

Mapeamento espacial, temporal e sazonal das chuvas no bioma Cerrado do estado do Tocantins

Francisco Fernando Noronha Marcuzzo¹

Elvis Richard Pires Goularte²

Denise Cristina Resende Melo³

Ricardo de Faria Pinto Filho⁴

Murilo Raphael Dias Cardoso⁵

^{1,2,3,4,5} CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil) – Ministério de Minas e Energia - Rua 148, nº485 - Setor Marista - CEP 74170-110, Tel.:(62) 3240-1426 – Goiânia/GO

^{1,3}{francisco.marcuzzo, denise.melo}@cprm.gov.br

²geohydro2010@hotmail.com

^{4,5}{pintofilho.rf, muriloshinobi}@gmail.com

Abstract – The behavioral of rainfall in space and time is of overwhelming importance in studies of water resources since it allows detecting trends or changes in water regime. This study aimed to analyze the spatial, temporal and seasonal rainfall in the Cerrado biome in the state of Tocantins. We used nine rainfall stations with thirty years of data. Maps were drawn with the spatial distribution of monthly and seasonal rainfall using contour. The mathematical method of interpolation used in the generation of isoline was the Top to Raster, which employs a multi-grid simple equation to minimize the ever-improving resolutions respecting constraints of the physical elements that make up the landscape. The results showed that the distribution of rainfall in the Cerrado biome of Tocantins state shows a wide variation in rates precipitated in the Tocantins state as the change in altitude, longitude and latitude. On the Application of statistic analysis, for the period of study and according to the historical average, one can see that there are a greater proportion of dry years, 37.6%, than in wet years, 62.4%.

Palavras-chave: rainfall, pluviometric, mathematical interpolation, top to raster, isohyetal, isoline, precipitação pluviométrica, pluviometria, interpolação matemática, topo to raster, isoietas, isolinhas.

1. Introdução

Um dos elementos físicos decorrentes da variabilidade climática são a variabilidade da precipitação pluvial, um importante fator no controle do ciclo hidrológico e uma das variáveis climáticas que maior influência exerce na qualidade do meio ambiente. As quantidades relativas de precipitação pluvial (volume), em seu regime sazonal ou diário (distribuição temporal) e as intensidades de chuvas individuais (volume.duração⁻¹) são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente (Britto *et al*, 2006).

Ao estudar a variação multi-decadal da precipitação de 1901 a 1998 para identificar as concentrações mais significativas de anos úmidos e secos dentro da série, em regiões continentais, Mauget (2005) encontrou incidência de anos úmidos na América no norte durante 1972 a 1998, com oito dos dez anos mais desde 1901, ou seja, oito eventos aconteceram durante esses últimos períodos de 27 anos. Para a região norte da Europa, foram encontrados sete dos dez anos mais úmidos de 1978 a 1998. Regimes secos e úmidos significantes foram encontrados nas últimas décadas do século XX. O autor sugere que esses períodos úmidos mais recentes sejam realmente efeito de causas terrestres, tendo evidência mais notável numa larga mudança do padrão do clima do Atlântico norte.

Guimarães (2005) et al., em estudos sobre o comportamento espacial da precipitação no estado, de Minas Gerais, respectivamente para o verão e para o total anual, verificaram a

necessidade de considerar a distribuição espacial em estimativas desse atributo. Este trabalho visou verificar a ocorrência de dependência espacial e temporal da precipitação pluviométrica mensal para o estado de Minas Gerais utilizando semivariogramas e também mapear as precipitações mensais por meio da Krigagem.

O objetivo deste trabalho foi o de apresentar um estudo da distribuição espacial, temporal e da variação sazonal da precipitação pluvial no bioma da Cerrado do estado do Tocantins.

2. Metodologia

2.1. Caracterização da vegetação, clima e dos mecanismos de formação de chuvas no estado do Tocantins

O estado do Tocantins (Figura 1) está localizado na região norte do Brasil entre as longitudes 44°W e 52°W e latitudes 14°S e 4°S. Possui uma área de 277.620 km² (ATLAS DO TOCANTINS, 2008) com 139 municípios (Figura 1).

