



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p93-98>

Análise da evapotranspiração por wavelet de Morlet em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal

Milena A. Goulart¹, Luciana Sanches², Maricéia T. Vilani³ & Osvaldo B. Pinto Júnior⁴

Palavras-chave:

cambarazal
ondaletas
sazonalidade
série temporal

RESUMO

A variação tempo-espacial da evapotranspiração foi analisada por meio de wavelet de Morlet em uma floresta de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) localmente conhecida como Cambarazal no Pantanal, no estado do Mato Grosso, Brasil. Esta área está inserida na planície fisiográfica do Pantanal e é sazonalmente inundada. Foram coletadas variáveis micrometeorológicas, como: saldo de radiação, radiação solar incidente, temperatura do ar e umidade relativa do ar. Com referência à evapotranspiração a análise diária da série temporal por wavelet de Morlet foi satisfatória, possibilitando melhor compreensão na dinâmica da evapotranspiração em área alagável e sua relação com a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global. Conclui-se que ocorreram, durante a estação úmida, os maiores valores de evapotranspiração e maior intensidade de energia na alta escala de frequência devido provavelmente à maior disponibilidade de água em função da precipitação e inundação, e à radiação global.

Key words:

cambarazal
wavelets
seasonality
time series

Analysis of evapotranspiration by Morlet wavelet in area of *Vochysia divergens* Pohl in Pantanal

ABSTRACT

The temporal-spatial variation of evapotranspiration was analysed using Morlet wavelet in a forest of *Vochysia divergens* Pohl (locally known as Cambarazal) in Pantanal wetland in Mato Grosso state, Brazil. This area is inserted within the physiographic plain of the Pantanal and is seasonally flooded. The net radiation, solar global radiation, air temperature, and relative humidity data were collected by sensors installed in a micrometeorological tower. The daily analysis of time series by Morlet wavelet for evapotranspiration was satisfactory enabling better understanding of the dynamics of evapotranspiration in wetland and its relation to the air temperature, relative humidity, and solar radiation. It is concluded that during the wet season the highest values of evapotranspiration and higher intensity in the high frequency occurred probably due to increased availability of water as a function of rainfall and flooding, and solar radiation.

INTRODUÇÃO

O Pantanal é uma das maiores planícies inundáveis contínuas do mundo, com aproximadamente 150.000 km² e se estende por 600 km sentido norte-sul ao longo do rio Paraguai e seus afluentes (Haase, 1999). O Pantanal é um mosaico ecológico complexo e onde se encontram grandes áreas de vegetação lenhosa, sujeitas a inundações periódicas, incluindo a espécie *Vochysia divergens* Pohl que tem distribuição relacionada às áreas periodicamente inundáveis as quais têm formado, nos últimos anos, extensas florestas (Cunha & Junk, 2001; 2004).

Além das mudanças na paisagem ocasionadas pela expansão das florestas com dominância de *V. divergens* sobre áreas de campos, as alterações se estendem desde a dinâmica sazonal da evapotranspiração até o armazenamento de energia (Sanches et al., 2010). O Pantanal é de fundamental importância e, como ecossistema natural na reciclagem da precipitação por meio da evapotranspiração, é essencial para a compreensão dos amplos efeitos da mudança do uso do solo e da conversão de floresta nos cerrados e provavelmente na região amazônica (Lathuillière et al., 2012).

Os esforços atuais para definir a hidrologia em zonas úmidas, como o Pantanal, requerem estimativas temporal e espacial da evapotranspiração, ou seja, uma componente dominante no balanço hídrico; entretanto, as incertezas nas estimativas de ET sobre zonas úmidas limitam a confiabilidade de análises hidrológicas e o monitoramento impedindo, inclusive, melhor controle das enchentes, inundações e entendimento dos recursos hídricos (Shoemaker & Sumner, 2006).

A dinâmica da evapotranspiração abrange diferentes escalas de tempo e de espaço tornando-se imprescindível, para sua compreensão, a utilização de análises estatísticas que interpretem as alterações no padrão global destacando-se, desta forma, os métodos de estatística de indícios de alterações climáticas em séries temporais e facilitando o melhor conhecimento da dinâmica temporal. Alguns métodos são utilizados para determinar, simultaneamente, variações de altas e baixas frequências, como as transformadas em ondaletas (TO) ou wavelets que, por sua vez, possuem janelas móveis, no tempo ou no espaço, que se dilatam ou se comprimem para capturar sinais de baixa e alta frequência, respectivamente, podendo auxiliar na análise da dinâmica da evapotranspiração e outras variáveis (Vilani & Sanches, 2013).

