

Simulação das características microclimatológicas para o Pantanal Sul-mato-grossense.

Sylvia Elaine Marques de Farias¹
Chou Sin Chan¹

¹Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Rod. Presidente Dutra, km 40 – SP-RJ
12630 000 - Cachoeira Paulista , SP, Brasil
sylviae@cptec.inpe.br
chou@cptec.inpe.br

Resumo. Previsões foram realizadas sobre a região do Pantanal Sul-matogrossense utilizando-se o modelo regional Eta na resolução horizontal de 10 km. As previsões foram realizadas para três períodos diferentes em fevereiro, maio e setembro representando três diferentes regimes hídricos foram integradas de 72 horas para uma resolução de vertical de 38 e 50 níveis. Os resultados indicaram que as simulações com resolução de 50 níveis se aproximaram melhor dos resultados observados. O balanço de energia foi simulado com 50 níveis para o período diurno para dias sem ocorrência de precipitação. Valores de calor latente e sensível foram obtidos a partir do saldo de radiação pelo método da razão de Bowen. As previsões para o período de transição foi o que mais se aproximou das observações.

Palavras-chave: modelagem numérica, microclimatologia, balanço de energia, regime hidrológico.

Abstract. The simulations had been carried out in Pantanal using the regional model Eta, at 10 km resolution and 38 and 50 levels. The simulations were carried out for three different periods representative there hydrologic regimens. Compared against observation of temperature, wind, and pressure surface. The results show the simulations with resolution of 50 levels approached the observations. The energy balance was simulated with 50 levels for days no without precipitation occurrence.

Key-words: numerical modeling, microclimatology, energy balance, hydrologic regimen.

1 – Introdução

O Pantanal é uma das maiores planícies de sedimentação no Mundo localizada no centro do continente Sul Americano, estendendo-se pela Argentina, Bolívia e Paraguai. A área tem aproximadamente, 770 km de extensão norte-sul, sendo 83% pertencente ao Brasil, na região Centro Oeste, (estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul); 15% a Bolívia e uma pequena parte a Argentina e ao Paraguai, onde recebe o nome de Chaco. A área estimada da região é de 138.183 km². Vila da Silva e Abdon (1998). A região compreende uma área de transição entre a floresta amazônica, o cerrado e os campos abertos do sul. Sua rede hidrográfica é formada por 175 rios (o rio Paraguai é o principal) e numerosas lagoas que juntos, proporcionam um rico habitat para uma grande variedade de animais e vegetais. Pela grande variedade de sua fauna e flora foi declarado pela UNESCO como reserva da biosfera, passando a integrar o acervo dos patrimônios da humanidade. Além da rica biodiversidade, a região é singularmente caracterizada dentre outros aspectos por aspectos topográficos, climáticos, e de vegetação.

O clima na região sofre as influências dos sistemas de grande escala como a Alta da Bolívia, e do escoamento em baixos níveis como os jatos. Devido à localização no continente, a região é atingida pelas massas de ar frio provenientes das porções mais meridionais, que penetram pelas planícies dos Pampas e do Chaco. A temperatura média anual do Pantanal flutua em torno de 25°C, chegando a alcançar 40°C durante o verão. Durante o inverno a temperatura pode chegar a 0°C, devido à ocorrência de frentes frias. Por (1995) que por sua vez influenciam a circulação atmosférica fazendo com que haja reorganização do escoamento durante sua passagem. A origem da água que precipita sobre a região e que posteriormente será evaporada pode estar associada à ocorrência de jatos de baixos níveis na região- Nogués-Peagle e Mo (1997) e à existência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a qual atua fortemente no período de verão austral. Figueroa et al. (1995).

Os diferentes regimes hídricos da superfície aliadas às condições de tempo e clima tornam a região com características singulares, principalmente quanto às primeiras dezenas de metros da atmosfera. Todavia, uma rede de observações de superfície é ainda um desafio para a região. A modelagem numérica de previsão de tempo é uma ferramenta essencial para simular a variação das condições atmosféricas. Os esquemas de solo superfície acoplados a modelos de mesoescala têm melhorado significativamente as previsões de variáveis microclimatológicas próximas à superfície. Chen et al. (1997). Uma melhor resolução para as camadas inferiores no modelo permite um melhor ajuste nas previsões dos processos superfície-atmosfera.