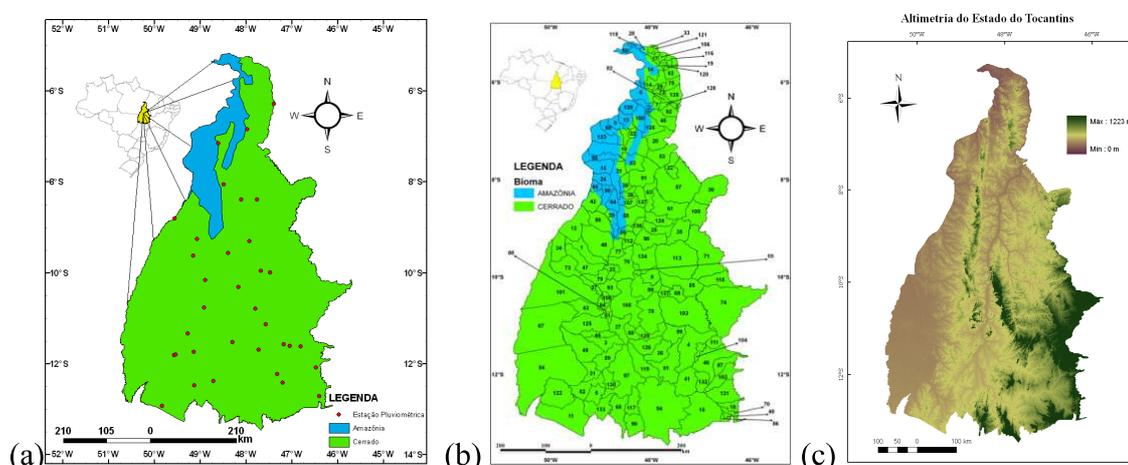


Figura 1. Localização das estações pluviométricas (a) e dos municípios (b) no bioma do Cerrado do estado do Tocantins e sua respectiva altimetria (c).

A parte inserida na Amazônia Legal equivale a aproximadamente 5,4% do território do estado do Tocantins (ATLAS DO TOCANTINS, 2008). Em termos de vegetação, o Tocantins é um dos nove estados que formam a região Amazônica.

O clima da região é tropical semi-úmido, controlado pelas massas de ar Equatorial Continental e Polar Atlântica. A massa equatorial, apesar de continental é uma massa úmida, em razão da presença de rios caudalosos e da intensa transpiração da massa vegetal da Amazônia, região que provoca chuvas abundantes e diárias, principalmente no verão e no outono (MONTEIRO, 1968). Os meses de outubro a abril são responsáveis por aproximadamente 90,16% de toda precipitação anual do estado. O período chuvoso da região coincide com a época em que a massa de ar equatorial continental atua. Sua atuação se dá especialmente durante a primavera-verão, quando temos sua atração para o interior do continente no sentido noroeste para sudeste, ou ainda para leste-sudeste, em decorrência dos recuos sofridos pela massa polar atlântica (MONTEIRO, 1968). Os rios Tocantins, Araguaia, Paranã, Javaés, do Sono, Formoso, Santa Teresa, Manuel Alves Grande e do Côco são os mais importantes do estado (ATLAS DO TOCANTINS, 2008)

2.2. Dados utilizados

Foram utilizados neste trabalho dados de precipitação mensal de 34 estações pluviométricas distribuídas no bioma do Cerrado do estado do Tocantins. Os dados foram obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional das Águas (ANA), corresponde à série histórica de 1977 à 2006.

2.3. Interpolação matemática pelo método Topo to Raster

A função Topo to Raster é um método de interpolação baseado no programa ANUDEM desenvolvido por Hutschinson, que foi especificamente feito para a criação de Modelos de Elevação Digital (DEM) hidrológicamente corretos.

