

# Variabilidade sazonal do clima e da vegetação no bioma Cerrado: II. Representação com o modelo de biosfera IBIS

Emily Ane Dionizio da Silva<sup>1</sup>, Suzana Carvalho<sup>1</sup>, Iris Amati Martins<sup>1</sup>, Celso von Randow<sup>1</sup>,  
Jorge Alberto Bustamante Becerra<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CCST / INPE – Rod. Presidente Dutra, km 40,  
Cachoeira Paulista, SP, email: [emily.silva@inpe.br](mailto:emily.silva@inpe.br), [suzana.carvalho@inpe.br](mailto:suzana.carvalho@inpe.br),  
[iris.martins@inpe.br](mailto:iris.martins@inpe.br), [celso.vonrandow@inpe.br](mailto:celso.vonrandow@inpe.br), [jorge.bustamante@inpe.br](mailto:jorge.bustamante@inpe.br)

**ABSTRACT:** This work is the continuation of the work “Seasonal variability of climate and vegetation in Cerrado: I. Diagnostic analysis by remote sensing”, and its objective is to make a prognostic analysis of the seasonality of the vegetation, for the two regions of Cerrado studied in part I, using the integrated biosphere simulator (IBIS). IBIS is part of a new generation of surface models that simulates changes in composition and structure of the vegetation in response to environmental conditions. The model comprises many processes, including all relevant surface-atmosphere interaction processes, carbon cycle and vegetation dynamics. We aggregate daily averages of net primary production, evapotranspiration and leaf area index simulated by the model in periods of 16 days, compatible with the temporal resolution of the diagnostic analyses of the previous work, and later compared the simulated variables with the diagnosed vegetation indexes (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index and LAI). The comparisons indicate that the IBIS model is capable of representing the seasonal variability of the Cerrado ecosystems, but, in its current parameterizations, overestimates the LAI in both regions studied. Adaptation of current parameterization schemes may be necessary to improve the characterization of the Cerrado biome in the model, especially regarding the leaf area index, and to incorporate effects of anthropogenic land use changes.

**Palavras-chave:** Modelo integrado de biosfera- IBIS, Sazonalidade da vegetação, Índices de vegetação, Cerrado.

## 1- INTRODUÇÃO

Modelos de biosfera terrestre são os componentes dos modelos climáticos que simulam a interação entre a superfície dos continentes e a atmosfera. Após quatro décadas de evolução, esses modelos passaram por transformações significativas, caracterizadas por diversas gerações (Sellers et al., 1997). Atualmente, os modelos incorporam uma série de processos do sistema terrestre relacionados à superfície continental como, por exemplo, processos biogeofísicos de maneira geral (fluxos de superfície, turbulência, etc.), fenologia e dinâmica de vegetação, ciclo do carbono terrestre, outros ciclos biogeoquímicos, hidrologia superficial, e emissões de gases-traço, VOCs, poeiras e aerossóis (Oleson et al., 2008). O uso de tipos funcionais de plantas (“Plant Functional Types”, PFTs) dentro destes modelos, proporciona uma simplificação e generalização da vegetação, tornando-os ferramentas efetivas e apropriadas para simular a dinâmica das comunidades vegetais em diferentes ecossistemas. O modelo integrado de biosfera terrestre IBIS utiliza combinações de 12 PFTs para representar quinze classes de vegetação (biomas). A modelagem da produtividade destes ecossistemas, por sua vez, depende de parâmetros físicos, biofísicos e bioquímicos, que regulam o processo, e que podem ser obtidos através de ferramentas de sensoriamento remoto ou medições diretas em campo. Sellers et al. (1997) destacaram que os sensores orbitais

podem oferecer boas estimativas da reflectância da superfície, da fração da radiação fotossinteticamente ativa (FPAR, ) e do índice de área foliar (LAI, Leaf Area Index).

