

## Covariabilidade interanual entre a vegetação e o clima na bacia hidrográfica do rio Cuiabá - MT.

Michely Libos<sup>1</sup>  
Rosilene Mendonça Nicácio<sup>2</sup>  
Luciana Mara Temponi<sup>3</sup>  
Otto Corrêa Rotunno Filho<sup>4</sup>

<sup>1</sup> CEFET Campos UNED Guarus  
Av.: Souza Motta, 350 - Parque Fundão – 28013-450 - Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil  
mlibos@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Alagoas – UFAL/IGEDEMA  
Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins - 57072-970 - Maceió - AL, Brasil  
rmonicacio@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE/CREN  
Av.: Chile, 500 - 20031-170 – Rio de Janeiro - AL, Brasil  
luciana.temponi@ibge.gov.br

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/COPPE  
Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente  
ottorotunno@oi.com.br

**ABSTRACT** - The dynamics of the climate influence the components of the hydrologic cycle. The variabilities of both climate and weather can exercise strong influences in the vegetation. With propose of verifying this statement, non parametric test Kendall's Tau was used in this work to evaluating the existent correlation among some meteorological variables (precipitations, minimum and maximum air temperature, insolation, evaporation, relative humidity and atmospheric pressure) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the Cuiabá river watershed. Nine years of data were used in this evaluation, from 1992 to 2000. The present study showed a correlation about 0.50 at the level of significance of 5% between the precipitation and NDVI, with two and three months of lag and correlation about 0.45 between the air relative humidity and NDVI without any delay in the time. These results confirm the savana's characteristics of strong adaptation with the climate, once the NDVI keep high value, indicating green vegetation, in the drought time. For the insolation, this study showed one inverse NDVI correlation with lag of three months. The minimum air temperature has a response more lighted with NDVI than the maximum temperature. The NDVI and its covariability with the meteorological variables knowledge help to manage the agricultural productivity, because of vegetation response knowledge.

**Palavras-chave:** climatology, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), remote sensing, Cuiabá river basin, climatologia, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), sensoriamento remoto, bacia hidrográfica do rio Cuiabá.

### 1. Introdução

O ciclo hidrológico é sensível às atuações tanto de origem antropogênicas como naturais e tem uma estreita relação com a cobertura vegetal da superfície terrestre. Conseqüentemente, variações na cobertura do solo podem acarretar modificações nas componentes desse ciclo. De acordo com Stockli (2004), a vegetação não é apenas uma conseqüência dos padrões espaciais e temporais do clima, mas exerce um efeito na atmosfera e no clima próximo a superfície, estabelecendo-se, assim, um mecanismo de retroalimentação.

Nesse contexto, torna-se importante o entendimento das respostas da cobertura vegetal às atuações humanas, que oferecem mudanças às condições climáticas locais com possíveis conseqüências sobre fenômenos climáticos globais. No caso do Brasil, essas mudanças estão fortemente associadas às variações no regime pluviométrico e, conseqüentemente, favorecem alterações no regime hidrológico das bacias hidrográficas. O entendimento das variações climáticas é fundamental para um melhor planejamento de uma política consistente, eficiente e eficaz no monitoramento da distribuição espaço-temporal do uso e

cobertura do solo e vice-versa. No entanto, a obtenção de um padrão espacial do tipo e uso do solo em grandes regiões não é uma tarefa trivial, uma vez que requer extensivas medições e avaliações de campo.

Nessa perspectiva, o sensoriamento remoto tem possibilitado esse monitoramento da vegetação em grandes regiões. Os índices de vegetação vêm sendo amplamente utilizados para a detecção de biomas e sua evolução temporal, como exemplo, cita-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), sugerido por Tucker (1979), constituindo-se em um dos mais populares índices de vegetação utilizados em estudos de monitoramento da cobertura vegetal.

Este trabalho tem como objetivo verificar a relação mútua existente entre as variáveis climáticas e o NDVI, através de aplicação de testes estatísticos.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Localização da área de estudo

A região de interesse nesta pesquisa é a bacia hidrográfica do rio Cuiabá-MT. De acordo com o Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP, 1997), a bacia do rio Cuiabá-MT totaliza  $\approx 29.000$  km<sup>2</sup> de área, com perímetro de 841 km. Nesse perímetro, estão inseridos 13 municípios, entre esses, Cuiabá e Várzea Grande, principais núcleos urbanos do Estado (Vital *et al.*, 1996).

