

ANO HIDROLÓGICO E ESPACIALIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DOS PERÍODOS ÚMIDO E SECO NO PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE

Francisco F. N. Marcuzzo^{1}*

Resumo – A região do pantanal sul-mato-grossense recebe influência de importantes sistemas atmosféricos da América do Sul e com mais de um tipo de regime pluviométrico, por conseguinte obtendo-se relevância nos estudos de sua precipitação pluviométrica temporal e espacial. O objetivo deste trabalho foi determinar o ano hidrológico e geoespacializar o volume total precipitado nos períodos seco e úmido do bioma do Pantanal Guaicuru. Para o tratamento estatístico calculou-se as médias temporais da precipitação para um período de 30 anos, o qual serve para classificar períodos de anos secos ou úmidos, de acordo com a média local. O método de interpolação matemática utilizada na espacialização do volume de chuva, nos períodos seco e úmido, foi o *Topo to Raster*. Verificou-se para o período seco, de junho a agosto, que o maior volume precipitado esta na parte sul do Pantanal Guaicuru. Já para o período úmido, de setembro a maio, o maior volume de chuva esta em sua parte sudeste. O estudo da distribuição sazonal das chuvas no Pantanal do estado do Mato Grosso do Sul mostrou que no período úmido chove cerca de 90% do volume total de todo o ano hidrológico.

Palavras-Chave – Chuva; Hietograma; Climatologia.

HYDROLOGICAL YEAR AND SPATIALIZATION OF PANTANAL'S RAINFALL IN WET AND DRY PERIODS IN MATO GROSSO DO SUL

Abstract – The region's wetland of Mato Grosso Sul receives influence of important weather systems in South America and with more than one type of rainfall cycle, therefore obtaining relevance in their studies of temporal and spatial rainfall. The aim of this study was to determine the hydrologic year and the total volume precipitate spatialized in the biome Pantanal Guaicuru during dry and wet cycle. For statistical treatment was calculated temporal averages of rainfall over a period of 30 years, which serves to classify periods of years dry or wet, according to the local average. The interpolation method used in mathematics spatialization volume of rain during the dry and wet, was the top to Raster. It was found during the dry season, from June to August, the biggest volume this precipitate in the southern part of the Pantanal Guaicuru. As for the wet season, from September to May, the bulk of this rain in its eastern and south. The study of the seasonal distribution of rainfall in the Pantanal of Mato Grosso do Sul showed that during the wet season rains about 90% of the total volume of the entire hydrological year.

Keywords – Rainfall; Hyetogram; Climatology.

1. INTRODUÇÃO

O Pantanal Guaicuru possui, em sua área de contribuição (drenagem), importantes cursos d'água afluentes do rio Paraguai, merecendo, por conseguinte, estudos mais aprofundados de sua pluviometria e da espacialização de precipitação pluviométrica nos períodos úmidos e secos.

^{1*} CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil) – Rua Banco da Província, nº 105 - Santa Tereza - CEP 90840-030, Porto Alegre/RS. Tel.: (51) 3406-7324. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br.

Devido a sua importante localização na grande bacia do rio Paraná o estudo da caracterização do ano hidrológico do Pantanal Guaicuru e de sua espacialização, são de contundente importância para um melhor entendimento climatológico visando um melhor gerenciamento da geração de energia e da produção agropecuária deste bioma.

O Pantanal por sua biodiversidade é uma importante área inundável. Inundações rasas e recorrentes ocupam cerca 80% do Pantanal que periodicamente transbordam criando um complexo de habitats sazonais (MAMEDE *et al.*, 2006).

A precipitação pluviométrica é um dos elementos meteorológicos que exerce maior influência sobre as condições ambientais. Além do efeito direto sobre o balanço hídrico, exerce influência indiretamente sobre outras variáveis como: temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar e a radiação solar, que no conjunto atuam como fatores básicos para crescimento e desenvolvimento das plantas (EMBRAPA, 2002).

Em um estudo de precipitação pluviométrica mensal provável em Boa vista, estado de Roraima, Araújo *et al.* (2001) observaram que além do conhecimento da precipitação pluvial, é importante conhecer o balanço hídrico climático, o qual indica a disponibilidade de água para as plantas em dado tipo de solo.