O objetivo deste trabalho foi analisar a dinâmica da evapotranspiração por meio das análises, diariamente, do espectro de energia, através de wavelet de Morlet em área de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) no Pantanal Mato-Grossense.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido na Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal, município de Barão de Melgaço, Mato Grosso, Brasil (Figura 1). Nesta área existe uma floresta de *V. divergens* sazonalmente inundada, inserida na planície fisiográfica do Pantanal, com altitude média de 120 m a 165 km de Cuiabá, capital do Mato Grosso. Nesta área foi

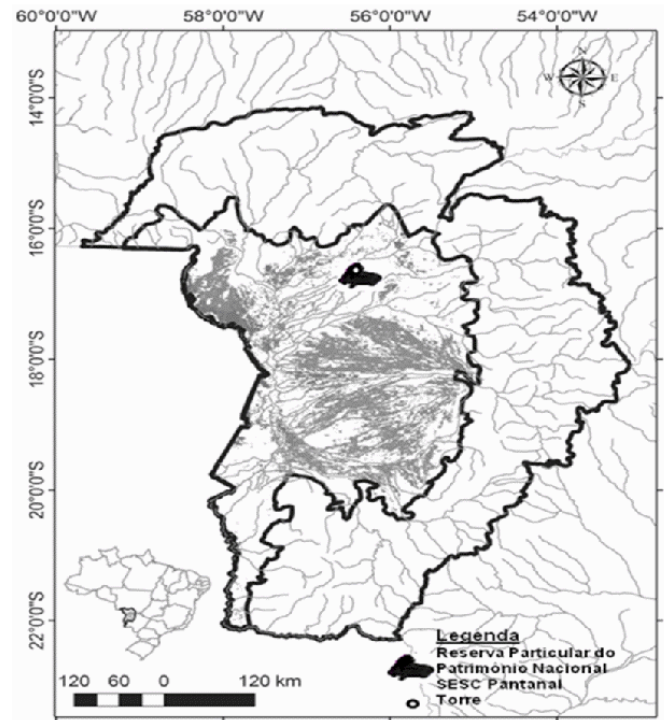


Figura 1. Localização da área em estudo a aproximadamente 60 km da cidade de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, coordenada da torre meteorológica 16° 39' 50" S e 56° 47' 50" O (Landsat ETM+ GeoCoverTM 2000 imagem)

instalada uma torre micrometeorológica de 32 m de altura (16° 39' 50" S; 56° 47' 50" O).

A região está sob domínio climático Aw, segundo a classificação de Köppen, com duas estações bem definidas, uma seca, de abril a setembro e outra úmida, de outubro a março.

Os dados deste trabalho, referentes ao período de janeiro de 2007 a dezembro de 2007, foram obtidos por meio dos registros de sensores de saldo de radiação, radiação solar incidente, temperatura do ar e umidade relativa do ar, instalados na torre micrometeorológica de 32 m de altura. As medidas de saldo de radiação e de radiação solar incidente foram obtidas com o uso de um sensor (Net Radiometer Kipp & Zonen Delft Inc. Holland[®] e de um piranômetro LI-200 Campbell Sci Inc. USA[®]) respectivamente, instalados a 33 m. A temperatura e a umidade relativa do ar foram obtidas dos registros de dois termohigrômetros (HMP 45 C Vaisala Inc. Helsinki Finland[®]) instalados nas alturas de 33,7 e 37,7 m. Obteve-se o perfil de velocidade do vento por dois anemômetros de conchas (A-014 Wind Speed Sensor Met One Instruments, Inc., USA[®]) instalados a 33,7 e 37,7 m de altura do solo.

Foi instalada, adjacente à torre micrometeorológica, uma placa de fluxo de calor no solo (HFT-3.1 REBS Inc. Seattle Washington[®]) a 2 cm de profundidade do solo.

Os sensores micrometeorológicos e de medida de fluxo de calor no solo e da temperatura do solo estavam conectados a um sistema de controle e registro acoplado a um multiplexador (modelo AM 16 Campbell Scientific Inc. Logan UT USA[®]), alimentado por um conjunto de baterias mantidas carregadas por meio de painéis solares (modelo SP 65 Campbell Scientific Inc. Logan UT USA[®]).

