

# **Análise da evapotranspiração real diária em diferentes classes de uso e cobertura da terra na região do Pantanal**

Ricardo Guimarães Andrade<sup>1</sup>

Adriano Rolim da Paz<sup>2</sup>

Daniel de Castro Victoria<sup>3</sup>

Rafael Coll Delgado<sup>4</sup>

Evaldo de Paiva Lima<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrícola, Doutorado em Meteorologia Agrícola, UFV/Viçosa – MG, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas – SP – Brasil, e-mail: ricardo@cnpm.embrapa.br.

<sup>2</sup>Engenheiro Civil, Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH-UFRGS/Porto Alegre – RS. Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas – SP – Brasil, e-mail: adriano@cnpm.embrapa.br.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorado em Ecologia Aplicada, ESALQ-USP/Piracicaba – SP, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas – SP – Brasil, e-mail: daniel@cnpm.embrapa.br.

<sup>4</sup>Meteorologista, Doutorando em Meteorologia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola – UFV, Viçosa – MG – Brasil, e-mail: rcdelgado@hotmail.com

<sup>5</sup>Meteorologista, Pós-Doutorando no CEMTEC/UFMS, Rodovia MS-080, Km 10 – José Abrão, Campo Grande – MS – BRASIL, e-mail: lima\_evaldo@yahoo.com.br

**ABSTRACT:** This work consisted of analyzing the variability in daily actual evapotranspiration rate (ETdaily) according to land-use and land-cover classes for the Pantanal region. Average ETdaily data were confronted with NDVI, surface temperature, albedo and daily radiation balance estimates. Analyses suggest that ETdaily and the other parameters evaluated varied according to land use and land cover. The Water class presented the greatest NDVI variability, possibly due to the presence of vegetation, which explains the high average values encountered for this class. The presence of exposed soil in the Agriculture class caused the average daily actual evapotranspiration rate to be the lowest among the analyzed classes. Nevertheless, the presence of water in some classes may have been one of the predominant factors for the high average ETdaily values.

**Palavras-Chave:** Evapotranspiração, Sensoriamento Remoto, Pantanal.

## **1 – INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas a comunidade científica mundial tem enfatizado nos mais diversificados meios de comunicação a importância da preservação e/ou uso sustentável dos recursos naturais. Os cenários das mudanças climáticas globais e seus efeitos no meio ambiente, por exemplo, têm sido uma preocupação constante da humanidade (Lima et al., 2009). Os estudos relacionados à demanda hídrica em uma escala regional de forma a identificar variabilidades espaciais e temporais são fundamentais no diagnóstico e gerenciamento de bacias hidrográficas. As técnicas de sensoriamento remoto têm sido promissoras para análise da evapotranspiração (ET) em grandes áreas. Alguns estudos têm sido desenvolvidos objetivando a determinação da ET com base na equação do balanço de energia à superfície e técnicas de sensoriamento remoto (Bastiaanssen et al., 1998a e 1998b; Bastiaanssen, 2000; Tasumi et al., 2008). O SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*) é um dos algoritmos mais destacados em estudos que envolvem estimativas dos fluxos

de energia em grandes áreas, podendo ser aplicado com poucas medições de campo. Este trabalho objetivou realizar estimativa da evapotranspiração real diária ( $ET_{diário}$ ) na região do Pantanal com aplicação do algoritmo SEBAL e imagem do sensor MODIS com posterior análise das estimativas de acordo com classes de uso e cobertura da terra do PROBIO (Embrapa, 2004).

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é representada pela região do pantanal que abrange os Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Conforme informações da ANA (2004) a região do pantanal possui clima com temperatura média anual variando entre 22°C e 26°C e precipitação média anual de 1400 mm, variando entre 800 mm e 1600 mm. Os maiores índices pluviométricos são observados no planalto. O período chuvoso vai de outubro a abril e concentra cerca de 70 a 80% da precipitação média anual. O Pantanal possui área de 147.574 km<sup>2</sup> e tem influência biogeográfica dos biomas vizinhos, como o Cerrado a leste, a Amazônia ao norte e o Chaco a sudoeste. A planície aluvionar do Pantanal é formada principalmente por tributários da margem esquerda do rio Paraguai, no território brasileiro, com sua borda oeste tocando o território da Bolívia ao norte e a do Paraguai ao sul. A altitude na planície é, em média, de 60 a 150 m. No presente trabalho, foram utilizados os dados meteorológicos de velocidade do vento, temperatura do ar e radiação coletados pela Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do CPTEC/INPE, localizada no município de Corumbá-MS, juntamente com dados do sensor Modis/Terra do dia 21 de julho de 2008, mais especificamente os produtos MOD09GA e MOD11A1. Após o download da imagem, deu-se início à aplicação de várias etapas para a obtenção da evapotranspiração por meio do algoritmo SEBAL (conforme formulação proposta por Bastiaanssen et al., 1998a). No algoritmo SEBAL utiliza-se a equação do balanço de energia à superfície para estimar o fluxo de calor latente (LE) como um resíduo dos demais componentes (fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e saldo de radiação (Rn)).