O programa interpola os dados de elevação em uma grade regular, de modo iterativo, gerando grades sucessivamente menores, minimizando a soma de uma de penalização de rugosidade (roughness penalty) e a soma dos quadrados dos resíduos (diferenças das elevações medidas e calculadas pela função).

Cada elevação em um determinado local é dada por:

$$z_i = f(x_i, y_i) + w_i \varepsilon_i \quad (1)$$

em que, $f(x, y)$ é a função de interpolação, definida por uma função B-spline, cada w_i é uma constante positiva que representa o erro de discretização do ponto i e cada ε_i é uma amostra de uma variável aleatória de média zero e desvio padrão igual a um.

Assumindo que cada ponto está localizado aleatoriamente dentro da célula do modelo, a constante w_i é definida por:

$$w_i = h s_i / \sqrt{12} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n [(z_i - f(x_i, y_i)) / w_i]^2 + \lambda J(f) \quad (3)$$

em que, h é o espaçamento da grade; s_i é a medida de inclinação da célula da grade associada com o ponto (x_i, y_i) . A função $f(x, y)$ é então estimada resolvendo uma aproximação na grade regular via método das diferenças finitas que minimiza a somatória. A constante w_i varia com cada iteração, em uma característica adaptativa local (locally adaptive feature), já que a cada iteração do programa um novo valor de inclinação (s_i) é disponibilizado para cada célula da grade conforme o método iterativo avança.

O programa utiliza o método multi-grid simples para minimizar a equação em resoluções cada vez melhores, começando de uma grade inicial larga até uma grade que tenha resolução definida pelo usuário, respeitando restrições que garantem uma estrutura de drenagem conectada.

3. Resultados e Discussão

3.1. Análise da precipitação pluviométrica mensal no bioma do Cerrado do estado do Tocantins

Na Figura 2 (a), que ilustra a precipitação mensal da série histórica, no mês de janeiro, as maiores intensidades chuvosas no bioma Cerrado, ocorreram na porção sudeste, sudoeste e oeste, sendo que os menores valores pluviométricos foram registrados na porção norte e sudoeste. Enquanto que no mês de fevereiro (Figura 2 (b)), as maiores intensidade foram nas porções sudeste, oeste, noroeste. No mês de março (Figura 2 (c)) os maiores valores pluviométricos estão nas porções norte, sudeste, oeste e noroeste.

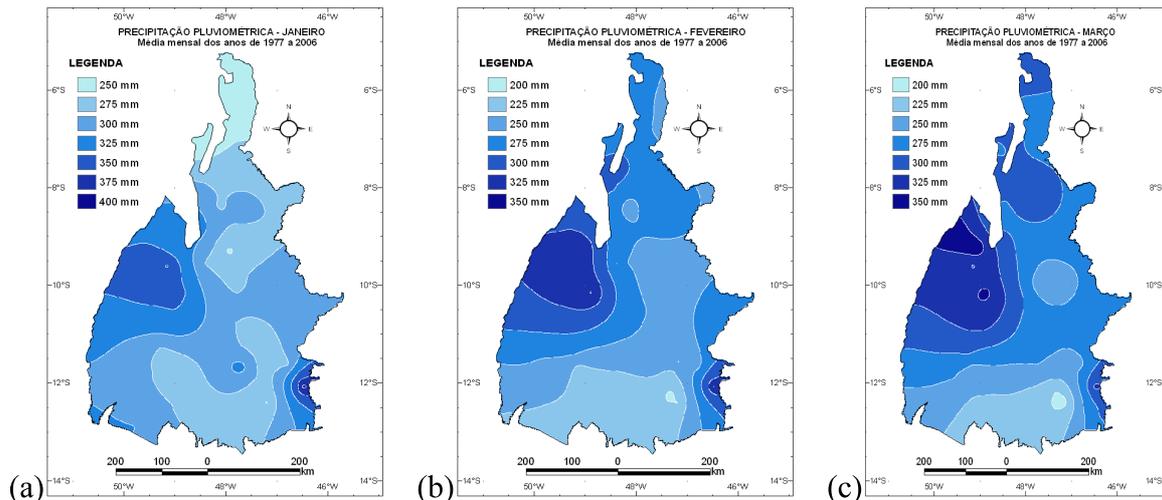


Figura 2. Precipitação pluviométrica média mensal nos meses de janeiro (a), fevereiro (b) e março (c), no bioma do Cerrado do estado do Tocantins, de 1977 à 2006.