A bacia do rio Cuiabá é constituída por duas grandes formações naturais com características bióticas e abióticas definidas e próprias: a planície do Pantanal e as áreas de planalto e serras circunvizinhas. Essas características orográficas possibilitam a distinção de três regiões na bacia do rio Cuiabá (Figura 1), sendo elas: Alto Cuiabá, Médio Cuiabá e Baixo Cuiabá (Vital *et al.*, 1996).

O clima da bacia do rio Cuiabá é classificado como tropical quente semi-úmido com sazonalidade marcada por dois períodos bem distintos, seco e chuvoso. A temperatura média anual em Cuiabá varia de 24 a 29°C e a umidade relativa média do ar é de 78%. A precipitação média anual varia entre 800 mm e 1.600 mm, com as máximas ocorrendo nas cabeceiras. A evapotranspiração potencial média anual oscila entre 3,6 e 4,3 mm.dia<sup>-1</sup> (Libos, 2008).

A vegetação natural da bacia é composta, basicamente, de savana. Duas sub-formações predominam nesta região, a savana arbórea densa e a savana gramíneo lenhosa. A savana gramíneo lenhosa é largamente utilizada, na bacia do rio Cuiabá, como áreas destinada a criação de gado (pastagem).

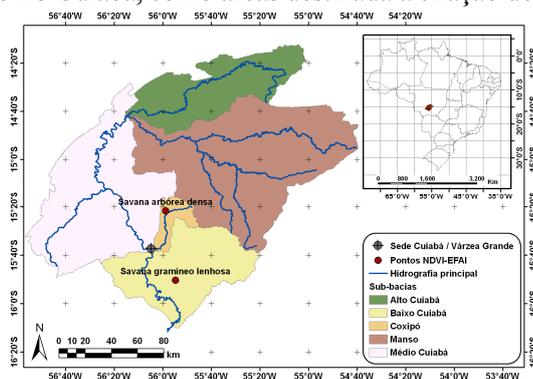


Figura 1 - Área de estudo: sub-bacias do rio Cuiabá

## 2.2. Dados

### 2.2.1. EFAI-NDVI

O uso de sensoriamento remoto na análise das atividades da vegetação é baseado nas propriedades espectrais da vegetação, que absorve uma importante porcentagem de energia eletromagnética na região do visível e reflete uma alta porcentagem na região do infravermelho próximo (Knipling, 1970). Devido a essas propriedades, diferentes índices de vegetação baseados na combinação das bandas do visível e infravermelho podem ser calculados.

O índice de vegetação mais amplamente utilizado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O NDVI, que é uma grandeza adimensional, é uma razão simples entre as refletâncias no visível e infravermelho próximo, definido conforme Equação 1:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1)$$

onde: **IVP** é a faixa do espectro do infravermelho próximo e, **V** a faixa do visível.

Os valores de NDVI variam de -1,0 a +1,0, e, em geral, numa vegetação saudável, esses valores estão entre 0,2 e 0,8.

O NDVI apresenta alguns problemas para a análise da vegetação devido a relação não linear entre o NDVI e a biomassa ou cobertura vegetal (Choudhury *et al.*, 1994; Gillies *et al.*, 1997). Além de ser um pobre indicador da cobertura vegetal em áreas com alta densidade vegetativa (Nicholson *et al.* 1990), esse índice é influenciado pela reflectância do solo em regiões com cobertura mais esparsa (Huete e Jackson, 1987). Todavia, em áreas onde a cobertura vegetal não é muito densa, estudos mostram uma forte relação entre o NDVI e a biomassa, cobertura vegetal e atividade vegetal (Tucker *et al.*, 1981; Gutman, 1991).