O objetivo geral do trabalho, que envolve duas partes, é avaliar a sazonalidade da vegetação e do clima regional no Cerrado brasileiro (parte I) para relacioná-la com as simulações de sazonalidade da vegetação usando um modelo integrado de biosfera (parte II). O objetivo específico da parte II, aqui desenvolvido, é simular a produtividade primária líquida (NPP, Net Primary Productivity), LAI e evapotranspiração (ET) da vegetação para as mesmas regiões definidas na parte I, usando o modelo de biosfera IBIS (Foley et al. 1996; Kucharik et al. 2000) e avaliar o desempenho do modelo na representação da sazonalidade do bioma Cerrado com as analisadas obtidas na parte I (Variabilidade sazonal do clima e da vegetação no bioma Cerrado: I. Abordagem diagnóstica por sensoriamento remoto).

## **2- MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo é o bioma Cerrado que apresenta tipos fitofisionômicos bastante diversificados em toda a sua extensão, com formas campestres bem abertas (campos limpos) até formas relativamente densas, florestais (cerradões). Foram utilizadas as duas regiões de estudo localizadas na região norte e central do bioma definidas na parte I. A primeira, chamada de região natural, com menor pressão antrópica onde as fitofisionomias que compõem a vegetação ainda se mantêm em estado natural. A segunda, região modificada, com forte pressão antrópica, dominada por matriz agropecuária com remanescentes de vegetação natural.

Os materiais utilizados são o modelo de biosfera terrestre IBIS é utilizado para simulações da produtividade primária líquida (NPP) e da evapotranspiração (ET). O IBIS simula os processos da superfície terrestre (trocas de energia, água e momentum entre o solo, a vegetação e a atmosfera), fisiologia do dossel (fotossíntese e condutância do dossel), fenologia da vegetação (produção de folhas e senescência), vegetação dinâmica (distribuição, reciclagem e competição entre os tipos de vegetação) e balanço de carbono terrestre (produção primária líquida, reciclagem do tecido vegetal, carbono no solo e decomposição da matéria orgânica) (Kucharik et al, 2000).

No IBIS, quinze classes de vegetação são representadas por uma combinação de doze PFTs, oito PFTs representam estratos arbóreos e quatro estratos herbáceos. Cada PFT é caracterizado em termos de biomassa (carbono na folhas, troncos e raízes finas) e LAI. A representação da classe savana (Cerrado brasileiro) é caracterizada por estratos de árvores caducifólias e de herbáceas.

As simulações foram realizadas por um período de cinquenta anos, dos quais foram usados apenas os cinco últimos para análise. Os dados diários extraídos foram agrupados em períodos de 16 dias, usando uma média para as variáveis: NPP, LAI e ET. Estes períodos de 16 dias são compatíveis com a resolução temporal utilizada nos dados observados (analisados na parte I).