Na Figura 3 verifica-se que o total precipitado, em abril (a), apresenta uma redução de aproximadamente 50% na média mensal do um mês de março citado acima, para o mês de abril o qual teve as porções norte, oeste e noroeste com os maiores valores pluviométricos. Já os menores valores de precipitação pluviométrica para o mês de março estão nas porções sul. E para o mês de abril, manteve-se a porção sul. No mês de maio (Figura 3 (b)), as maiores pluviosidade, estão nas porções norte, nordeste e oeste, e, a menor pluviosidade na porção sul. Enquanto que no mês de junho (c), a porção norte e noroeste apresentam os maiores valores de pluviosidade, ficando as porções este, sul e centro-oeste com um baixo índice pluviométrico, em torno dos 10 mm indicando uma queda brusca na pluviometria e confirmando o começo do período seco com uma pluviosidade máxima de 30 mm.

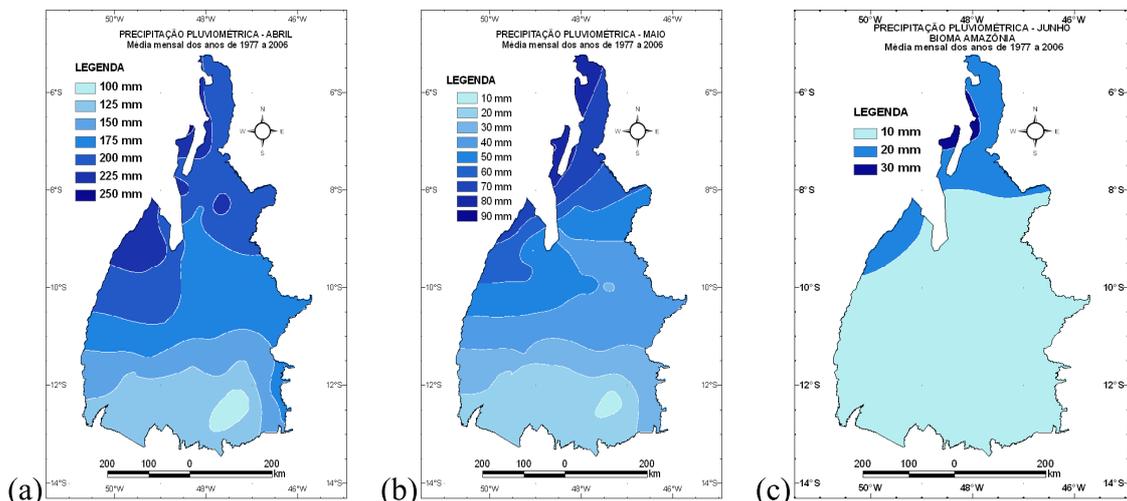


Figura 3. Precipitação pluviométrica média mensal nos meses de abril (a), maio (b) e junho (c) no bioma do Cerrado do estado do Tocantins, de 1977 à 2006.

Conforme a Figura 4, observa-se que o período seco já está bem caracterizado para os meses de julho (a) e agosto (b) e que os maiores índices de pluviometria são observados nas porções norte, nordeste e nor-nordeste, para o mês de julho, e, para o mês de agosto a porções noroeste. Na Figura 4, verifica-se que os menores índices para o mês de julho estão nas porções este, sul, oeste e centro-oeste, enquanto que o mês de agosto ocorre os menores índices nas porções este e uma pequena parte na porção sudoeste.