Com base em um estudo sobre a precipitação irregular do nordeste do Brasil, observou-se a necessidade do monitoramento pluviométrico por meio de emprego de índices climáticos. Com base neles, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos secos ou chuvosos, com informações anuais, sazonais ou mensais, com as quais se podem conhecer profundamente a climatologia de uma região, e verificar os impactos que o clima global causa sobre a distribuição pluviométrica local (DA SILVA, 2009).

Mello *et al.* (2008), em um estudo de continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais, observaram que um dos principais ramos de pesquisa em hidrologia e climatologia consiste da aplicação do geoprocessamento, por meio da análise de técnicas para uma melhor interpolação espacial da chuva intensa, gerando mapas com boa aplicabilidade aos projetos.

O processo mais utilizado para essa representação é o traçado das isoietas, que são curvas que unem os pontos de igual altura de precipitação para um período determinado. O conhecimento do regime pluviométrico geral da região e dos fatores que podem influenciar na distribuição é imprescindível para um traçado razoável das curvas isoietas (GARCEZ *et al.*, 1998). Mello *et al.* (2003), trabalhando com krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros de equação de chuvas intensas, observaram que para estimar os parâmetros de chuvas intensas trabalha-se com regressão múltipla não linear utilizando-se séries históricas de dados de chuvas máximas com vários tempos de duração, extraídos de pluviogramas cotados. Quando não se dispõe deste instrumento, pode-se trabalhar com dados pluviométricos de chuvas máximas diárias anuais aplicando-se o processo de desagregação de chuvas, que é bastante comum.

O presente estudo teve o objetivo de determinar o ano hidrológico e geoespacializar o volume total precipitado nos períodos seco e úmido do bioma do Pantanal Guaicuru, utilizando médias temporais da precipitação pluviométrica de uma série histórica de 30 anos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da vegetação, clima e dos mecanismos de formação de chuvas no Pantanal

Os 11 municípios presentes no Pantanal sul-mato-grossense (Figura 1), com parte ou todo território na área, totalizam uma população de 278.262 habitantes (IBGE, 2007).