$$LE = Rn - H - G \quad (1)$$

De posse dos componentes do balanço de energia (LE, H, Rn, G, todos em W m<sup>-2</sup>) é possível obter a seguinte relação:

$$\lambda = \frac{LE}{LE + H} = \frac{LE}{Rn - G} \quad (2)$$

Em que,  $\lambda$  é a fração evaporativa, definida como a fração de calor latente para o máximo saldo de energia disponível. Segundo Crago (1996) a fração evaporativa ( $\lambda$ ) pode ser considerada constante durante o período diurno, período no qual ocorre o processo de evapotranspiração (ET). Sendo assim, pode-se estimar a evapotranspiração diária por meio da equação proposta por Ayenew (2003):

$$ET_{diário} = \frac{\lambda Rn_{diário}}{28} \quad (3)$$

Onde  $ET_{diário}$  é a evapotranspiração diária em mm d<sup>-1</sup>,  $\lambda$  é a fração evaporativa (adimensional),  $Rn_{diário}$  é o saldo de radiação integrado para um período de 24 horas e o escalar no denominador representa o fator de conversão de unidades (W m<sup>-2</sup> para mm d<sup>-1</sup>).

Para análise da evapotranspiração de acordo com as classes de uso e cobertura da terra, foi utilizada a classificação do PROBIO (Embrapa, 2004). Devido ao elevado número de classes na legenda do PROBIO, estas foram agrupadas conforme sugestão de Victoria et al. (2009).

## 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os dados de média e desvio padrão das estimativas do NDVI, temperatura da superfície (K), albedo, saldo de radiação diário (W m<sup>-2</sup>) e evapotranspiração

real diária ( $\text{mm d}^{-1}$ ) para cada classe de uso e cobertura da terra da região do Pantanal de acordo com classificação do PROBIO adaptada por Victoria et al. (2009). Conforme os dados apresentados na Figura 1 são notórios que todos os parâmetros analisados variaram de acordo com o uso e cobertura da terra. Áreas de agricultura (Ac) apresentaram NDVI médio ao redor de 0,5 indicando que nesta época boa parte da área agrícola encontrava-se com exposição do solo, o que justifica os valores elevados de albedo e temperatura da superfície e o baixo valor de  $\text{ET}_{\text{diário}}$ . A classe Água foi a que mostrou NDVI com maior desvio padrão em relação às demais classes analisadas; a presença de vegetação pode ter sido o fator preponderante para tal resultado.