Nos meses de setembro (c) (Figura 4), observa-se a retomada do período úmido, com o avanço do índice pluviométrico, chegando a ultrapassar os 80 mm de chuva no mês de setembro. As porções norte, sudoeste, oeste e noroeste, para o mês de setembro concentram os maiores índices pluviométricos.

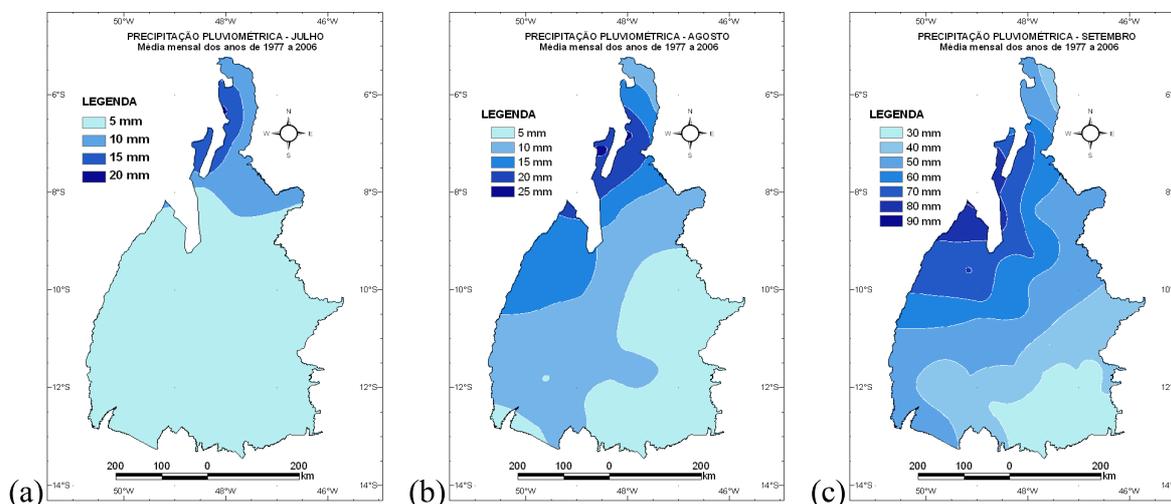


Figura 4. Precipitação pluviométrica média mensal nos meses de julho (a), agosto (b) e setembro (c), no bioma do Cerrado do estado do Tocantins, de 1977 à 2006.

No mês de outubro (Figura 5 (a)), já com índices mais elevados, as porções oeste e noroeste apresenta os maiores valores de precipitação. Os menores valores de precipitação para o mês de setembro, representado na Figura 4 (c), está na porção sudeste, enquanto que o mês de outubro (Figura 5 (a)) a porção norte e uma pequena área na porção sudeste apresentam os menores índices. Nota-se que os maiores índices de precipitação pluviométrica, para o mês de novembro (b) de dezembro (Figura 5 (c)), ocorrem nas porções sudeste, sudoeste e oeste e os menores valores de precipitação estão nas porções norte, para o mês de novembro e nordeste para o mês de dezembro.