As médias dos dados coletados foram armazenadas a cada 15 min, em um datalogger (MM900 ELE International

Bedfordshire UK*) e os dados coletados in situ, a cada 15 dias.

Os fluxos de calor latente (LE) e sensível (H) foram estimados a partir do balanço de energia à superfície terrestre de acordo com a equação de Bowen e conforme recomendação de Perez et al. (1999) e Unland et al. (1998). Maiores detalhes sobre a metodologia adotada para determinação dos fluxos de energia estão apresentados em Sanches et al. (2011).

A wavelet de Morlet foi utilizada para transformada de wavelet, que pertence à família de wavelets complexas não-ortogonais e definida pela Eq. 1:

$$\psi(t) = \pi^{-0,25} e^{iw_0 t} e^{-1/2t^2}, \text{ para } w_0 \geq 5 \quad (1)$$

em que:

- ψ - valor da wavelet para um parâmetro não-adimensional
- w_0 - frequência (fornece o número de oscilações dentro da própria wavelet)
- t - período ou escala temporal de análise (adimensional)

Conforme Torrence & Compo (1998) e Silva et al. (2010) adota-se $w_0 = 6$ para satisfazer a condição de admissibilidade, significando que para este valor os erros devidos à média não igual a zero, são menores que os erros típicos de arredondamento.

Torrence & Compo (1998), Guedes et al. (2005), Landim et al. (2011) e Blain & Lulu (2011) descrevem que a wavelet de Morlet pode ser entendida como uma função periódica cuja amplitude é modulada por uma gaussiana embora o envelope Gaussiano seja definido por uma segunda exponencial enquanto a onda exponencial complexa é a primeira exponencial, definida como função de wavelet básica.

Autores como Torrence & Compo (1998), Torrence & Webster (1999), Nakken (1998), Guedes et al. (2005) e Blain & Moraes (2011) utilizaram esta ondaleta-mãe na análise de séries temporais da precipitação.

Neste estudo a análise de wavelet foi aplicada utilizando-se o algoritmo elaborado por C. Torrence disponível em <http://paos.colorado.edu/research/wavelets>, na linguagem utilizada pelo Software Matlab.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreu uma sazonalidade nas variáveis microclimáticas com maiores valores de radiação líquida (Rn), temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), déficit de pressão do vapor d'água (DPV) e evapotranspiração (ET) durante os meses úmidos e menores valores durante os meses de seca, conforme a Tabela 1.

A sazonalidade das variáveis micrometeorológicas segue o padrão de distribuição da precipitação acumulada mensal e da lâmina d'água mensal, segundo a Figura 2. Em junho, agosto e setembro de 2007 não ocorreu precipitação mas se constatou, em novembro, uma precipitação mensal de 300 mm e uma evapotranspiração de 4,94 mm d⁻¹. A precipitação acumulada anual foi de 1414 mm. De de janeiro a maio e de novembro a dezembro, observou-se maior quantidade de precipitação,

Tabela 1. Média mensal do saldo de radiação solar (Rn), temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), déficit de pressão (DP) e evapotranspiração (ET) em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato-Grossense em 2007

Mês	Rn (W m ⁻²)	T (°C)	UR (%)	DP (kPa)	ET (mm d ⁻¹)
Jan	152,90	27,02	82,90	0,2377	4,31
Fev	142,91	26,92	83,22	0,2309	4,15
Mar	161,65	27,67	77,87	0,2230	3,51
Abr	141,46	27,56	77,77	0,2283	4,03
Mai	93,54	23,40	74,14	0,1757	3,29
Jun	79,89	24,04	68,74	0,1660	2,57
Jul	80,21	22,56	66,62	0,1546	2,83
Ago	106,19	23,62	57,73	0,1226	3,11
Set	85,44	28,39	49,74	0,1385	2,69
Out	113,57	27,82	65,83	0,1813	3,36
Nov	130,09	26,21	78,56	0,2003	4,94
Dez	159,25	26,63	78,58	0,1975	5,62

de acordo, portanto, com o trabalho de Cruz et al. (2011) que apresentaram a precipitação do Rio Cuiabá, principal afluente da Bacia Hidrográfica do Pantanal Mato-Grossense, com a mesma sazonalidade que a de 2007 (Figura 2).