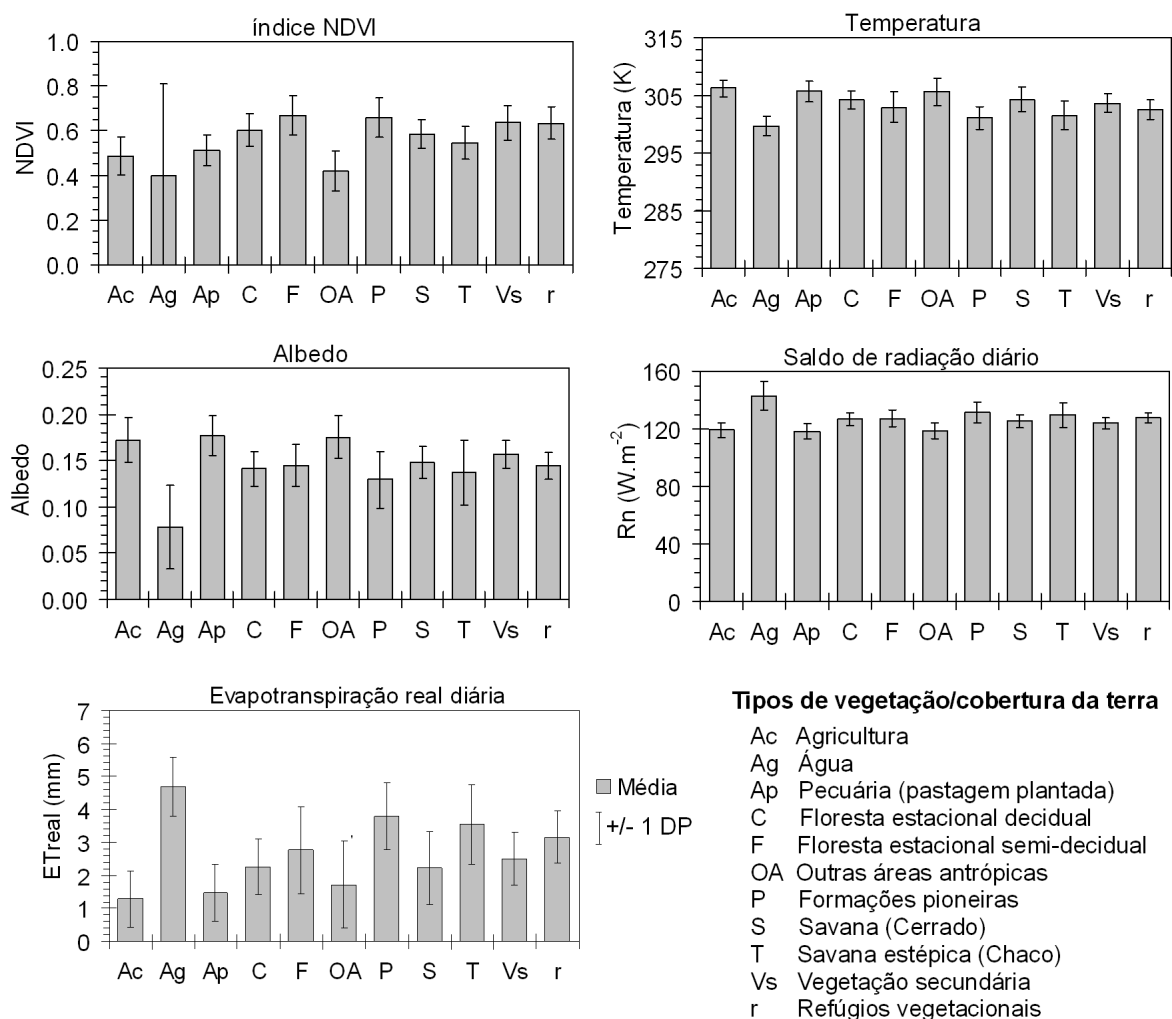


Figura 1 – Dados médios de NDVI, temperatura da superfície (K), albedo da superfície, saldo de radiação diário ( $\text{W m}^{-2}$ ) e evapotranspiração real diária ( $\text{mm d}^{-1}$ ) juntamente com o desvio padrão (DP) para cada classe de uso e cobertura da terra da região do Pantanal de acordo com classificação do PROBIO adaptada por Victoria et al. (2009).

Geralmente, o albedo de corpos d'água é baixo. Nas análises realizadas por Pereira et al. (2007) com imagens TM – Landsat 5 (cenas de 30/09/2000, 16/02/2005, 04/03/2005 e 10/07/2005) na região de Passo do Lontra, Corumbá, MS, foram encontrados valores médios de albedo para campo alagado de 0,07, para campo sujo de 0,11, para mata ciliar de 0,14 e para o cerrado de 0,13. No entanto, neste estudo foram registrados valores médios de albedo em corpos d'água da ordem de 0,08 devido à presença de vegetação. Além disso, a classe Água é a que apresentou os maiores valores médios de  $\text{Rn}_{\text{diário}}$  ( $140 \text{ W m}^{-2}$ ) e  $\text{ET}_{\text{diário}}$  ( $4,6 \text{ mm d}^{-1}$ ). Em medições feitas por Oliveira et al. (2006) na região de Passo do Lontra pertencente

ao município de Corumbá, MS, para o mês de julho de 2001 foram observados valores de  $Rn_{diário}$  inferiores a  $130 \text{ W m}^{-2}$ . Em estudo conduzido por Fraga (2009) entre fevereiro de 2007 e janeiro de 2008 numa área de cambará sazonalmente inundada, município de Barão de Melgaço, MT, foi observado variação do  $Rn_{diário}$  entre a estação seca e úmida, apresentando valores de  $97,7 \text{ W m}^{-2}$  e  $140,4 \text{ W m}^{-2}$ , respectivamente. Além disso, Fraga (2009) obteve valores médios diários de  $ET_{diário}$  variando de  $2,7 \text{ mm d}^{-1}$  (nos meses de junho, julho e setembro de 2007) a  $5,2 \text{ mm d}^{-1}$  (nos meses de março e dezembro de 2007). O autor justifica que os valores elevados de  $ET_{diário}$  observado no cambarazal se deve a princípio pela disponibilidade de água na inundação e posteriormente, pela habilidade da vegetação em extrair água do solo.