O NDVI pode ser obtido através dos dados espectrais de diversos sensores, mas devido à elevada frequência temporal, as imagens do NOAA-AVHRR são vastamente utilizadas no cálculo do NDVI (Gutman, 1991; Gutman *et al.*, 1995). A resolução espacial (1,1 km) reduz problemas radiométricos causados pelo solo (Jasinski, 1990) ou pela topografia (Burgess *et al.*, 1995).

Desde que o uso de dados de satélite na análise do crescimento da vegetação tornou-se um processo comum (Menenti *et al.*, 1993; Justice e Hiernaux, 1986), essas mesmas informações tem sido amplamente utilizadas para relacionar a vegetação com índices climáticos, tais como os estudos desenvolvidos por Richards e Pocard (1998); Potter e Brooks (1998) e Vicente-Serrano *et al.* (2006).

Nesta pesquisa a caracterização do comportamento sazonal da vegetação foi realizada através de um conjunto de imagens, conhecidas como EFAI-NDVI (*European Fourier-Adjusted and Interpolated NDVI*), desenvolvido por Stockli (2004), para o período de 1982 a 2000. As imagens EFAI-NDVI, foram geradas a partir do conjunto de imagens de índice de vegetação por diferença normalizada do NOAA/NASA, denominado de *Pathfinder* NDVI. A resolução temporal e espacial das imagens utilizadas é 10 dias e de 0,1°, respectivamente.

O conjunto de dados EFAI-NDVI, foi elaborado com o intuito de minimizar os ruídos existentes nas imagens provenientes do AVHRR (Tanré *et al.*, 1992). Para isso, Stockli (2004) aplicou uma interpolação espacial e temporal utilizando ajustes da série de Fourier de segunda ordem ao conjunto de dados *Pathfinder* NDVI. As imagens EFAI-NDVI foram disponibilizadas por meio de contato pessoal com Reto Stockli. Doravante, o conjunto de dados EFAI-NDVI será chamado apenas de NDVI.

### 2.2.2. Dados climatológicos

Os dados climatológicos utilizados neste trabalho foram obtidos junto ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) referente à estação climatológica Cuiabá, com localização: 15,55°S e 56,01°W. As variáveis meteorológicas disponibilizadas foram: temperatura mínima e máxima do ar, insolação, evaporação, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e precipitação. O período dos dados é de 1992 a 2000.

## 3.0. Resultados e Discussões

### Caracterização do NDVI

Para este estudo extraiu-se os valores de NDVI das imagens para duas áreas cobertas savana arbórea densa e savana gramíneo lenhosa (ver Figura 1). Esses valores foram processados a fim de que os mesmos representassem o comportamento mensal. As Figuras 2a e 2b demonstram o comportamento interanual e sazonal dessas áreas, respectivamente, bem como as suas estatísticas básicas. Note-se que o NDVI da savana arbórea é mais elevados que o da savana gramíneo lenhosa. Na Figura 3, onde a abscissa mostra a variabilidade mensal enquanto a ordenada mostra a variabilidade interanual, observa-se que os meses de julho a novembro apresentam valores mais elevados de NDVI. Vale ressaltar que a base de dados do EFAI-NDVI abrange os anos de 1981 a 2001, a avaliação temporal do mesmo foi realizada com toda a série. Contudo, quando feita as correlações com as variáveis meteorológicas, considerou-se apenas o período de 1992 a 2000, por ser o intervalo de tempo comum entre os dados climatológicos e o NDVI.