A inundação se iniciou em janeiro, finalizando em junho. O pico de inundação ocorreu em março (estação úmida) com menores níveis em maio (estação seca).

A evapotranspiração apresentou correlação significativa com radiação líquida, umidade relativa do ar, déficit de pressão de vapor d'água e precipitação (Tabela 2), indocando a relação direta entre elas. A umidade relativa do ar também pode ter influenciado a evapotranspiração haja vista que, quando se tem maior disponibilidade hídrica, o processo de evapotranspiração é facilitado.

A Figura 3 apresenta a análise diária de wavelet de Morlet para a temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação

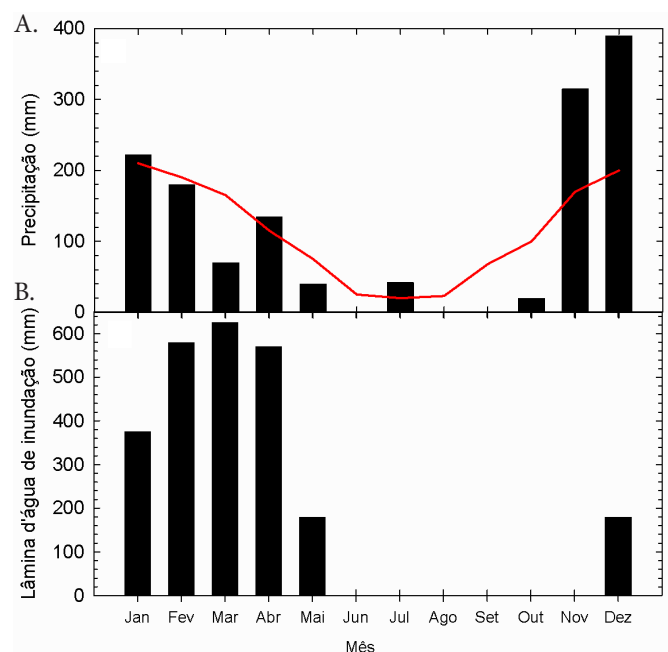
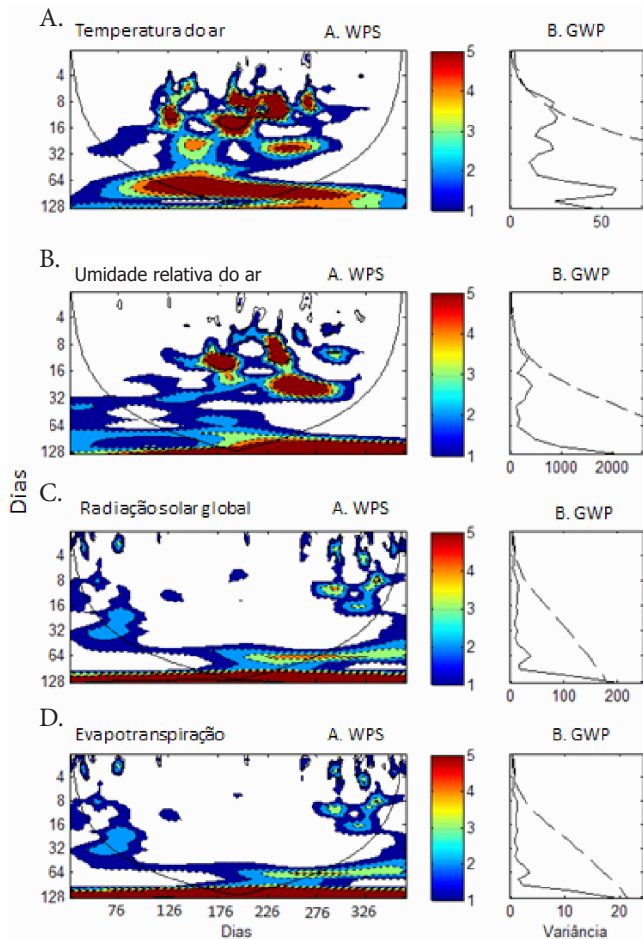


Figura 2. Precipitação acumulada mensal (A) e lâmina d'água de inundação mensal acumulada em área de *Vochysia divergens* Pohl de janeiro a dezembro de 2007 (B). A linha sólida vermelha representa a precipitação de 2007 no rio Cuiabá, segundo Cruz et al. (2011)