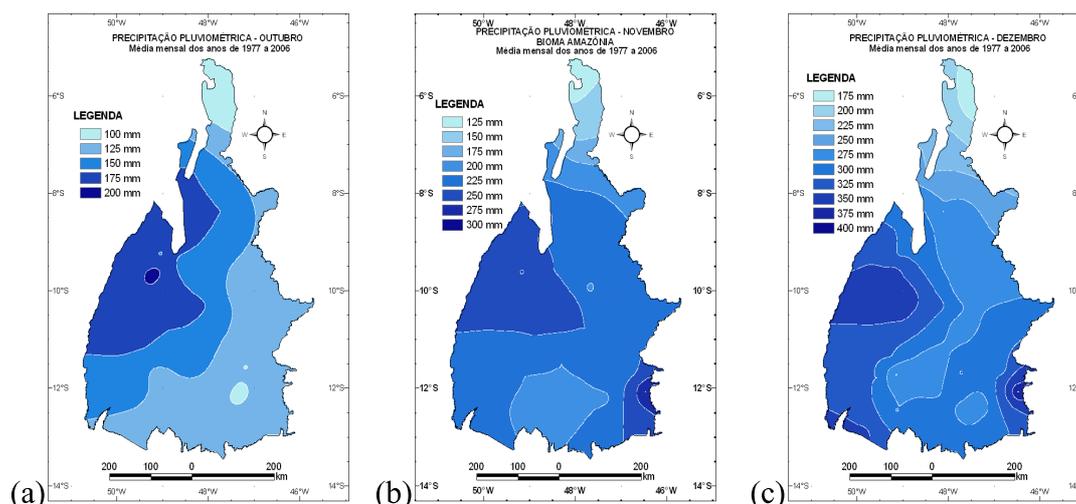


Figura 5. Precipitação pluviométrica média mensal nos meses de outubro (a), novembro (b) e dezembro (c) no bioma do Cerrado do estado do Tocantins, de 1977 à 2006.

3.2. Análise da precipitação pluviométrica dos períodos seco e úmido para o estado do Tocantins no bioma do Cerrado

Com a análise dos totais mensais das médias históricas de 1977 à 2006 de 34 estações, para o bioma do Cerrado, conforme o histograma da Figura 6 dividiu-se a sazonalidade do ano hidrológico em período úmido começando em outubro e terminando em abril e período seco começando em maio e terminando em setembro.

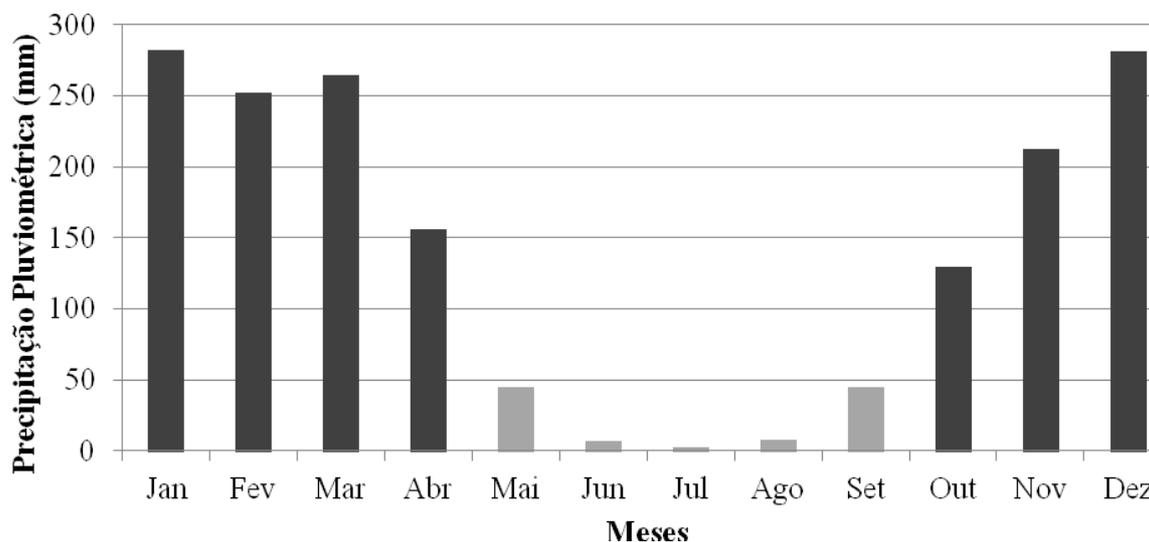


Figura 6. Histograma dos totais médios mensais de precipitação pluviométrica no bioma do Cerrado do estado do Tocantins, referente ao período histórico de 1977 à 2006.