2.- Objetivos

Este estudo tem por finalidade comparar as simulações das principais características microclimáticas com as observações de superfície. As simulações numéricas foram realizadas

como o modelo de mesoescala Eta do CPTEC/INPE. Nas avaliações entre dados observados e simulados serão considerados os períodos de inundação, transição e seco.

3 – Material e Métodos

O sítio experimental está localizado na Fazenda São Bento (19°34'S; 57°01'W), pertencente a Reserva de Passo do Lontra em Corumbá (MS), a uma distância de aproximadamente 1,5 km da Base de Estudos do Pantanal (BEP) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul e distante cerca de 1,5 km do Rio Miranda. A vegetação predominante é típica de Cerrado. O local foi escolhido de forma que a pista em torno de uma torre de 21 metros fosse representativa da região do Pantanal, com raio de 210m. Medidas de vento, temperatura, umidade, pressão, radiação incidente e refletida para onda curta e onda longa e fluxo de calor no solo foram obtidas da Torre. As medidas de temperatura foram obtidas de instrumentos instalados a 2m e 22m de altura. O saldo de radiação a 21 m de altura.

As previsões numéricas de 72 horas foram realizadas como o modelo Eta e iniciadas as 00 Z, com saídas de 1 em 1 hora. O Eta foi configurado em 10 km na horizontal e 38 e 50 níveis na vertical. Os períodos simulados compreenderam três períodos distintos: úmido (20 a 24 de fevereiro), de transição entre úmido e seco (20 a 24 de maio) e seco (20 a 24 de setembro) do ano de 2001.

Para as avaliações entre modelo e observações foram considerados o Bias e o Rmse. O calor sensível e latente, componente do balanço de energia na superfície, foi estimado a partir do saldo de radiação.

O Eta é um modelo de equações primitivas. A orografia é representação em forma de degraus. A estrutura vertical do modelo é descrita em uma coordenada denominada eta (η), a qual por sua vez dá nome ao modelo. Mesinger (1984).

$$\eta = \left(\frac{P - P_T}{P_{sfc} - P_T} \right) \cdot \left(\frac{P_{ref} (Z_{sfc}) - P_T}{P_{ref} (0) - P_T} \right) \quad (1)$$

Sendo P_T a pressão no topo do domínio; P_{sfc} ; a pressão à superfície; Z_{sfc} altitude a superfície; P_{ref} é a pressão de referência da atmosfera padrão. A resolução é maior nos baixos níveis e diminui com a altura (a primeira camada tem 20 m de espessura), característica que permite detalhar melhor os processos superfície-atmosfera. O esquema de cálculo da radiação de ondas curtas segue o esquema de Lacis e Hansen (1974). As tendências da temperatura da atmosfera devido aos efeitos radiativos são aplicadas após cada passo de ajustamento no tempo.

O erro médio mede a tendência do modelo para superestimar ou subestimar uma variável, e é definido matematicamente para uma dada variável x , por:

$$BE(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i^p - x_i^o) \quad (2)$$

Onde N é o número total de observações/previsões e o número p e o indicam previsão e observação, respectivamente. A raiz do erro médio quadrático (RMSE, Root Mean Square Error) é a raiz quadrática da média das diferenças individuais quadráticas entre a previsão e as observações e é definido pela equação,

$$RMSE(x) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i^p - x_i^o)^2} \quad (3)$$

Esta medida retém as unidades físicas da variável prevista e mede o erro típico da previsão do modelo.