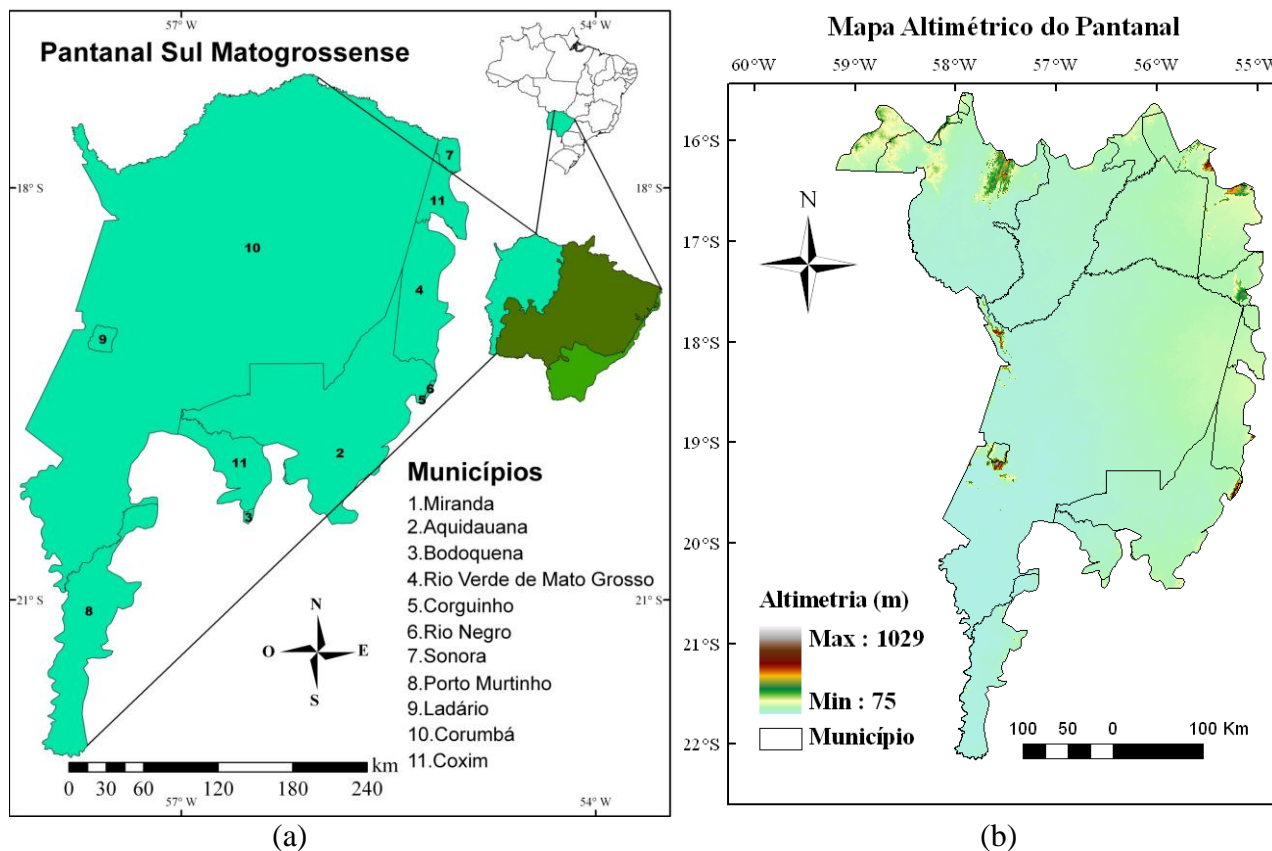


Figura 1. Localização da área de estudo (Pantanal sul-mato-grossense e seus municípios) e altimetria do bioma Pantanal.

A variação total altimétrica do bioma Pantanal vai de 75 m a 1029 m (Figura 1), totalizando uma variação altimétrica de 954 m.

A cobertura vegetal do estado do Mato Grosso do Sul apresenta três tipos, sendo a mata atlântica o mais prejudicado dos biomas, restando ocorrência apenas 22% de sua formação vegetal original, o bioma cerrado por sua vez, encontra-se em situação semelhante, pois restam somente 32% de sua vegetação original. Já a região pantaneira encontra-se em situação diferente onde se registra a ocorrência de cerca de 91% da ocorrência de sua cobertura vegetal original (SEMAC, 2009), ocupa 1,76% do território brasileiro (IBGE, 2004) com uma área de aproximadamente 150,355 km² sendo 20% deste total encontrado no estado do Mato Grosso do Sul.

No Pantanal sul-mato-grossense localiza-se uma das doze regiões hidrográficas do Brasil (região hidrográfica do Paraguai), que ocupa uma área de 187.636,301 km² representando 52,54% da área total do estado do Mato Grosso do Sul (SEMAC, 2009).

Por possuir uma posição geográfica intracontinental, o Pantanal sofre influências da dinâmica atmosférica que afeta a América do Sul, determinando assim um padrão climático do tipo clima tropical úmido (CAMPOS *et al.*, 2002).

O clima do Mato Grosso do Sul é o tropical semiúmido e, em algumas áreas, tropical de altitude, apresentando um verão chuvoso e inverno seco. Devido à posição longitudinal da América do sul, a dinâmica atmosférica da região está vinculada à atuação dos centros de ação inter e extratropicais positivos com suas altas pressões subtropicais e negativos, representados pelas depressões Amazônica e do Chaco. Estes centros negativos estão associados a duas massas de ar

ciclônicas que atuam com máxima intensidade no verão: massa equatorial continental e a tropical continental. Os encontros da massa equatorial continental com a polar atlântica são responsáveis pelas chuvas frontais (CAMPOS *et al.*, 2002).

2.2. Dados utilizados no estudo

Foram utilizados médias mensais e anuais (sazonais) de precipitação das séries históricas de dados pluviométricos do Pantanal sul-mato-grossense, obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional das Águas (ANA), também disponibilizados por Pinto *et al.* (2011). Estes dados foram submetidos a uma análise para avaliação das séries históricas e posteriormente consistidos. Foram utilizadas apenas as séries com, no mínimo, 30 anos de dados de sete postos de observação na região pantaneira sul-mato-grossense.

2.3. Determinação do ano hidrológico

Os estudos voltados à determinação do ano hidrológico necessitam da caracterização de períodos denominados de “seco” e “úmido”, ganhando importância a partir da proposta de Bagnouls e Gausson (1953). Estes autores propuseram um índice que indica, em função da variação média anual da temperatura do ar e da precipitação, os meses secos e úmidos.

A proposta inicial estabeleceu alguns critérios para determinação dos meses secos, sendo mês seco aquele no qual:

- registram-se menos de 10 mm de chuva, a uma temperatura média inferior a 10 °C;
- menos de 25 mm de chuva, a uma temperatura média compreendida entre 10 a 20 °C;
- menos de 50 mm de chuva, a uma temperatura média compreendida entre 20 a 30 °C;
- menos de 75 mm de chuva, a uma temperatura média superior a 30 °C. Esta definição descontínua exprime-se, no entanto de forma contínua, por meio de uma reta indicando que mês seco é considerado aquele em que o total mensal das precipitações (quantificada em mm) é igual ou inferior que o dobro da temperatura média (expressa em graus Celsius).