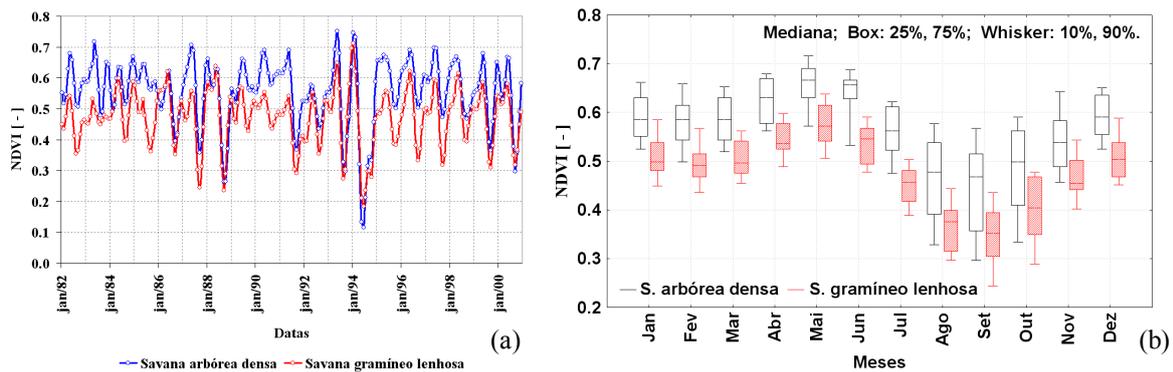


Figura 2 - Variabilidade interanual (a) e sazonal (b) do NDVI – EFAI na bacia hidrográfica do rio Cuiabá.

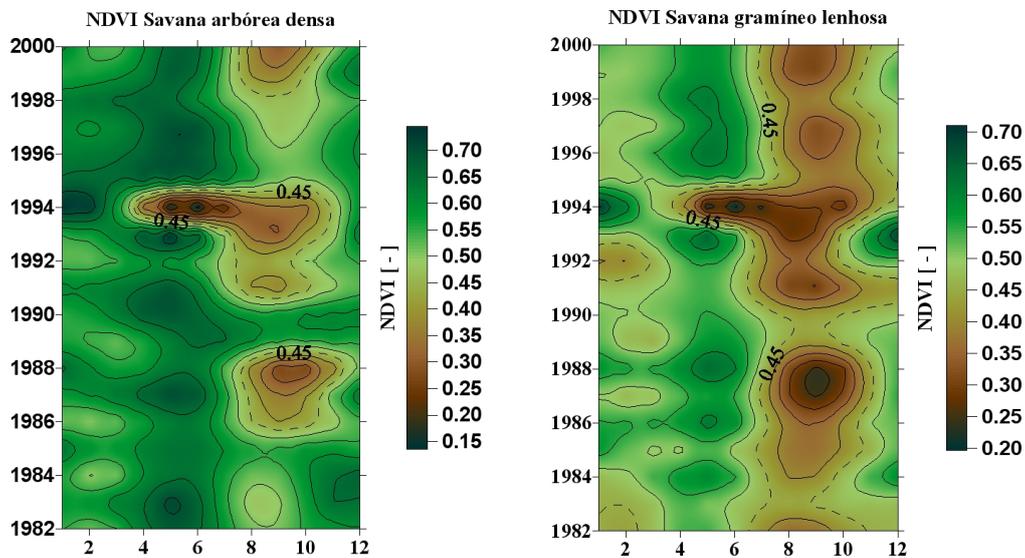


Figura 3. Variabilidade sazonal (eixo x) e interanual (eixo y) do NDVI entre 1982 e 2000, na bacia hidrográfica do rio Cuiabá.

A Figura 4 aponta a importância da umidade do solo no comportamento sazonal da vegetação. Note-se que o valor máximo do NDVI,  $\approx 0,65$ , foi observado no mês de maio, quando a média de chuva não atinge 50 mm. Esse aspecto, possivelmente, deve-se ao armazenamento hídrico nos reservatórios sub-superficial e subterrâneo. Destaque-se que, o período chuvoso concentra-se entre novembro e março, com pico de  $\approx 240,0$  mm em março, sugerindo uma defasagem de aproximadamente dois meses entre os picos de máxima da precipitação e do NDVI.

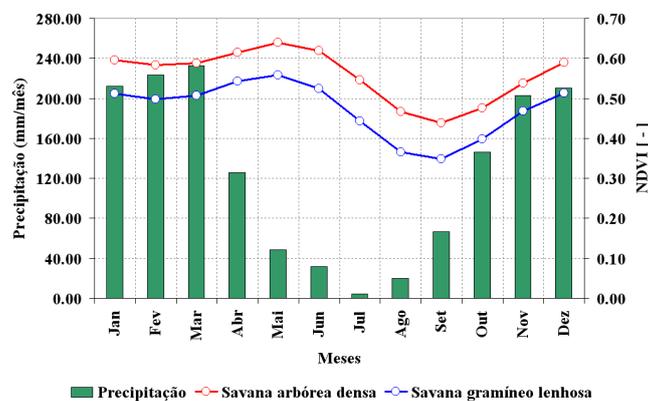


Figura 4. Oscilação mensal do NDVI (1982 a 2000) e da precipitação (1992 a 2000) na bacia hidrográfica do rio Cuiabá.