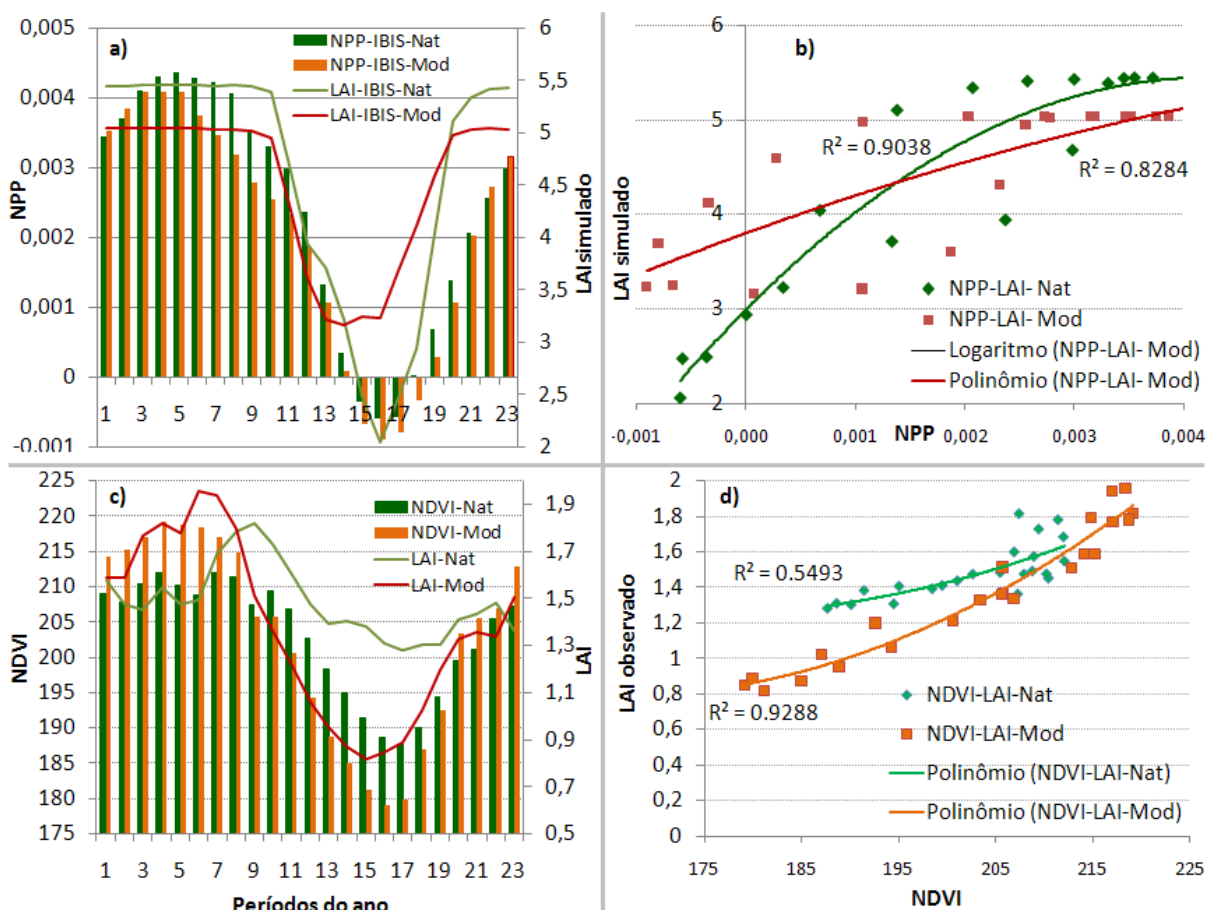
## **3- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados das simulações foram limitados a mostrar a resposta da fenologia e dinâmica da vegetação reproduzida pelo modelo através de NPP, LAI e ET, em duas regiões do bioma Cerrado. A Figura 1 mostra a variação temporal e as relações empíricas encontradas entre dados observados e simulados. É importante ressaltar que os valores de LAI apresentados na figura 1, representam a soma dos índices de área foliar simulados para o dossel inferior e superior do bioma. Ao comparar as figuras 1a e b, pode-se observar que o modelo IBIS simula valores de LAI superiores aos valores registrados pelo sensor MODIS/TERRA analisados nas figuras 1c e d. Esta superestimação pode estar ligada ao fato

de o modelo ser originalmente ajustado para a representação da biosfera global, de forma que regiões específicas, como o Cerrado podem ser mal representadas localmente.

Na figura 1b, a sazonalidade marcante do cerrado é capturada pelo modelo IBIS, porém, com uma representação da correlação maior de LAI com a NPP da região de área natural, fato que não ocorre nos dados observados (figura 1d). Esta resposta do modelo está relacionada ao fato de que o mapa de cobertura da terra usado nas simulações não incorpora mudanças de uso da terra, considerando apenas a dinâmica natural da vegetação em resposta as condições ambientais em ambas as regiões.

