na absorção deste gás pelos oceanos, em virtude do aumento da biomassa fitoplanctônica em direção à costa.

**ABSTRACT:** The relationship between the heat fluxes in the ocean-atmosphere interface, the water masses distribution e the phytoplankton composition was determined based on data collected during the ACEX/SIMTECO cruise, which was realized along the southern Brazilian coast. A marked spatial variability was observed in the region, straightly related with the distribution of the water masses within the region. Throughout the region it was observed heat lose from the ocean to the atmosphere, and th highest values were associated with the presence of tropical waters, which presented low phytoplankton biomass, dominated by cyanobacteria and prochlorophytes. On the other hand, coastal waters under the influence of the Río de La Plata plume exhibited less intense heat fluxes with greater phytoplankton biomass, which was dominated by diatoms, with contributions of prasinophytes and dinoflagellates. Despite the CO<sub>2</sub> data have not been analyzed yet, the region can exert great importance on the oceans CO<sub>2</sub> absorption, due to high biomass found in towards the coast.

## 1 – INTRODUÇÃO

A plataforma continental e talude sul do Brasil é uma região dinâmica cuja circulação oceânica é dominada principalmente pela Corrente do Brasil (CB, que transporta águas tropicais) e pela Corrente Costeira do Brasil (CCB, que transporta águas subantárticas juntamente com a Pluma do Rio de La Plata - PRLP). Tal dinâmica exerce influência direta sobre a distribuição e abundância do fitoplâncton e sobre a temperatura da superfície do mar (TSM) e, conseqüentemente, nas interações entre as camadas limites oceânica e atmosférica. O fitoplâncton, por sua vez, exerce conhecida influência sobre a absorção de CO<sub>2</sub> atmosférico pelos oceanos, considerando a utilização desse gás em seu metabolismo. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a relação entre a distribuição das massas d'água, a comunidade fitoplanctônica com os fluxos de calor entre oceano-atmosfera e suas possíveis influências sobre os fluxos de CO<sub>2</sub> na região da plataforma continental e talude sul brasileiros, com base em dados *in situ*.

## 2 – DADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE

O cruzeiro oceanográfico ACEX/SIMTECO foi realizado entre os dias 12 e 20 de Junho/2012 a bordo do N.Ho. "Cruzeiro do Sul" ao longo da Costa Sul do Brasil, totalizando 41 estações de coleta distribuídas ao longo de 5 transectos perpendiculares à costa (Fig. 1). Durante a operação foram coletados dados de cunho oceanográfico e atmosférico ao longo de todas as estações ocupadas ao longo do cruzeiro.

Os dados de caráter hidro-oceanográficos foram adquiridos junto à superfície marinha e são aqui representados pelas seguintes variáveis: TSM, concentração de clorofila-*a* e biomassa de organismos fitoplanctônicos. Os dados de TSM foram coletados a partir da estação automática a bordo do navio, de modo que estes são expressos através da média dos valores coletados durante 1 minuto pela estação (n=12), para cada um dos pontos de coleta. Além dos dados de TSM, a estação meteo-oceanográfica automática do navio adquiriu dados referentes à direção do vento e temperatura e umidade do ar, os quais foram utilizados para calcular os fluxos de calor sensível e latente (FAIRALL *et al.*, 1996). O fluxo de calor sensível (H<sub>S</sub>) refere-se à transferência de energia através de condução entre dois corpos com temperaturas distintas. O fluxo de calor latente (H<sub>L</sub>), por sua vez, está associado à mudança de fase de uma determinada substância. Tais parâmetros são obtidos a partir das seguintes expressões (FAIRALL *et al.*, 1996):

$$Q_S = \rho C_p C_h U (\theta_{ar} - TSM) \text{ e } Q_L = \rho L_e C_e U (q_s - q_{ar}),$$

onde  $C_h$ ,  $C_e$  e  $C_p$  são, respectivamente, os coeficientes de transferência de calor, umidade e momento,  $\theta_{ar}$  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  $U$  é a velocidade média do vento na superfície do mar.

A concentração dos pigmentos fitoplanctônicos foi determinada com base na técnica da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), seguindo as recomendações propostas na literatura (MACKEY *et al.*, 1996). Para tal, amostras de água (0.5-2L, dependendo da concentração de organismos) foram coletadas e filtradas em filtros de fibra de vidro (Whatmann GF/F; porosidade: 0.7  $\mu\text{m}$ ;  $\varnothing = 25\text{mm}$ ) e armazenados em nitrogênio líquido até posterior análise em laboratório. Os pigmentos foram identificados com base no espectro de absorção e tempo de retenção destes e as concentrações foram calculadas a partir dos sinais do detector de fluorescência. A abundância relativa de grupos microalgais que contribuem para a biomassa total (expressa através da concentração de clorofila-a - Chla) foi calculada com base na concentração dos pigmentos, utilizando a técnica da taxonomia química, utilizando a versão 1.95 do software CHEMTAX (MACKEY *et al.*, 1996; WRIGHT *et al.*, 1996). O CHEMTAX usa uma análise fatorial e um algoritmo para encontrar o melhor ajuste dos dados para uma matriz inicial de razões pigmentares. A base para os cálculos e os procedimentos estão completamente descritos em MACKEY *et al.* (1996) e WRIGHT *et al.*, (1996). As razões pigmentares para as principais classes pigmentares foram obtidas na literatura e, com base nos pigmentos detectados na amostras, oito classes algais foram determinados: diatomáceas, dinoflagelados, prasinófitas, proclorófitas e cianobactérias.