O balanço de energia é ser expresso pela seguinte equação:

$$Rn = H + LE + G \quad (4)$$

Sendo: Rn a radiação líquida ou saldo de radiação ($W m^{-2}$); G o fluxo de calor no solo ($W m^{-2}$); H o fluxo de calor sensível ($W m^{-2}$) e LE o fluxo de calor latente ($W m^{-2}$). A razão de Bowen é obtida da partição disponível de energia entre o calor latente e sensível, como na equação:

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e_a} \quad (5)$$

Sendo γ a constante psicrométrica ($0.066 kPa ^\circ C^{-1}$). A pressão de vapor d'água (e_a) foi obtida a partir das leituras de UR (umidade relativa), por meio da seguinte expressão:

$$e_a = \frac{e_s \cdot UR}{100} \quad (6)$$

Sendo e_s a pressão de saturação de vapor d'água (kPa), a qual foi obtida da equação de Tetens.

$$e_s = A10^{\left[\frac{7.5t}{237.3+t} \right]} \quad (7)$$

Em que, A = 0.61 kPa; e t em $^\circ C$. A partir das medidas do saldo de radiação (Rn), do fluxo de calor no solo (G) e das diferenças de temperatura do ar (ΔT) entre 22m e 2m da umidade relativa, juntamente com a equação simplificada do balanço de energia (eq. 4), utilizando-se da razão de Bowen (β) (Eq. 5), procedeu-se o cálculo dos fluxos de calor latente (LE) (eq. 8) e sensível (H) (Eq. 9).

$$LE = \frac{Rn - G}{1 + \beta} \quad (8)$$

$$H = \frac{\beta}{1 + \beta} (Rn - G) \quad (9)$$

4 – Resultados e Discussão

As figuras a seguir, apresentam uma comparação entre dados observacionais medidos por uma estação automática e as simulações realizadas pelo modelo Eta com 10 km de resolução na horizontal e 38 e 50 níveis de resolução na vertical. As comparações foram realizadas considerando-se os períodos de cheia (fevereiro), transição (maio) e seco (setembro) de 2001. Vale ressaltar que a umidade volumétrica do solo simulada pelo modelo Eta, foi em média de $720 kg.m^{-3}$ (fevereiro), $710 kg.m^{-3}$ (maio) e $610 kg.m^{-3}$ (setembro).

A velocidade do vento a 10m e as respectivas simulações para 38 e 50 níveis são mostradas na **Figura 1**. Os ventos simulados foram em geral, subestimados pelos ventos observados. Todavia, para o período de transição com início no dia 20 de maio, nos períodos correspondentes a 23 a 30 e 48 e 59 horas de previsão os ventos simulados foram maiores que os observados.