### 3.2. Variáveis meteorológicas

A Figura 5 apresenta o comportamento das variáveis meteorológicas avaliadas nesta pesquisa e seus respectivos desvios-padrão.

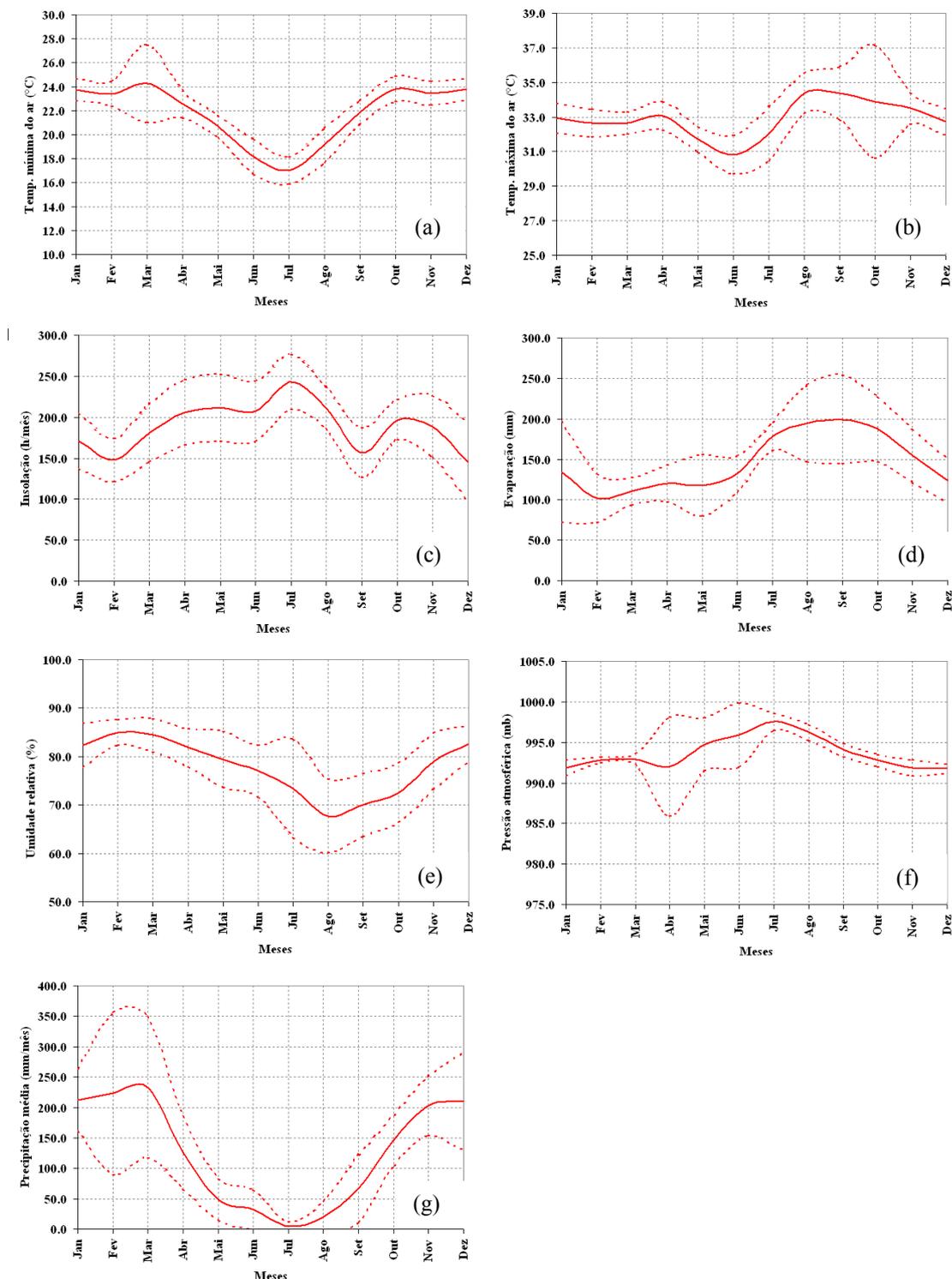


Figura 5. Linha contínua - média mensal da (a) temperatura mínima do ar, (b) temperatura máxima do ar, (c) insolação, (d) evaporação, (e) umidade relativa, (f) pressão atmosférica e (g) precipitação. Linha pontilhada - desvios-padrão dessas variáveis.

Na avaliação da temperatura mínima do ar (Figura 5a), pode-se observar uma amplitude em torno de 7°C, estando a mínima no mês de julho,  $\approx 17^{\circ}\text{C}$  e a máxima em março,  $\approx 24^{\circ}\text{C}$ . O desvio padrão máximo

(3,25°C) também ocorre no mês de março, e o mínimo desvio padrão (< 1°C) no mês de dezembro. Para a temperatura máxima (Figura 5b), nota-se que o mês onde ocorre a mínima média é junho, com temperatura em torno de 31°C e os meses mais quentes são agosto e setembro (34,40°C). Observou-se a maior variação na temperatura máxima em outubro, com desvio padrão de 3,3°C.

O comportamento sazonal da insolação e evaporação pode ser observado nas Figuras 5c e 5d, respectivamente. A insolação média máxima ocorre no mês de julho e seu valor é de 243 horas durante o mês. A insolação média mínima ocorre em dezembro, cerca de 145 horas nesse mês. O desvio padrão dessa variável é aproximadamente de 24 horas. Quanto a evaporação, o maior desvio padrão foi observado em janeiro, cerca de 62 mm. Contudo, um comportamento similar ocorre nos meses de agosto e setembro (47 e 55 mm, respectivamente). A evaporação máxima ocorre em setembro (200 mm) e a mínima em fevereiro (102 mm).