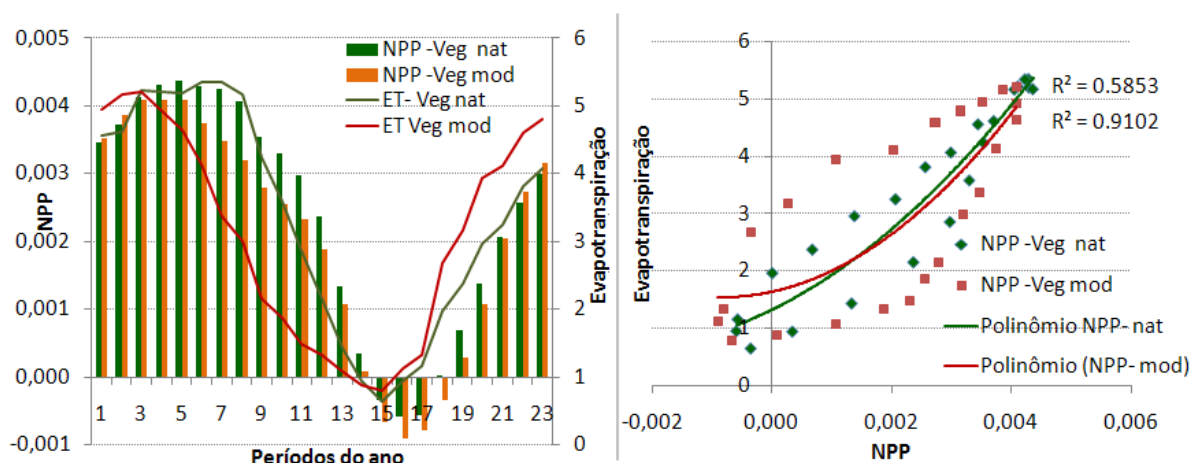
A figura 1d, ilustra a relação entre os dados de NDVI e LAI fornecidos pelo MODIS, para as áreas em análise. Os dados revelam um maior coeficiente de regressão entre o LAI e o NDVI para a área de vegetação modificada, ou seja, o LAI tem uma relação mais direta com o NDVI, em áreas de vegetação gramíneo/herbácea, do que em áreas de predominância arbórea. Fato que nos permite inferir, sobre as diferentes capacidades dos tipos funcionais em captar água durante o período de estiagem, e as suas diferentes respostas fisiológicas à mudança do clima sazonal.



**Figura1** - Variação sazonal da vegetação usando LAI e NPP simulados pelo modelo IBIS para as duas regiões de estudo (a); Análise de regressão polinomial das variáveis LAI e NPP simulados (b); Variação sazonal da vegetação usando NDVI e LAI do MODIS/TERRA para as regiões Nat: vegetação natural e Mod: vegetação modificada (c); Análise de regressão polinomial das variáveis NDVI e LAI observados (d).

Destaca-se ainda, que na parte I do trabalho foi constatado que a região natural é composta em sua maioria por estratos arbóreos e a região modificada por estratos herbáceos. Essa caracterização da vegetação influencia diretamente os valores de NPP estimados pelo

modelo, já que o LAI, assim como outras variáveis, sejam elas climáticas, estruturais, físicas e bioquímicas, são utilizadas no cálculo da produtividade.



**Figura 2** - Representação da variação sazonal dos valores de evapotranspiração (ET) e produtividade primária líquida (NPP) (a); Análise de correlação entre os dados de evapotranspiração e produtividade primária líquida (b).

Os valores simulados de ET são apresentados na figura 2, em conjunto com NPP para as duas regiões. Observamos na Figura 2a, que para a região modificada, localizada na região central do bioma, a evapotranspiração diminui primeiro, mas gradativamente, do que na região natural, apresentando um decréscimo acentuado com o início da estação. Outra representação do modelo é a resposta de ET em relação a NPP. As quedas de ET são acompanhadas por quedas de NPP, devido à perda de fitomassa foliar, responsáveis pela transpiração das folhas, esta relação é mais direta na região modificada ( $R^2 = 0,9102$ ) do que na natural ( $R^2 = 0,5853$ ). Esta correlação pode estar associada ao fator de gradiente latitudinal. Uma das principais variáveis meteorológicas que influencia a evaporação de água do solo e transpiração das plantas é a radiação solar, fator condicionante para temperatura do ar e do solo. Neste sentido, a latitude é também determinante no fotoperíodo e na radiação solar total recebida nas diferentes estações do ano.