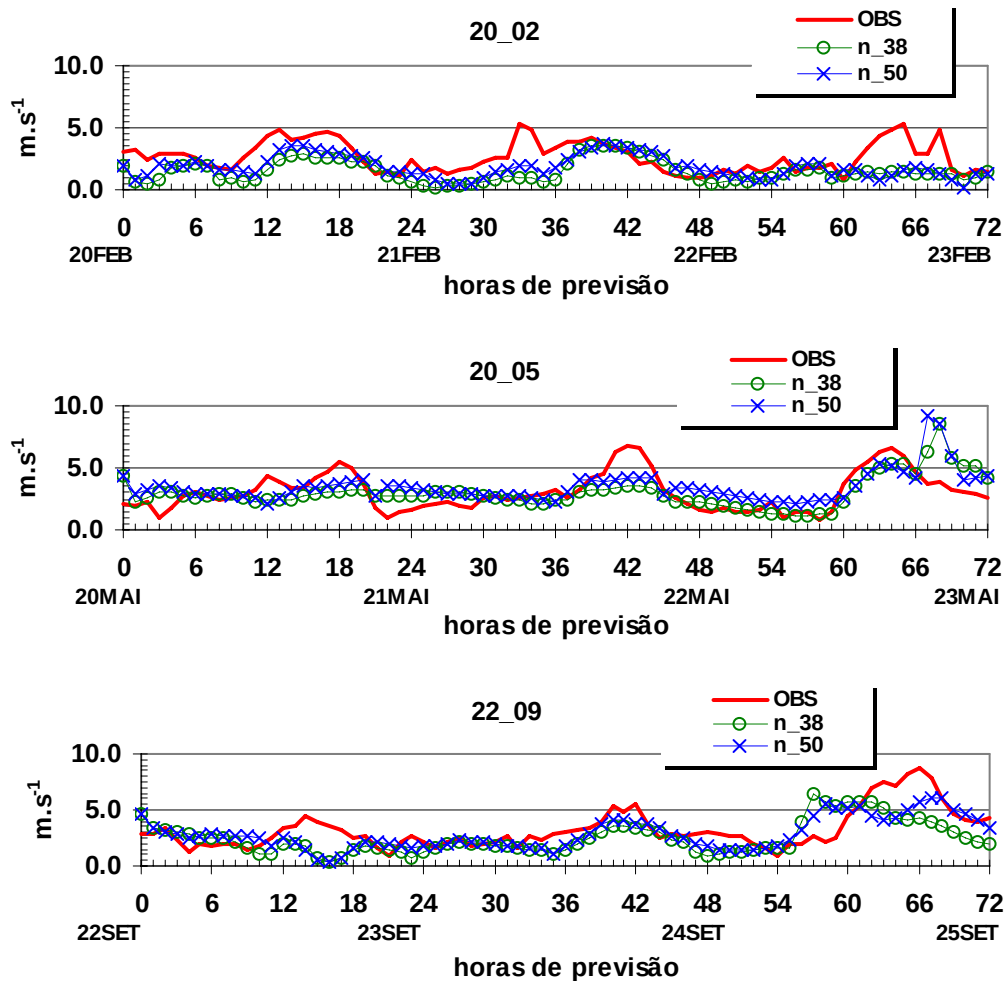


Figura 1 – Comparação entre a velocidade do vento observada a 10m e as simulações para 72 horas de previsão com resolução vertical entre 38 e 50 níveis.

Na **Figura 2**, estão dispostas as simulações da pressão à superfície e respectivos valores observados. Para este caso observou-se que as simulações com resolução vertical de 50 níveis se aproximam mais das observações. A baixa resolução vertical com 38 níveis superestima as pressões observadas em torno de 5 hPa em média.

Observou-se que o aumento da resolução vertical não produziu grandes mudanças na temperatura (**Figura 3**). Tanto para o período de cheia (fevereiro) quanto para o período de transição (maio) ocorreu uma tendência de a temperatura observada superestima as temperaturas simuladas durante o dia. Durante o período noturno, simulação e observação ficaram praticamente próximas no período da madrugada. Todavia, para o período seco (setembro), as temperaturas observadas forma subestimadas pelas temperaturas simuladas, salvo no final da simulação, a partir de 60 horas de simulação.

De uma forma geral, os resultados apresentados na **Tabela 1** corroboram com as figuras anteriormente apresentadas para os períodos com regimes hídricos específicos. Um valor positivo do erro médio indica uma tendência do modelo em superestimar uma variável particular. Reciprocamente, um valor negativo do erro viés implica uma subestimativa na avaliação de uma variável. Valores grandes do rmse representam grandes erros nos campo previstos, e valores próximos de zero indicam uma previsão quase perfeita. Elevando-se ao quadrado o termo da diferença, o rmse tende a dar maior peso às grandes discrepâncias entre

os campos observados e previstos. Analisando-se o bias para cada variável, observou-se que existe a tendência do modelo em superestimar as observações para o caso da pressão e temperatura. Todavia, ocorreu uma subestimativa para a temperatura no período de transição. Para o caso do vento a 10 m, em todos os períodos o modelo subestimou as observações. Ainda assim, o bias foi menor para a resolução vertical de 50 m. Analisando-se o rmse, confirma-se que as melhores previsões ocorreram para a resolução mais alta do modelo. Todavia, para o caso da temperatura no período de transição (maio) a resolução mais baixa foi ligeiramente melhor. Para o caso do vento, as diferenças entre as resoluções verticais do modelo geraram resultados próximos. Todavia, ainda assim, os melhores resultados foram favorecidos pela resolução mais alta.