Em fevereiro, a umidade relativa do ar média é de aproximadamente 85%, conforme pode ser observado na Figura 5e, com desvio padrão em torno de 2,5%. Contudo, no mês de agosto, quando a chuva é bastante escassa, a umidade relativa do ar média cai para 67%. Mas é também nessa época do ano onde existe uma maior oscilação dessa variável. Quanto à pressão atmosférica, pode-se observar na Figura 5f uma grande variação de abril a julho. No restante do ano, esses valores oscilam muito pouco, cerca de 1 mb. O valor máximo médio ocorre em julho (997,5 mb) e o mínimo em dezembro (991,7 mb).

A precipitação é uma variável de fundamental importância no entendimento dos processos do ciclo hidrológico. Como já citado anteriormente, a bacia do rio Cuiabá possui uma sazonalidade bem marcada, período de seca e período chuvoso. A Figura 5g mostra essa sazonalidade, havendo chuva de outubro a março e nos meses restantes, alguns poucos eventos. O maior desvio padrão deste evento ocorre no mês de fevereiro, aproximadamente 133 mm, sendo a média pluviométrica de 233 mm nesse mês. Em julho, mês mais seco, o total pluviométrico médio não ultrapassa 7 mm, possuindo desvio padrão médio de mesma grandeza.

### 3.3. Correlação entre o NDVI e as variáveis climáticas

Nesta pesquisa optou-se pelo uso do coeficiente de correlação  $\tau$  de Kendall devido ao comportamento não normal das séries históricas das variáveis meteorológicas e do NDVI. Para avaliação da normalidade dessas séries foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (Benjamin e Cornell, 1970). As Tabelas 1 e 2 mostram os valores da correlação  $\tau$  de Kendall obtidos entre o NDVI e as variáveis meteorológicas em áreas com savana gramíneo lenhosa e savana arbórea densa, na bacia do rio Cuiabá.

As máximas correlações entre o NDVI, tanto da savana arbórea densa como da savana gramíneo lenhosa, e a temperatura mínima mostraram um coeficiente positivo (> 0,40), significantes ao nível de 95% de confiança, com defasagem de dois e três meses depois. Já para a temperatura máxima, as correlações mais elevadas, também positivas, ocorreram com atraso de três e quatro meses, com coeficientes em torno de 0,20.