2.4. Interpolação matemática dos dados

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 MDE (Modelo Digital de Elevação) hidrológicamente corretos, contudo alguns estudos o indicam como o melhor para a interpolação de dados climatológicos (MARCUSO *et al.*, 2011), onde a interpolação pode ser feita em programas de sistema de informação geográfica. O programa interpola os dados de clima em uma grade regular, de modo interativo, 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).

Segundo Marcusso *et al.* (2011), 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:

$$w_i = \frac{hs_i}{\sqrt{12}} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{(z_1 - f(x_i, y_i))}{w_i} \right]^2 + \lambda J(f) \quad (3)$$

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. Marcuzzo *et al.* (2011) citam que 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. Ano hidrológico do Pantanal sul-mato-grossense

Para o Pantanal sul-mato-grossense, conforme observado no histograma da Figura 2, verifica-se uma sazonalização de período seco e úmido para as médias da serie histórica 1977 a 2006.

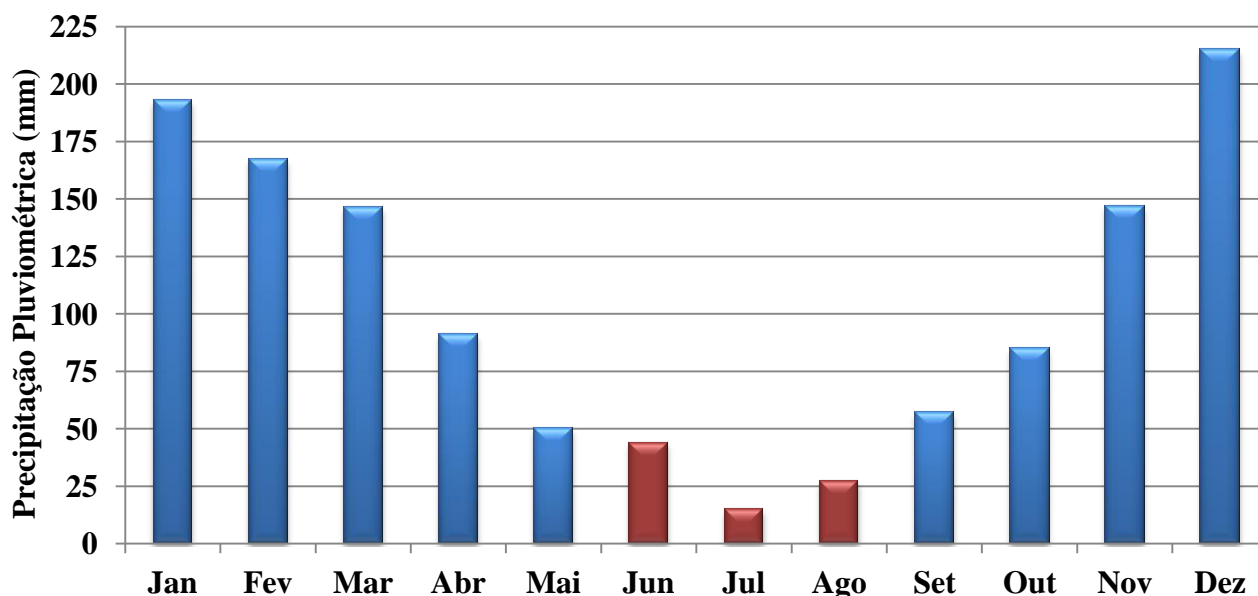


Figura 2. Histograma das médias dos totais mensais da precipitação do período histórico de 1977 a 2006 para o Pantanal sul-mato-grossense.

Nota-se que o ano hidrológico no Pantanal sul-mato-grossense começa em setembro e termina em agosto (Figura 2). Segundo a metodologia descrita por Bagnouls e H. Gaussen (1953), o período úmido vai de setembro até maio e o seco vai de junho até agosto.

3.2. Espacialização da precipitação pluviométrica nos períodos seco e úmido

A média mensal dos nove meses do período úmido, que vai de setembro a maio no Pantanal sul-mato-grossense, e seu total (Figura 3 (a) e (b)), registraram próximo da região da Serra da Bodoquena, valores de precipitação pluviométrica de 180 e 1600 mm, para média mensal dos nove meses e seu total.