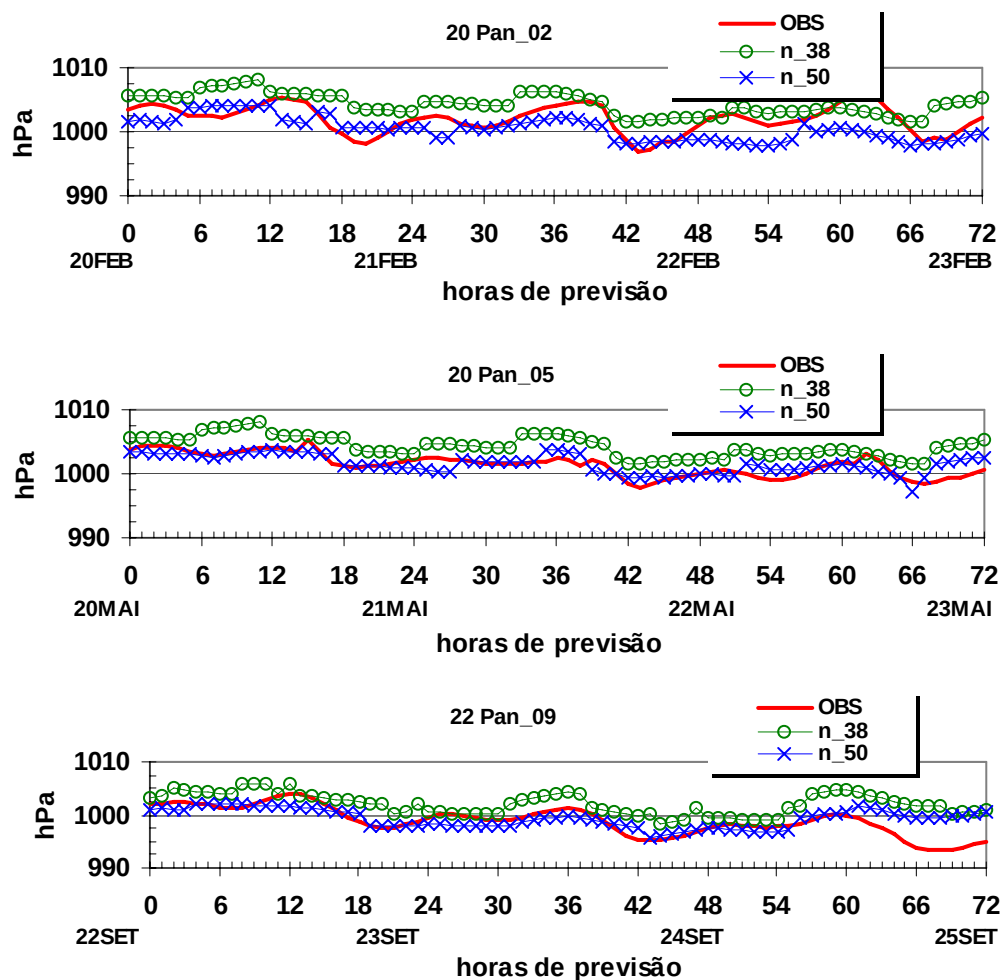


Figura 2 - Comparação entre pressão observada na superfície e as simulações para 72 horas de previsão com resolução vertical entre 38 e 50 níveis.