Para as áreas de pecuária (pastagem plantada) nota-se que o NDVI médio ficou por volta de 0,5, expressando possíveis influências de déficit hídrico e/ou presença de vegetação seca. Esta questão é confirmada ao analisar altos valores médios de temperatura e albedo da superfície e baixos valores médios de  $ET_{diário}$ . Valores de  $ET_{diário}$  inferior a  $2,5 \text{ mm d}^{-1}$  foram observados para as classes de floresta estacional decidual (C), outras áreas antrópicas (AO), savana (S) e vegetação secundária (Vs). Valores médios de  $ET_{diário}$  superior a  $2,9 \text{ mm d}^{-1}$  foram observados para as classes de floresta estacional semi-decidual (F), formações pioneiras (P), savana estépica (T) e refúgios vegetacionais (r). O melhor vigor vegetativo devido a presença de lâmina d'água sobre boa parte do solo dessas classes pode ser uma das justificativas para os elevados índices médios de  $ET_{diário}$ . A possível presença de água nessas classes de cobertura da terra (F, P, T e r) faz com que o albedo seja atenuado, ficando abaixo de 0,14.

#### 4 – CONCLUSÕES

A evapotranspiração real diária, NDVI, temperatura da superfície, albedo e saldo de radiação diário variaram de acordo com as classes de uso e cobertura da terra.

A classe Água apresentou a maior variabilidade de NDVI, possivelmente devido a presença de vegetação o que justifica os valores médios elevados encontrados para esta classe. Este fato também foi verificado ao analisar o valor médio de albedo encontrado (0,08) supostamente destacado pela vegetação. Além disso, nesta classe foi observado o maior valor médio de evapotranspiração real diária.

A presença de solo exposto na classe agricultura fez com que a evapotranspiração real média diária fosse a menor entre as classes analisadas. No entanto, as classes de pecuária (pastagem plantada) e outras áreas antrópicas apresentaram valores médios de evapotranspiração real diária inferior a  $1,9 \text{ mm d}^{-1}$ . Contudo, a presença de água nas classes de floresta estacional semi-decidual, formações pioneiras, savana estépica (chaco) e refúgios vegetacionais pode ter sido uma das justificativas para os elevados índices médios de evapotranspiração real diária.

#### 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA... [et al.]. **Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e a bacia do alto Paraguai ANA/GEF/PNUMA/OEA: Programa de ações estratégicas para o gerenciamento integrado do Pantanal e bacia do alto Paraguai: Relatório Final.** Brasília: TDA Desenho & Arte Ltda., 2004. 316p.

AYENEW, T. Evapotranspiration estimation using thematic mapper spectral satellite data in the Ethiopian rift and adjacent highland. **Journal of Hydrology**, v. 279, p. 83-93, 2003.

BASTIAANSEN, W. G. SEBAL - based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, p. 87-100, 2000.

BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 198-212, 1998a.

BASTIAANSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F.; ROERINK, G. J.; van der WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 213-229, 1998b.

CRAGO, R. D. Conservation and variability of the evaporative fraction during the daytime. **Journal of Hydrology**, v. 180, p. 173-194, 1996.

EMBRAPA. **Levantamento e mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Pantanal, período de 2002 na escala de 1:250.000**. Embrapa Informática Agropecuária:Campinas,SP, agosto de 2004, 43p.

FRAGA, C. I. M. **Evapotranspiração e fator de desacoplamento em área de cambarazal no Pantanal**. 2009. 56 p. UFMT. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá. 2009.

LIMA, E. P.; ANDRADE, R. G.; SEDIYAMA, G. C.; DELGADO, R. C.; FERREIRA, A. S.; CAPUTI, E.; FERREIRA, W. J. Estudo da evapotranspiração real diária utilizando imagem de satélite na bacia do rio Paracatu. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, SERVIÇOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE, 2., Taubaté. **Anais...** Taubaté: UNITAU, 2009. p. 1-8.

OLIVEIRA, M. B. L.; RANDOW, C. V.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. S.; SÁ, L. D. A.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; SOUZA, A. Fluxos turbulentos de energia sobre o Pantanal sul mato-grossense. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. 3b, v. 21, p. 159-165, 2006.

PEREIRA, G.; MORAES, E. C.; ARAI, E.; OLIVEIRA, L. G. L. Estudo preliminar da estimativa da reflectância e albedo de microssistemas pantaneiros a partir de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59, v. 1, p. 55-61, 2007.

TASUMI, M.; ALLEN, R.G.; TREZZA, R. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of Land surface energy balance. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 13, n. 2, p. 51-63, 2008.

VICTORIA, D. C.; ANDRADE, R. G.; PAZ, A. R. Série temporal de imagens EVI/MODIS para discriminação de formações vegetais no Pantanal. **Geografia**, Rio Claro, v. 34, número especial, p. 721-729, 2009.