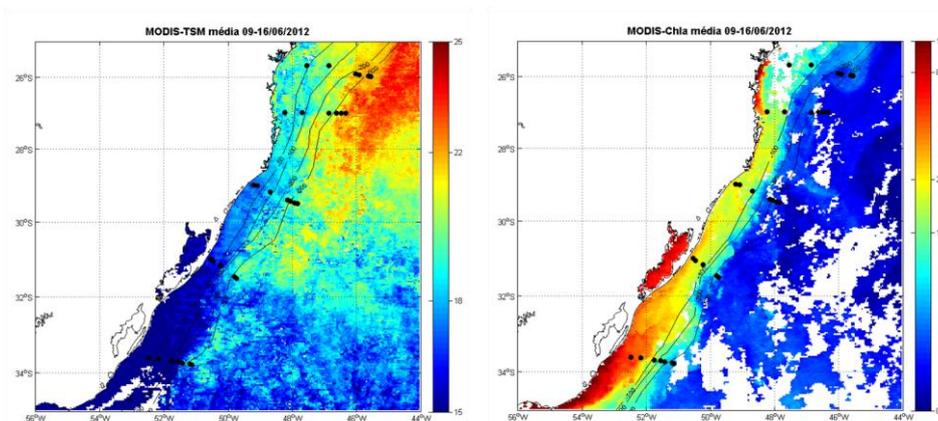


Figura 1: Mapas de distribuição superficial média de TSM ( $^{\circ}\text{C}$ ) e Chla ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), adquiridos com o sensor MODIS-AQUA para o período entre 09-16/06/12. Pontos pretos representam as estações oceanográficas ocupadas durante o cruzeiro ACEX/SIMTECO.

### 3 – RESULTADOS

Embora tenham sido realizados 5 transectos ao longo da plataforma e talude sul brasileiros, apenas os resultados referentes ao transecto 5 (porção mais ao sul da área de estudo) serão apresentados no presente trabalho, dada a grande variabilidade espacial encontrada ao longo do mesmo (Fig. 2). A TSM variou entre 14,6 e 19,6 $^{\circ}\text{C}$  (Fig. 2), com os maiores valores associados à influência das águas tropicais enquanto os menores valores foram associados à presença da PRLP, transportada para norte pela CCB (SOUZA & ROBINSON, 2004). Os fluxos de calor sensível e latente mostraram perda de calor do oceano para atmosfera, com valores

variando entre  $-15$  a  $-95 \text{ W.m}^{-2}$  e  $-64$  a  $-288 \text{ W.m}^{-2}$ , respectivamente (Fig. 2), com as maiores trocas associadas ao domínio das águas tropicais.

A variação espacial da Chla e dos grupos fitoplanctônicos se deu de acordo com a distribuição das massas d'água ao longo da região considerada (Fig. 2). Os maiores teores de Chla foram encontrados nos sítios mais próximos da costa, sob influência das águas da PRLP, que fertilizam a região com suas águas ricas em nutrientes e, assim, estimulam a produção fitoplanctônica na região. A distribuição dos grupos fitoplanctônicos ao longo do transecto se mostrou de maneira complementar, com diatomáceas dominando as águas de elevada biomassa (sob influência da PRLP), apresentando contribuições de prasinófitas e dinoflagelados. Em contrapartida, as águas tropicais de baixa biomassa fitoplanctônica foram dominadas por organismos de menor tamanho celular (proclorófitas e cianobactérias), característicos de ambientes oligotróficos, como as águas tropicais em questão.

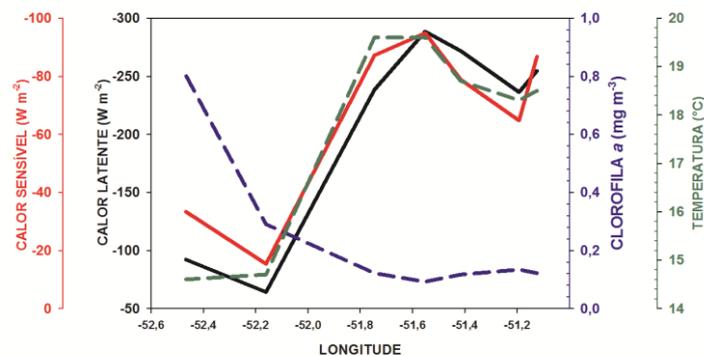


Figura 2: Variação espacial (longitudinal) da TSM, Chla, H<sub>S</sub> e H<sub>L</sub>.

