

## **Estudos preliminares sobre a variabilidade espacial e temporal da radiância solar incidente no oceano Atlântico Sul utilizando dados de satélite**

JAQUELINE LEAL MADRUGA<sup>1</sup>  
ENIO BUENO PEREIRA<sup>1</sup>  
ÁUREA MARIA CIOTTI<sup>1</sup>  
SÔNIA MARIA FLORES GIANESSELLA<sup>2</sup>  
MARISA DANTAS BITTENCOURT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 - 12201-097 - São José dos Campos - SP, Brasil  
jack@dge.inpe.br ; enio@dge.inpe.br; ciotti@ltid.inpe.br

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo - USP  
São Paulo - SP, Brasil  
soniag@netuno.io.usp.br; tencourt@ib.usp.br

**Abstract:** Due to the important role of phytoplankton in the carbon cycle in the ocean, it is necessary to understand the relationships between concentration and distribution of photosynthetic pigments and physical and biological features that are easily obtained. In this work, we use the BRASIL-SR radioactive transfer model to estimate incident solar radiation over the sea surface with the aid of GOES-8 data. The estimations will be correlated with available cloud cover and sea surface temperature data (SST/AVHRR) and correspond to monthly means for 1998 and 1999. The area to be studied encompasses the whole Brazilian coastline (34,5° to 55° W and 6° to 34° S). The main goal is to analyze the temporal and spatial variability on the solar radiation, cloud cover and TSM data in order to identify oceanic regions along the Brazilian coast that present characteristic correlation values. The analysis and interpretation of the results, will be performed by data integration in a Geographical Information System (GIS).

**Keywords:** solar radiation, sea surface temperature

### **1. Introdução:**

O estudo da produção primária e dos principais fatores que a controlam tem sido uma das áreas de maior interesse em oceanografia nas últimas décadas. A carência de estudos prévios na área oceânica adjacente a costa do Brasil e a dificuldade de aquisição de novos dados “in situ”, nos levam a buscar o desenvolvimento de novas metodologias baseadas em tecnologias como sensoriamento remoto. As imagens de satélite possibilitam tanto uma cobertura sinóptica como uma repetitividade adequada para estudos de séries temporais, possibilitando desta forma uma melhor compreensão dos fenômenos físicos e biológicos em questão.

A radiação solar incidente na superfície do oceano na faixa do visível é a principal fonte de energia para a fotossíntese marinha. Tanto a distribuição vertical da biomassa fitoplanctônica

como o suprimento de nutrientes para o interior da zona eufótica dependem do grau de estratificação da coluna d'água, e portanto, ligados às flutuações diárias do balanço de calor oceano-atmosfera (Marra, et al., 1990), onde a radiância solar é a principal componente. Espera-se então uma relação entre distribuição de biomassa fitoplanctônica nas camadas superficiais do oceano e a radiação solar incidente. Todavia, se considerarmos a cobertura de nuvens como um agente modulador da radiação solar na superfície, faz-se necessário conhecer sua variabilidade no tempo e espaço para que seja possível avaliar sua influência nos processos biológicos (Bishop et al., 1991).

O presente trabalho pretende analisar a variabilidade temporal e espacial da cobertura de nuvens e da radiação incidente na superfície, gerada a partir do modelo de transferência radiativa BRASIL-SR. Esses dados serão correlacionados a estimativas de temperatura superficial do mar (TSM). O objetivo desse trabalho é de classificar as regiões oceânicas que apresentam índices semelhantes de correlação. Essa classificação é necessária para a continuidade de um estudo mais amplo conduzido pelos autores, que pretende avaliar o grau de relação entre a radiação solar incidente e a concentração de pigmentos fitoplanctônicos.

## 2. Metodologia:

A área de estudo abrange a porção oceânica do Atlântico Sul adjacente à costa brasileira, entre as latitudes 6° N e 34° S e as longitudes 34,5° e 55° W.

O modelo de transferência radiativa utilizado neste trabalho baseia-se no modelo alemão desenvolvido por pesquisadores do Centro de pesquisas GKSS. A versão brasileira denomina-se BRASIL-SR e vem sendo desenvolvida e implementada através de uma colaboração entre o Instituto Nacional de pesquisas Espaciais (INPE) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (Pereira et al., 1996).

O BRASIL-SR é um modelo físico para o cálculo da radiação incidente a partir de imagens de satélite geostacionário GOES-8 no canal do visível (0,4 a 1,1  $\mu\text{m}$ ), e baseia-se na determinação da transmitância das diversas camadas atmosféricas (veja Almeida, 1998 para detalhes). O modelo assume a existência de uma relação linear entre o fluxo de radiação solar incidente no topo da atmosfera ( $\mathbf{j}_0 \downarrow$ ) e o fluxo de radiação solar incidente na superfície ( $\mathbf{j}_s \downarrow$ ), seguindo:

$$\mathbf{j}_s \downarrow = [n_{eff} \mathbf{t}_{cloud} + (1 - n_{eff}) \mathbf{t}_{clear}] \mathbf{j}_0 \downarrow \quad (1)$$

onde  $n_{eff}$  é o índice de cobertura efetiva de nuvens,  $\mathbf{t}_{clear}$  é a transmitância para condições de céu claro e  $\mathbf{t}_{cloud}$  é a transmitância para céu totalmente nublado, ambas derivadas do modelo.