Tabela 2. Matriz de correlação entre a radiação líquida (Rn), temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), déficit de pressão de vapor d'água (DPV), evapotranspiração (ET), precipitação (Ppt) e lâmina d'água (Lad)

	Rn	T	UR	DPV	ET	Ppt	Lad
Rn	1						
T	0,59*	1					
UR	0,73*	0,15	1				
DPV	0,81*	0,52*	0,90*	1			
ET	0,79*	0,35	0,69*	0,61*	1		
Ppt	0,70*	0,28	0,67*	0,57*	0,97*	1	
Lad	0,73*	0,44	0,67*	0,81*	0,31	0,23	1

* Correlação positiva ($p < 0,05$)



Contornos sombreados englobam áreas com variâncias significativas a nível de 95% de confiança. A curva em forma de U representa o cone de influência, no qual a borda é importante (A); Espectro global de wavelet (GWP). No eixo x do espectro de energia local Dias se referem a Dia Juliano (B)

Figura 3. Espectro de energia local da wavelet (WPS) para temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B), radiação solar global (C) e evapotranspiração (D)

solar global, evapotranspiração e déficit de pressão de vapor d'água.

A análise diária de wavelet para a temperatura do ar indica mais de um pico significativo de potência espectral na escala diária, na Figura 3A (Temperatura do ar). Os picos facilitadores desses valores significativos de GWP ocorrem de forma temporalmente significativa. A GWP apresenta picos significativos de variância temporalmente localizados entre os dias julianos 124 a 127, 176 a 226, 227 a 274, 275, 125 a 270, nas escalas 9-16, 7-17, 31-32, 8, 64-127 dias, respectivamente. As análises das wavelets evidenciam sinais marcantes de periodicidade.

A análise diária de wavelet para a umidade relativa do ar na Figura 3B (Umidade relativa do ar) indica picos significativos de variância temporalmente localizados entre os dias julianos 170 a 177, 226 a 230, 226 a 277, nas escalas 9-16, 8-9, 17-32 dias, respectivamente.

Para a radiação solar global (Figura 3C) a análise diária de wavelet indica um pico significativo de potência espectral de radiação líquida na escala diária. Ressalta-se, na Figura 3A (radiação líquida) o pico significativo de variância temporalmente localizado entre os dias julianos 226 a 275, na escala 64 dias.

Para a evapotranspiração (Figura 3D), a análise diária de wavelet sinaliza um pico significativo de potência espectral de evapotranspiração na escala diária. O pico significativo de variância foi temporalmente localizado entre os dias julianos 176 a 226, na escala 128 dias. A evapotranspiração é um processo que pode ser influenciado por três componentes que explicam mais de 70% da variância dos dados: o primeiro componente é a radiação solar global, o segundo componente é o processo de circulação atmosférica local (velocidade do vento e pressão atmosférica) responsável por regular o sistema de precipitação e as condições de umidade do ar e do solo; o terceiro componente se constitui das condições da vegetação as quais apresentam modificações significativas com alternância de estações secas e úmidas (Ruhoff et al., 2009).

Menores valores de evapotranspiração durante a estação seca são explicados pelas menores temperaturas do ar, incluindo menores valores de radiação líquida associados aos movimentos do solstício de inverno no Hemisfério Sul neste período. Neste período também ocorre imitação de precipitação. Ainda durante a estação seca ocorre declínio do conteúdo de água no solo passível de limitar a evaporação e a disponibilidade de água para as plantas de raízes superficiais (Meinzer et al., 1999).

O pico de inundação ocorreu em março (estação úmida), segundo Arieira & Cunha (2006), a variação da inundação está relacionada com a precipitação, sendo que a oscilação anual do nível d'água que ocorre no Rio Cuiabá determina a inundação à jusante na planície do pantanal, altamente influenciada pela precipitação local e pela difícil drenagem da água da chuva pelo solo. Os maiores valores de evapotranspiração entre janeiro e maio podem estar relacionados ao aumento da precipitação e da lâmina d'água de inundação. Silveira & Andrade (2002) constataram que entre os elementos climatológicos com maior influência no processo da evapotranspiração no Estado do Ceará se encontram a insolação e a umidade relativa do ar.