#### 4- CONCLUSÕES

Neste estudo, avaliamos através de relações empíricas a variabilidade sazonal da fenologia e da produtividade de carbono da vegetação, e a influência da fenologia na produtividade primária líquida (NPP) e evapotranspiração (ET), em duas áreas de Cerrado, representadas pelo modelo de biosfera IBIS.

Observou-se, a partir das simulações realizadas, que, erros ou incertezas em alguns dos parâmetros fenológicos, provavelmente associados à representação global do modelo, podem causar superestimativas do LAI nesta região. Apesar disso, todas as simulações realizadas indicaram que o modelo em suas atuais parametrizações é capaz de representar a sazonalidade da vegetação do bioma Cerrado. As correlações diagnósticas entre NDVI e LAI para as regiões de vegetação natural e modificada revelaram valores de  $R^2 = 0,5493$  e  $R^2 = 0,9288$ , respectivamente. Sendo que, estas correlações modeladas, apresentaram relação mais direta na região natural ( $R^2 = 0,9038$ ) do que na modificada ( $R^2 = 0,8284$ ). Esta diferença encontrada nos valores de correlação se deve ao fato de que a composição e a predominância dos PFTs em ambas as regiões são diferentes, e conseqüentemente respondem de formas diferentes quanto a NDVI, NPP e LAI. A composição fitofisionômica da região natural, conforme descrito na parte I do trabalho é predominantemente arbóreo- arbustiva, sugerindo maior

capacidade na atividade fotossintética e maior quantidade de fitomassa foliar. A região de vegetação modificada, no entanto, sugere uma sensibilidade maior no período de estiagem por apresentar predominância de estratos gramíneo-herbáceos. Porém, atualmente o modelo de biosfera IBIS, não utiliza um mapa de cobertura da terra que considere áreas de agricultura/pastagem e áreas desmatadas, fazendo com que a representação seja apenas da dinâmica natural da vegetação em resposta as condições ambientais em ambas as regiões. Neste sentido, recomenda-se em trabalhos futuros, adaptar os parâmetros existentes no modelo IBIS para melhor caracterização do bioma cerrado e incorporar as mudanças do uso da terra no mapa de cobertura vegetal do modelo, melhorando o desempenho do modelo na região.

## **5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FOLEY, J. A., PRENTICE, I. C., RAMANKUTTY, N., LEVIS, S., POLLARD, D., SITCH, S., HAXELTINE, A., 1996. An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance and vegetation dynamics, *Global Biogeochemical Cycles*, 10 (4), 603-628.

KUCHARIK, C.J. FOLEY, J. A., DELIRE, C., FISHER, V. A., COE, M. T., GOWER, S. T., LENTERS, J., MOLLING, C., NORMAN, J. M., RAMANKUTTY, N. 2000. Testing the performance of a dynamic global ecosystem model: water balance, carbon balance, and vegetation structure. *Global Biogeochemical Cycles*, 14(3): 795-825.

OLESON, K. W., et al. (2008), Improvements to the Community Land Model and their impact on the hydrological cycle, *J. Geophys. Res.*, 113, G01021, doi:10.1029/2007JG000563

SELLERS, P. J., DICKINSON, R. E., RANDALL, D. A., BETTS, A. K., HALL, F. G., BERRY, J. A., COLLATZ, G. J., DENNING, A. S., MOONEY, H. A., NOBRE, C. A., SATO, N., FIELD, C. B., HENDERSON-SELLERS, A., 1997. Modeling the exchanges of energy, water and carbon between the continents and the atmosphere, *Science*, v.275, p.502-509.