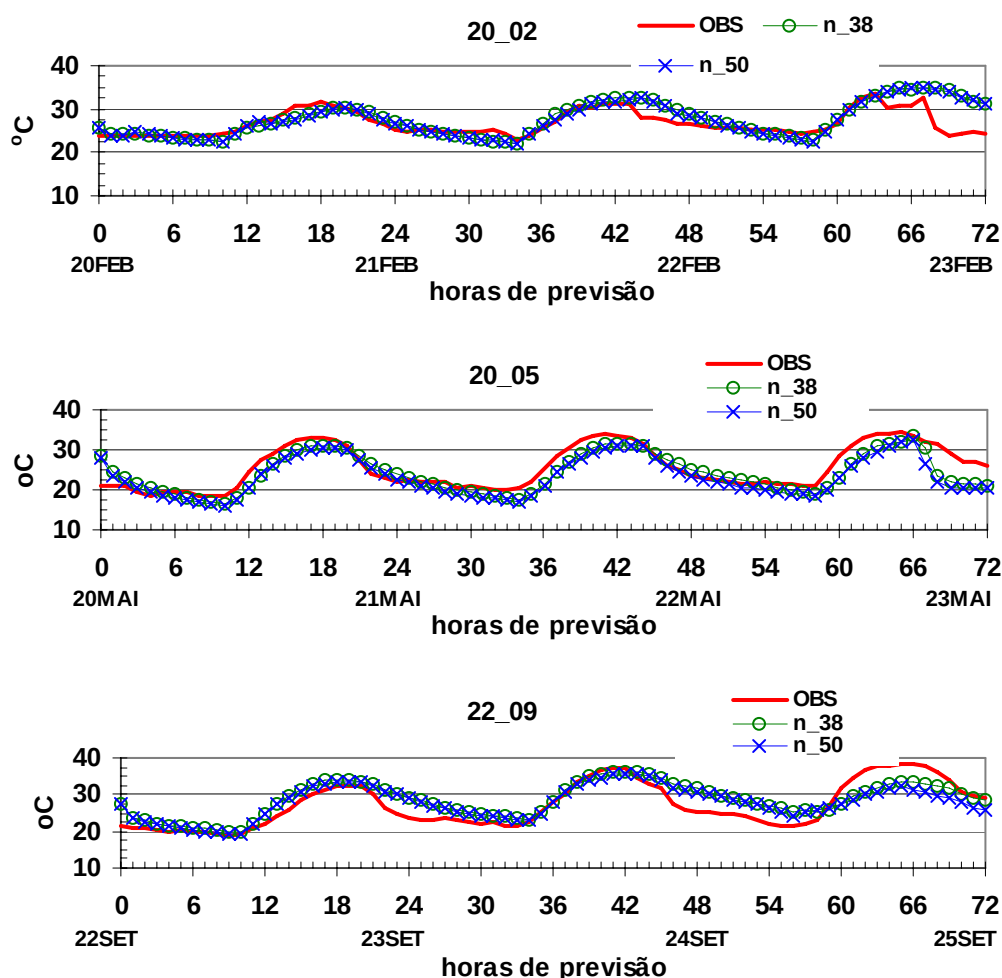


Figura 3 - Comparação entre temperatura observada na superfície e as simulações para 72 horas de previsão com resolução vertical entre 38 e 50 níveis.

Tabela 1 – Bias e Rmse entre 38 e 50 níveis de resolução vertical.

Variável	Período	BIAS		RMSE	
		38 níveis	50 níveis	38 níveis	50 níveis
Pressão	Fevereiro	12.09	-12.72	13.27	13.57
	Maio	11.61	-2.42	12.06	6.31
	Setembro	14.23	0.73	14.30	5.94
Temperatura	Fevereiro	4.52	7.40	14.31	13.58
	Maio	1.12	-1.81	10.77	10.83
	Setembro	12.21	7.68	17.02	15.21
vento	Fevereiro	-4.00	-2.44	6.15	5.63
	Maio	-3.06	-0.92	6.39	6.03
	Setembro	-5.06	-3.12	7.83	7.01

Balanço de energia

A **Figura 4** apresenta o balanço de energia previsto na superfície pela razão de Bowen e previsto pelo modelo Eta. Para as previsões, o modelo foi configurado para uma resolução

vertical com 50 níveis. As curvas características representam os período inundado (22 e 23/02); de transição entre inundado para seco (20 e 21/05) e período seco (22 e 23/09). Vale ressaltar que os dias representativos de cada período foram escolhidos entre aqueles onde não ocorreu precipitação. Estes dias foram escolhidos a partir dos dados observados. O conteúdo de água no solo previsto pelo modelo para os três períodos distintos foi: $700,5 \text{ kg.m}^{-3}$ (inundado); $714,0 \text{ kg.m}^{-3}$ (transição) e de $605,5 \text{ kg.m}^{-3}$ (seco).