Com relação às análises de frequência da wavelet de Morlet foram observados, nas análises diárias de temperatura do ar, picos significativos de potência espectral em alguns dias de abril a setembro, meses secos em que no Pantanal ocorrem o rebaixamento das águas superficiais e o aparecimento dos campos no Pantanal favorecendo, desta forma, o aumento da temperatura do ar, o que corrobora com as maiores temperaturas em abril e setembro (Tabela 2).

As análises diárias de umidade relativa do ar, tal como a temperatura do ar, apresentaram os maiores picos em abril e setembro confirmando a dependência dessas variáveis. Na análise espectral de radiação solar na escala diária o

pico significativo de variância temporalmente localizado correspondeu ao período de seca. Segundo Fraga (2009) no período de fevereiro de 2007 a janeiro de 2008, em área de *V. divergens* na Reserva Particular do Patrimônio Nacional SESC Pantanal, a incidência de radiação solar incidente foi aproximadamente 13% menor no período seco (abril a setembro) do que no período úmido (outubro a março) evidenciando o efeito da maior cobertura por partículas suspensas na atmosfera. As queimadas poderiam ter influenciado a quantidade de partículas suspensas no ar já que de junho a setembro houve focos de calor na região de Barão do Melgaço (localidade próxima a RPPN). Essas queimadas colaboram na formação do material particulado inalável podendo ser transportado pelos ventos, por longas distâncias e afetam, inclusive, áreas que não produzem queimadas (Arbex, 2002).

De junho a agosto (período seco) verificou-se diminuição da radiação e da evapotranspiração em razão, provavelmente, da capacidade do dossel em bloquear a radiação solar e diminuir a circulação de ar que, no sub-bosque, é incrementada ou diminuída por características estruturais de cada tipo florestal. A floresta monodominante de *V. divergens*, possui copas altas e densas com um grande número de indivíduos e são mais eficientes em regular as variações microclimáticas no seu sub-bosque do que florestas com copas baixas e com pouca cobertura foliar. A grande importância desta camada decorre da sua função de buffer (tampão) à vegetação de sub-bosque, moderando os níveis de entrada e saída de energia, neste ambiente (Chen et al., 1999).

A evapotranspiração menor que na estação seca, pode estar relacionada a esta função de buffer em que o dossel atua funcionando como espécie de estufa, diminuindo o processo de evapotranspiração na estação seca devido à menor disponibilidade de água.

CONCLUSÕES

1. A análise diária de série temporal anual por wavelet de Morlet para a evapotranspiração foi satisfatória, possibilitando melhor compreensão na dinâmica da evapotranspiração em área alagável e sua relação com a temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global.

2. Durante a estação úmida ocorreram os maiores valores de evapotranspiração e maior intensidade de energia na alta escala de frequência devido, provavelmente, à maior disponibilidade de água em função da precipitação e inundação e em função também da maior radiação solar global recebida neste período.