Para as precipitações pluviométricas do período seco (Figuras 7(a)), nota-se que a menor pluviosidade, 10 mm a 20 mm, está na porções este, sul e sudoeste. As maiores pluviosidades pluviométricas do período seco se encontram na porção noroeste no bioma do Cerrado.

Para as precipitações pluviométricas do período úmido (Figuras 7(b)), nota-se que os maiores índices pluviométricos estão localizados nas porções sudeste, sul e oeste sendo que os menores índices pluviométricos estão nas porções norte e uma parte na porção sul.

Observa-se na Figura 8 a média total de precipitações dos anos de 1977 à 2006. O período seco (a) estende-se de maio a setembro e que a menor pluviosidade média total acumulada não ultrapassou os 250 mm para o período de 1977 à 2006, sendo as porções oeste, sul e sudoeste as menos favorecida pelo o índice pluviométrico. No período úmido (b), de outubro a abril, o total pluviométrico superou os 1.900 mm, sendo as porções sudeste e oeste os de maiores totais índices pluviométricos.

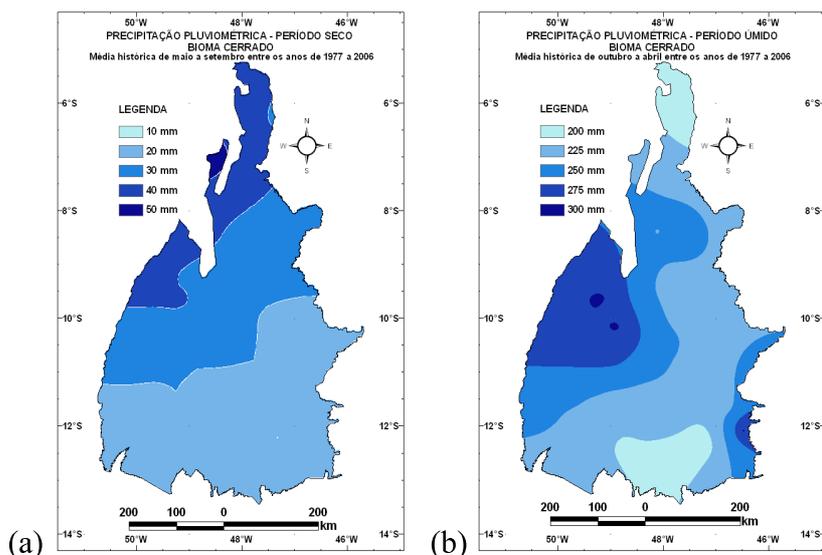


Figura 7. Precipitação pluviométrica média mensal para o período seco (a) e úmido (b), no bioma do Cerrado do estado do Tocantins, referente ao período histórico de 1977 à 2006.

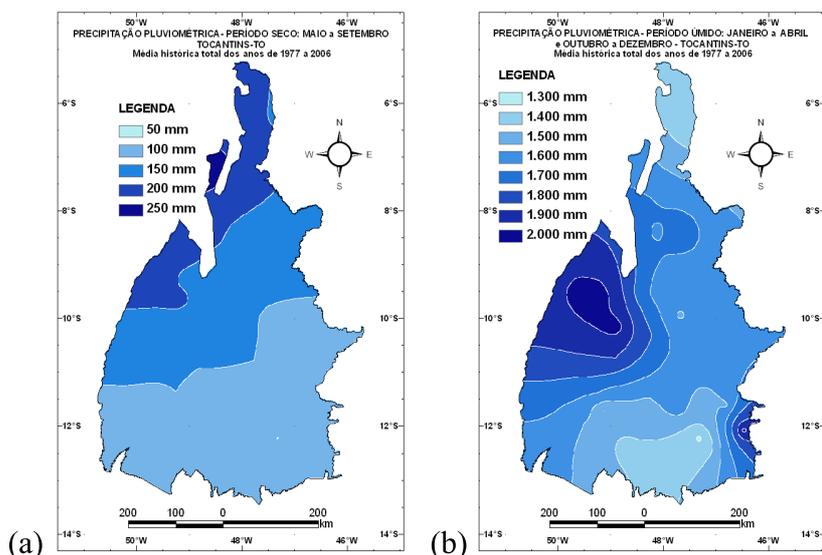


Figura 8. Precipitação pluviométrica total para o período seco (a) e para o período úmido (b), no bioma do Cerrado do estado do Tocantins, de 1977 à 2006.