Para a variável insolação, as máximas correlações com o NDVI mostraram-se negativas (cerca de 0,20), com atrasos de três e quatro meses. Em relação à evaporação, note-se que a correlação mais elevada (-0,316) ocorreu sem defasagem no tempo.

Considerando-se a umidade relativa, observou-se que as maiores correlações ocorrem com defasagem de até dois meses, no entanto, o valor máximo para o coeficiente  $\tau$  de Kendall ocorreu com 1 mês de atraso (0,466 e 0,428), salientando uma relação direta entre o NDVI e a umidade relativa do ar.

No caso da pressão atmosférica, o que se tem é uma relação inversa com o NDVI, sendo a correlação máxima observada com defasagem de dois meses, tanto para a savana arbórea densa (-0,316) como para savana gramíneo lenhosa (-0,301).

A precipitação mostrou uma relação direta com NDVI. Note-se que, é com defasagem de dois meses onde são encontrados os maiores coeficientes de correlação, com valores de 0,468 para savana arbórea densa e 0,424 para savana gramíneo lenhosa. É importante frisar que a avaliação realizada entre o NDVI e a precipitação pluviométrica, além de ter sido realizada para uma escala temporal mensal, considerou-se eventos isolados e não a sua integração.

**Tabela 1. Correlação entre as variáveis meteorológicas e o NDVI para a savana arbórea densa.**

Savana arbórea densa							
Atraso (meses)	Temp. mínima	Temp. máxima	Insolação	Evaporação	Umidade relativa	Pressão atmosférica	Precipitação
0	0,074	-0,273*	0,072	-0,316*	0,392*	-0,092	0,115
1	0,280*	-0,117	-0,012	-0,306*	0,466*	-0,234*	0,332*
2	0,440*	0,061	-0,126	-0,236*	0,401*	-0,316*	0,468*
3	0,435*	0,199*	-0,215*	-0,132	0,208	-0,308*	0,416*
4	0,253*	0,227*	-0,204*	0,014	-0,003	-0,227*	0,239*
5	0,053	0,154	-0,084	0,137	-0,150	-0,123	0,055
6	-0,117	0,059	0,023	0,226*	-0,225*	0,014	-0,072

\*Significativos a 95% de confiança.

**Tabela 2. Correlação entre as variáveis meteorológicas e o NDVI para a savana gramíneo lenhosa.**

Savana gramíneo lenhosa							
Atraso (meses)	Temp. mínima	Temp. máxima	Insolação	Evaporação	Umidade relativa	Pressão atmosférica	Precipitação
0	0,054	-0,265*	0,059	-0,300*	0,318*	-0,106	0,090
1	0,277*	-0,084	-0,050	-0,285*	0,428*	-0,246*	0,313*
2	0,421*	0,094	-0,200*	-0,230*	0,368*	-0,301*	0,424*
3	0,402*	0,186*	-0,290*	-0,129	0,201*	-0,290*	0,395*
4	0,221*	0,184*	-0,250*	0,020	0,002	-0,227*	0,210*
5	0,031	0,138	-0,088	0,161	-0,168	-0,113	0,029
6	-0,122	0,098	0,017	0,277*	-0,293*	0,030	-0,127

\*Significativos a 95% de confiança

### Conclusões

A avaliação da correlação entre as variáveis meteorológicas e o NDVI para uma área de savana arbórea densa e savana gramíneo lenhosa, na bacia do rio Cuiabá salientou alguns pontos importantes com respeito às respostas da vegetação. Em relação à temperatura do ar, verificou-se que o NDVI mostrou uma resposta mais destacada para a temperatura mínima que para a máxima. Já a insolação apresentou uma relação inversa com o NDVI, sendo a correlação máxima observada com atraso de três meses. Já a resposta entre o índice de vegetação e a evaporação dá-se, mais distintamente, de maneira simultânea e inversa. Já a umidade relativa apresentou uma relação direta com NDVI, com correlação máxima observada com defasagem de dois meses. Em relação à pressão atmosférica, o que predomina é um comportamento inverso com o índice de vegetação, com correlação máxima observada com três meses de atraso. Os coeficientes de correlação entre o NDVI e a precipitação mostraram um progressivo aumento de seus valores até 2 meses de defasagem, salientando uma relação direta entre essas variáveis. Em suma, pode-se dizer que a vegetação apresenta uma resposta mais efetiva a um evento chuvoso dois meses após sua ocorrência.