LITERATURA CITADA

- Arbex, M. A. Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara, SP. São Paulo: USP, 2002. 299p. Tese Doutorado
- Arieira, J.; Cunha, C. N. da. Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, v.20, p.569-580, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000300007>
- Blain, G. C.; Lulu, J. Valores anuais absolutos de séries diárias de temperatura máxima e mínima do ar no estado de São Paulo: Tendências, periodicidades e probabilidades associadas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, p.29-40, 2011.
- Blain, G. C.; Moraes, S. O. Caracterização estatística de oito séries de precipitação pluvial máxima diária da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, p.225-234, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862011000200007>
- Chen, J.; Saunders, S. C.; Crow, T. R.; Naiman, R. J.; Brosofske, K. D.; Mroz, G. D.; Brookshire, B. L.; Franklin, J. F. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *BioScience*, v.49, p.288-297, 1999. <http://dx.doi.org/10.2307/1313612>
- Cunha, C. N. da; Junk, W. J. Distribution of wood plant communities along the flood gradient in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, v.27, p.63-70, 2001.
- Cunha, C. N. da; Junk, W. J. Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* in Pantanal grasslands. *Applied Vegetation Science*, v.7, p.103-110, 2004.
- Cruz, I. F.; Pedrollo, O.; Castro, N. M. R.; Girard, P.; Zeilhofer, P.; Hamilton, S. K. Historical reconstruction of floodplain inundation in the Pantanal (Brasil) using neural networks. *Journal of Hydrology*, v.399, p.376-384, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.01.014>
- Fraga, C. I. M. Evapotranspiração e fator de desacoplamento em área de cambarazal no pantanal. Cuiabá: UFMT, 2009. 71p. Dissertação Mestrado
- Guedes, R. L.; Andreoli, R. V.; Kayano, M. T.; Oyana, M. D.; Alves, M. A. S. Série temporal de precipitação mensal de Fortaleza, Brasil: Comparação entre observações e dados de reanálise do NCEP/NCAR. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.20, p.83-92, 2005.
- Haase, R. Litterfall and nutrient return in seasonally flooded and non-flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v.117, p.129-147, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00477-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00477-0)
- Landim, R. B. T. V.; Silva, D. F.; Almeida, H. R. R. C. Desertificação em Irauçuba (CE): Investigação de possíveis causas climáticas e antrópicas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.1, p.1-21, 2011.
- Lathuillière, M. J.; Johnson M. S.; Donner, S. D. Water use by terrestrial ecosystems: Temporal variability in rainforest and agricultural contributions to evapotranspiration in Mato Grosso, Brazil. *Environmental Research Letters*, v.7, p.1-12, 2012. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024024>
- Meinzer, F. C.; Goldstein, G.; Franco, A. C.; Bustamante, M.; Iglar, E.; Jackson, P.; Caldas, L.; Rundel, P. W. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian Cerrado woody species. *Functional Ecology*, v.13, p.273-282, 1999. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00313.x>
- Nakken, M. Wavelet analysis of rainfall-runoff variability isolating climatic from anthropogenic patterns. *Environmental Modelling & Software*, v.14, p.283-295, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00080-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00080-2)
- Peréz, J. P.; Castellvi, F.; Ibañez, M.; Rosell, J. I. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.97, p.141-150, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00080-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00080-5)

- Ruhoff, A. L.; Saldanha, C. B.; Collischonn, W. Análise multivariada do processo de evapotranspiração em áreas de cerrado e cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.14, p.137-146, 2009.
- Sanches, L.; Alves, M. C.; Campelo Júnior, J. H.; Nogueira, J. S.; Dalmagro, H. J. Estimativa do coeficiente Priestley-Taylor em floresta monodominante cambarazal no pantanal. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, p.44-454, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862010000400004>
- Sanches, L.; Vourlitis, G. L.; Alves, M. C.; Pinto Júnior, O. B.; Nogueira, J. S. Seasonal patterns of evapotranspiration for a *Vochysia divergens* forest in the Brazilian Pantanal. *Wetlands*, v.31, p.1215-1225, 2011.
- Shoemaker, W. B.; Sumner, D. M. Alternate corrections for estimating actual wetland evapotranspiration from potential evapotranspiration, *Wetlands*, v.26, p.528-543, 2006. [http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212\(2006\)26\[528:ACFEAW\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212(2006)26[528:ACFEAW]2.0.CO;2)
- Silva, D. F. da; Sousa, F. A. S.; Kayano, M. T. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, p.324-332, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862010000300004>
- Silveira, S. S.; Andrade, E. M. de. Análise de componentes principais na investigação da estrutura multivariada da evapotranspiração. *Engenharia Agrícola*, v.22, p.171-177, 2002.
- Torrence, C.; Compo, Y. G. P. A practical guide to wavelet analysis. *Bulletins of American Meteorological Society*, v.79, p.61-78, 1998. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079%3C0061:APGTWA%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079%3C0061:APGTWA%3E2.0.CO;2)
- Torrence, C.; Webster, P. Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system, *Journal of Climate*, v.12, p.2679-2690, 1999. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012%3C2679:ICITEM%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012%3C2679:ICITEM%3E2.0.CO;2)
- Unland, H. E.; Arain, A. M.; Harlow, C.; Houser, P. R.; Garatuza-Payan, J.; Scott, R.; Sen, O. L.; Shuttleworth, W. J. Evaporation from a riparian system in a semi-arid environment. *Hydrological Processes*, v.12, p.527-542, 1998. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(19980330\)12:4%3C527::AID-HYP597%3E3.0.CO;2-R](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(19980330)12:4%3C527::AID-HYP597%3E3.0.CO;2-R)
- Vilani, M. T.; Sanches, L. Análise de Fourier e Wavelets aplicada à temperatura do ar em diferentes tipologias de ocupação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.1340-1346, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001200013>