Para Fevereiro observou-se uma superestimativa das observações quanto ao modelo. Tanto para o saldo de radiação (R_n) quanto para o calor latente (LE). Todavia, as observações subestimaram o modelo para o calor sensível (H) e do solo (G). Para os dias 20 e 21 de maio, tanto as previsões quanto às observações se aproximaram. No entanto, para o caso do dia 21/05 (observações) verificou-se uma variação nos fluxos típica de nebulosidade, o que não foi verificado para dia correspondente ao modelo. Quanto a Setembro, foi observado para todos os fluxos que as observações foram subestimadas pelo modelo (dia 22/09). Apesar de R_n ser subestimado pelo modelo (dia 23/09), a variação dos fluxos de calor sensível (H), latente (LE) e do solo (G), apresentaram situações distintas do previsto. Neste dia, H foi maior que LE. O período chuvoso no Pantanal ocorre nos meses de maior incidência de energia solar. O período seco coincide com o inverno e, portanto, possui menor duração do dia. Em média a energia incidente máxima para o período chuvoso foi de $820,6 \text{ W.m}^{-2}$; chegando a máximos superando 1000 W.m^{-2} . Para o período de transição, a radiação incidente média mensal se aproxima de $700,5 \text{ W.m}^{-2}$ e para o período seco em torno de $766,2 \text{ W.m}^{-2}$ (Oliveira, 2004). Observando-se a **Figura 4**, verifica-se que estes valores foram coerentes com aqueles previstos pelo modelo.

É importante notar que o balanço de radiação na superfície é sensível às condições micrometeorológicas e biofísicas na interface solo-vegetação-atmosfera, assim como aos fatores externos. Vale salientar que o fator lâmina de água que normalmente caracteriza a região é ainda um desafio para a modelagem de mesoescala. O esquema de superfície tem por objetivo simular as condições do solo e da superfície vegetada. Porém, ainda não é sensível e precisaria ser ajustado para melhor identificar fisicamente no ambiente situações como as que ocorrem para o Pantanal. Apesar de haver uma discrepância entre dados observados e simulados, os modelos numéricos de mesoescala são ferramentas essenciais para simulações de variáveis meteorológicas próximas à superfície. Principalmente, para regiões com poucos dados observados.