O modelo considera a cobertura de nuvens como principal fator de influência sobre a transmitância atmosférica, e num primeiro momento, calcula o coeficiente de cobertura efetiva de nuvens usando os dados GOES. A radiância incidente é então estimada com a entrada de dados atmosféricos climatológicos.

Os dados orbitais do satélite GOES-8 foram adquiridos e armazenados na Divisão de Satélites Ambientais do INPE/Cachoeira Paulista, com uma resolução espacial de 0,5° X 0,5° e resolução temporal de 3h (8h45, 11h45, 14h45, 17h45 e 20h45 GMT). Essas imagens são arquivadas no Labsolar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Os demais parâmetros de entrada no BRASIL-SR são a umidade relativa do ar, a pressão do ar ao nível do mar, a temperatura do ar acima da superfície da água, juntamente com os dados médios de cobertura de nuvens e foram adquiridos da base de dados *DASILVA SMD94 climatology*, que é uma compilação *do Comprehensive Ocean-Atmosphere data Set* (COADS, veja <http://ingrid.ldgo.columbia.edu/SOURCES/.DASILVA/.SMD94>).

O banco de dados médios mensais de TSM foram coletados pelo sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) a bordo do satélite NOAA-14 e obtidos diretamente da NASA (<ftp://podaac.jpl.nasa.gov/pub>). Utilizaram-se produtos TSM dispostos em grades equidistantes de 54km (Equador =55,60 km por pixel) contendo 720 colunas por 360 linhas, para coincidirem com os dados de radiação incidente gerados pelo modelo, conseqüentemente, uma grade de 0,5° x 0,5° (360/720 ou 180/360) em longitude e latitude. Foram extraídos os valores de TSM referentes as coordenadas centrais da grade do modelo visando a elaboração do plano de informação (PI) referente a esta variável.

A área de estudo foi dividida em 4 sub-regiões latitudinais com 10° de amplitude e em 3 sub-regiões no sentido longitudinal, visando distinguir regiões costeiras, intermediárias e de oceano aberto. Posteriormente serão calculados os dados médios e de variabilidade das amostras seguido da análise estatística de componentes principais e de correlação entre TSM, cobertura de nuvens e radiação incidente.

### **3. Resultados e trabalho futuro:**

Neste trabalho serão apresentados mapas comparativos entre variabilidade espacial e temporal da radiação solar incidente obtidos pelo modelo e os mapas associados de variabilidade de TSM. Se discutirá de forma qualitativa as correlações entre estas duas variáveis e os índices de cobertura de nuvens.

A dependência da luz para o crescimento do fitoplâncton e acúmulo de biomassa é bem conhecida. A variabilidade da radiação solar apresenta relações estreitas com a latitude, estação do ano, hora do dia e cobertura de nuvens. Entretanto, informações sobre a influência de padrões hidrológicos na distribuição dos pigmentos fitoplanctônicos para o oceano Atlântico adjacente a costa do Brasil são escassos. Espera-se com este estudo preliminar determinar escalas de tempo adequadas para a análise de fatores que determinam a variabilidade observada entre as regiões distintas, e a variabilidade interanual dessa distribuição. Esperamos estabelecer pelo menos 5 sub-regiões com características distintas relacionadas as feições hidrográficas mais marcantes na escala espacial deste estudo, ou seja, descarga do rio Amazonas, ressurgência de Cabo Frio, Convergência Subtropical, oceano oligotrófico, Corrente do Brasil (Gonzalez et al., 2000).

Uma vez identificadas as sub-regiões, poderemos dar continuidade a um estudo mais amplo com o objetivo de estabelecer até que ponto diferenças na radiação incidente na superfície podem explicar a variabilidade observada na abundância do fitoplâncton.

### **Agradecimentos:**

Agradecimentos são devidos a Fernando Martins Ramos e Samuel L. de Abreu pela colaboração dada na aplicação do modelo BRASIL-SR necessária para realização deste estudo. Esse trabalho somente foi possível graças ao auxílio recebido da CAPES através da bolsa de doutoramento do primeiro autor.

## Referências:

- Almeida, W.G. Avaliação de um modelo físico estimador de irradiância solar baseado em satélites geoestacionários. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica**, Universidade Federal de Santa Catarina. 1998.
- Bishop, J.K.; Rossow, W.B. Spatial and temporal variability of global surface solar irradiance. **Journal of Geophysical Research**, 96(C9): 16.839-16.858, 1991.
- Gonzalez, A.; Santamaria-del-Angel, Garcia, V.M.T.; Garcia, C.A.E. Biogeochemical Regions of the Atlantic Ocean between 5° N and 45° S based on Coastal Zone Color Scanner imagery. In: Ocean Optics XV, 2000. **Proceedings**, Mônaco, 2000.
- Marra, J.; Bidigare, R.R.; Dickey, T.D. Nutrients and mixing, chlorophyll and phytoplankton growth. **Deep-Sea Research**, 37: 127-143, 1990.
- Pereira, E.B., Abreu, S.L., Stuhlmann, R., Rieland, M. E Colle, S., Survey of the incident solar radiation in Brazil by use of METEOSAT satellite data. **Solar Energy**, 57(2):125-132, 1996.