A relação entre os parâmetros foi determinada com base em coeficientes de correlação não-paramétricos de Spearman. A TSM relacionou-se direta e significativamente com os fluxos de calor sensível e latente ( $r^2=0,93$  para ambos;  $p<0,05$ ). A relação entre Chla e os fluxos se mostrou inversa e significativa ( $p<0,05$ ), com  $r^2=0,46$  para H<sub>S</sub> e  $r^2=0,57$  para H<sub>L</sub>. Devido à heterogeneidade apresentada na distribuição dos organismos, estes apresentaram diferentes comportamentos, quando relacionados com os fluxos de calor (H<sub>S</sub> e H<sub>L</sub>), de modo que diatomáceas, dinoflagelados e prasinófitas foram diretamente relacionadas com os fluxos (Fig. 3) e cianobactérias e prasinófitas relacionaram-se de maneira inversa e não significativa ( $p>0,05$ ) com tais parâmetros (não exibido).

Num estudo realizado ao longo da plataforma continental argentina, BIANCHI et al. (2009) mostraram que a biomassa fitoplanctônica está estreitamente relacionada com os fluxos de CO<sub>2</sub> entre oceano e atmosfera, a passo que os maiores fluxos para o oceano foram observados em áreas de maior biomassa (Chla). A partir dessas relações, acredita-se que a região contemplada pelo presente estudo mostra-se importante na tomada de CO<sub>2</sub> atmosférico pelos oceanos, uma vez que elevados teores de Chla foram encontrados em alguns dos sítios ocupados.

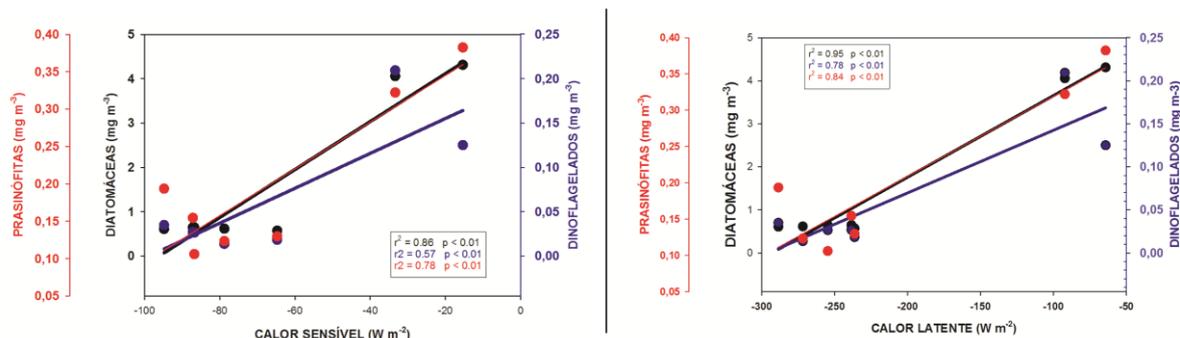


Figura 3: Relação entre a abundância absoluta dos grupos fitoplanctônicos (diatomáceas, dinoflagelados e prasinófitas) com  $H_S$  (Esq.) e  $H_L$  (Dir.).

#### 4 – CONCLUSÕES

A dinâmica de interação oceano-atmosfera, bem como a distribuição e abundância dos organismos fitoplanctônicos na região de estudo se mostraram estreitamente dirigidas pela dinâmica das massas d'água presentes na região. Embora os dados referentes aos fluxos de  $\text{CO}_2$  ainda não tenham sido analisados, a região se mostra de grande importância na absorção de  $\text{CO}_2$  atmosférico pelos oceanos, dada a elevada biomassa fitoplanctônica encontrada e também com base em resultados apresentados na literatura, podendo representar uma significativa fonte sumidoura de  $\text{CO}_2$  pelos oceanos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIANCHI, A.A.; *et al.*, 2009. Annual balance and seasonal variability of sea-air  $\text{CO}_2$  fluxes in the Patagonia Sea: Their relationship with fronts and chlorophyll distribution. **J. Geophys. Res.**, v. 114, C03018, doi:10.1029/2008JC004854.
- FAIRALL, C.W.; *et al.*, 1996. Bulk parameterization of air-sea fluxes for Tropical Ocean-Global Atmosphere Coupled-Ocean Atmosphere Response Experiment. **J. Geophys. Res.**, v.101, p. 3747-3764.
- MACKEY, M.D.; *et al.*, 1996. CHEMTAX — a program for estimating class abundances from chemical markers: application to HPLC measurements of phytoplankton. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 144, p. 265–283.
- SOUZA, R.B.; ROBINSON, I.S., 2004. Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current. **Cont. Shelf Res.**, v.24, p. 241-262.
- WRIGHT, S.W.; *et al.*, 1996. Analysis of phytoplankton of the Australian sector of the Southern Ocean: comparisons of microscopy and size frequency data with interpretations of pigment HPLC data using the 'CHEMTAX' matrix factorization program. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 144, p. 285–298.