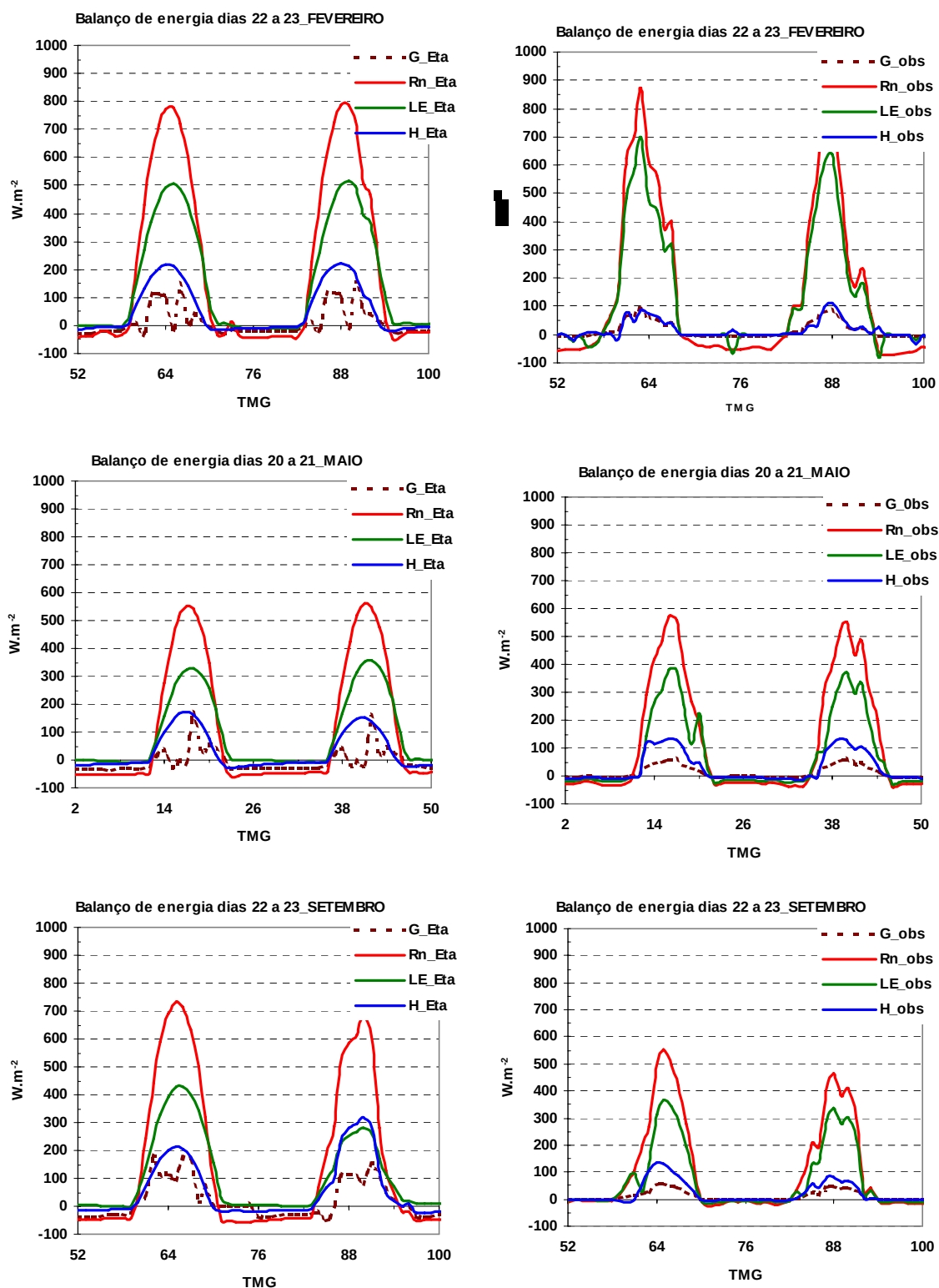


Figura 4 – Simulação do balanço de energia com o modelo Eta para 50 níveis na vertical.

5 – Conclusões

Foram realizadas simulações numéricas como o modelo Eta para as principais características microclimáticas para o Pantanal Sul-mato-grossense. Comparando-se as simulações numéricas com os resultados observados, verificou-se que as melhores simulações ocorreram para a alta resolução do modelo na vertical (50 níveis). Os resultados indicaram que a alta resolução na vertical foi melhor tanto para os períodos de cheia quanto de seca. As simulações para o balanço de energia indicam que o modelo não é sensível à lâmina de água na superfície. Porém, pode fornecer um indicativo sobre as condições atmosféricas na interface solo atmosfera.

6 – Referências

- Chen, F.; Janjic, S.; Mitchell, K. Impact of atmospheric surface-layer parameterizations in the new land-surface scheme of the NCEP mesoscale eta model. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 85, p. 391-421, 1997.
- Figuerola, S. N.; Satyamurty, P.; Silva Dias, P.L. Simulations of the Summer Circulation over the South American Region with Eta Coordinate Model. **Journal of the Atmospheric Science**, v. 52, n. 10 p.1573-1584, 1995.
- Lacis, A. A.; Hansen, J. E. A. parameterization of the absorption of solar radiation in the earths atmosphere. **Journal Atmospheric Science**, v. 31, p. 118-133, 1974.
- Mesinger, F. A. blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. **Riv. Meteor. Aeronaut.**, v.44, p. 195-202, 1984.
- Nogués-Pegle, J.; Mo, K. C. Alternating wet dry conditions over South America during summer. **Monthly Weather Review**, v. 125, n. 2, p. 279-291, 1997.
- Por, F. D. The Pantanal of Mato Grosso (Brazil). Dordrecht: K. A. Publishers, 122p. 1995.
- Vila da Silva, J.; Abdon, M.M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, número especial, p. 1703 – 1711, out., 1998.
- Oliveira, M.B.L. **Balanço de energia e caracterização do microclima do Pantanal sul matogrossense em períodos de cheia e de seca**. Dissertação de Mestrado. Campina Grande. PB. 101p. 2004.