Com isso, podemos afirmar que o conhecimento do comportamento das variáveis meteorológicas nos permite entender a resposta da vegetação. Isto auxilia em previsões das produções agrícolas, visto que, com as alterações de algumas variáveis meteorológicas, em média com uma defasagem de dois e três meses, pode-se esperar uma resposta, positiva ou negativa da vegetação, mensurados através do NDVI.

### Referência Bibliográfica

BENJAMIN, J. R., CORNELL, C. A. **Probability. Statistic and Decision for Civil Engineering**. New York: McGraw Hill Book Company. 1970.

- BURGESS, D. W., LEWIS, P., MULLER, J. P. A. L. Topographic effects in AVHRR-NDVI data. **Remote Sensing of Environment**. v. 54. pp. 223–232. 1995.
- CHOUDHURY, B. J., AHMED, N. U., IDSO, S. B., REGINATO, R. J., DAUGHTRY, C. S. T. Relations between evaporation coefficients and vegetation indices studied by model simulations. **Remote Sensing of Environment**. v. 50. pp. 1–17. 1994.
- GILLIES, R. R., CARLSON, T. N., CUI, J., KUSTAS, W. P., HUMES, K. S. A verification of the triangle method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. **International Journal of Remote Sensing**. v. 18. pp. 3145–3166. 1997.
- GUTMAN, G. Vegetation indices from AVHRR. An update and future prospects. **Remote Sensing of Environment**. v. 35. pp. 121–136. 1991.
- GUTMAN, G., TARPLEY, D., IGNATOV, A., OLSON, S. The enhanced NOAA global land dataset from the advanced very high resolution radiometer. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 76. pp. 1141–1156. 1995.
- HUETE, A. R., JACKSON, R. D. Suitability of spectral indices for evaluating vegetation characteristics on arid rangelands. **Remote Sensing of Environment**. v. 23. pp. 213–232. 1987.
- JASINSKI, M. F. Sensitivity of the Normalized Difference Vegetation Index to subpixel canopy cover, soil albedo, and pixel scale. **Remote Sensing of Environment**. v. 32. pp. 169–187. 1990.
- KNIPLING, E. B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**. v. 1. pp. 155–159. 1970.
- LIBOS, M. **Modelagem hidrológica quali-quantitativa: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Manso – MT**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Recursos Hídricos). COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro – Brasil. 2008.
- NICHOLSON, S. E., DAVENPORT, M. L., MALO, A. R. A comparison of the vegetation response to rainfall in the Sahel and east Africa, using Normalized Difference Vegetation Index from NOAA–AVHRR. **Climatic Change**. v. 17. pp. 209–241. 1990.
- PCBAP - **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai**. v. 2. 1997.
- STOCKLI, R. **Modeling and observation of seasonal land – surface heat and water exchanges at local and catchment scales over Europe**. Tese (Doutorado em Ciências Naturais). Swiss Federal Institute of Technology –ETH. 155p. 2004.
- TANRÉ, D., HOLBEN, B. N., KAUFMAN, Y. J. Atmospheric correction algorithm for NOAA-AVHRR products: Theory and application. **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing**. v.30. n. 02. pp. 231–248. 1992.
- TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**. v. 8. pp.127–150. 1979.
- TUCKER, C. J., HOLBEN, B. N., ELGIN, J. H., MCMURTREY, J. E. Remote Sensing of total dry matter accumulation in winter wheat. **Remote Sensing of Environment**. v. 11. pp.171–189. 1981.
- VITAL, A. R., COSTA, E. S., CURVO, M. **Projeto de Recuperação e Conservação da Bacia do Rio Cuiabá**. FEMA-MT. Cuiabá. MT. 1996.