4. Conclusões

Neste trabalho, analisou-se a distribuição espaço-temporal e a sazonalidade dos índices pluviométricos no bioma do Cerrado do estado do Tocantins.

O estudo da distribuição sazonal das chuvas no bioma do Cerrado do Tocantins mostra que o período chuvoso se estende de outubro a abril e o período seco entre maio e setembro.

Na análise estatística dos dados no estado do Tocantins, para o período de estudo e segundo a média histórica de 1977 a 2006, pode-se verificar que há uma maior percentagem de anos secos, 37,6%, do que de anos úmidos, 62,4%.

Na análise das chuvas totais sazonais observou-se que nos meses de setembro a maio a porção norte e noroeste permaneceu com os maiores valores pluviométricos. Já de janeiro a abril teve-se os maiores valores pluviométricos as regiões centro-oeste e noroeste.

Fica evidente a necessidade de mais estudos relacionados ao comportamento atmosférico, com ênfase a precipitação pluviométrica, para corroborar com o planejamento e zoneamento

no estado do Tocantins e para melhorar o aproveitamento dos recursos naturais em vista ao uso sustentável.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

Assad, E. D.; Sano, E. E.; Masutomo, R.; Castro, L. H. & Silva, F. A. M. Veranicos na região dos Cerrados brasileiros frequência e probabilidade de ocorrência. In: **Chuva nos Cerrados**. Assad, E. D. (Coordenador). BRASIL/EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias/centro de Pesquisas Agropecuárias do Cerrado-CPAC, 423 p. Brasília/DF, 1994.

ATLAS DO TOCANTINS. **Atlas do Tocantins: Subsídios ao Planejamento da Gestão Territorial**. Secretaria do Planejamento – SEPLAN. Superintendência de Planejamento e Gestão central de Políticas Públicas. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. Organizado por DIAS R.R., PEREIRA E.Q. E DOS SANTOS L.F.. 5 ed. rev. atu. Palmas: SEPLAN, 2008.

Britto, F.; Barletta, R.; Mendonça, M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Associação Brasileira de Climatologia. Presidente Prudente, SP. v. 02, n. 02., pp. 35-51, 2006.

Casarim, D.P. Um estudo observacional sobre os sistemas de bloqueio no hemisfério sul. In: **Chuva nos Cerrados**. ASSAD, E. D. (Coordenador), Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – EMBRAPA/centro de Pesquisas Agropecuárias do Cerrado – CPAC, 423p. Brasília/DF, 1983.

Guimarães, E. C.; Oliveira, J. A.; Tavares, M Comportamento espacial de chuvas de verão no estado de Minas Gerais. In. Simpósio de Estatísticas Aplicada à Experimentação Agronômica, 11.; 2005, Londrina. **Anais**.Londrina: RBRAS., v.1. pp. 1-5, 2005.

Mauget, S.U.M Índice padronizado de precipitação (SPI); C. SPRINGER SCIENCE, 2005

Monteiro, C. A. F Notas para o estudo do clima do centro-oeste brasileiro. Rio de janeiro, **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13, n. 1, pp.3-46, 1951.

Oliveira, L. F. C.; Cortês, F. C.; Wehr, T. R.; Borges, L. B.; Sarmento, P. H. P.;

TOCANTINS Portal de Informações e Serviços do estado do Tocantins [homepage]. Características Tocantins.[citado em 21 maio 2010]. Disponível em: <http://to.gov.br/tocantins/2>, 2010.