No período úmido (Figura 3), os menores valores de precipitação pluviométrica no bioma do Pantanal Guaicuru estão na parte oeste, nos municípios de Corumbá e Ladário (Figura 1), totalizando uma total precipitado, de oeste para leste, que vai de 900 até 1300 mm. Já os maiores valores precipitados no período úmido do Pantanal Guaicuru, estão no extremo sudeste, obtendo valores, de oeste para leste, que vão de 1400 a 1600 mm.

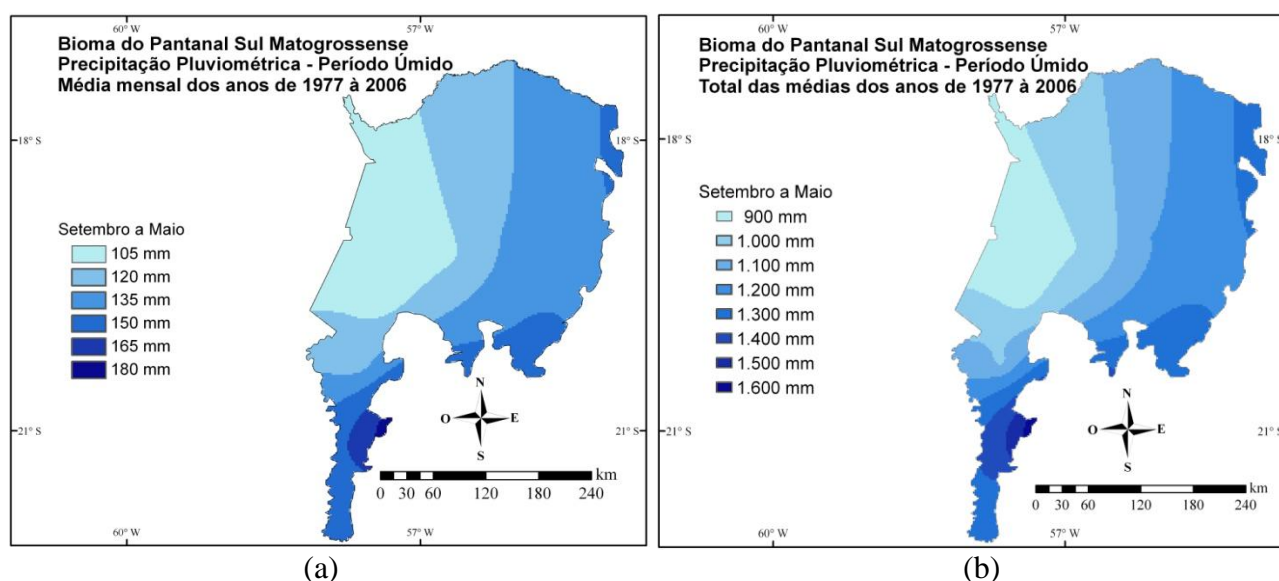


Figura 3. Precipitação pluviométrica média mensal (a) e total (b) para o período úmido do Pantanal sul-mato-grossense.

O trimestre junho a agosto (Figura 4 (a) e (b)), caracterizado como período seco, apresenta índices de precipitação máxima de 45 mm para média mensal. Na Região norte do Pantanal sul-mato-grossense, o índice de precipitação total da média registrou para esses meses secos índices de 60 a 135 mm de precipitação.

No período seco (Figura 4), os menores valores de precipitação pluviométrica no bioma do Pantanal Guaicuru estão na parte central e norte, nos municípios de Corumbá, Ladário, Sonora, Coxim e Rio Verde de Mato Grosso (Figura 1), totalizando um total precipitado, de norte para o centro, que vai de 60 até 90 mm. Já os maiores valores precipitados no período seco do Pantanal Guaicuru, estão no extremo sul, obtendo valores, de oeste para leste, que vão de 105 a 135 mm.

Com as possíveis mudanças climáticas globais, a frequência, durabilidade e intensidade dos períodos seco e chuvoso sofrem alternância, no entanto não são observadas tendências sistemáticas em longo prazo que induza a condições mais secas ou chuvosas, sendo mais importantes variações interanuais. Os ventos frios vindos da região sul do país, com origem antártica no inverno (período seco na região), não alcançam todo o bioma, se localizando mais ao sul da área estudada.

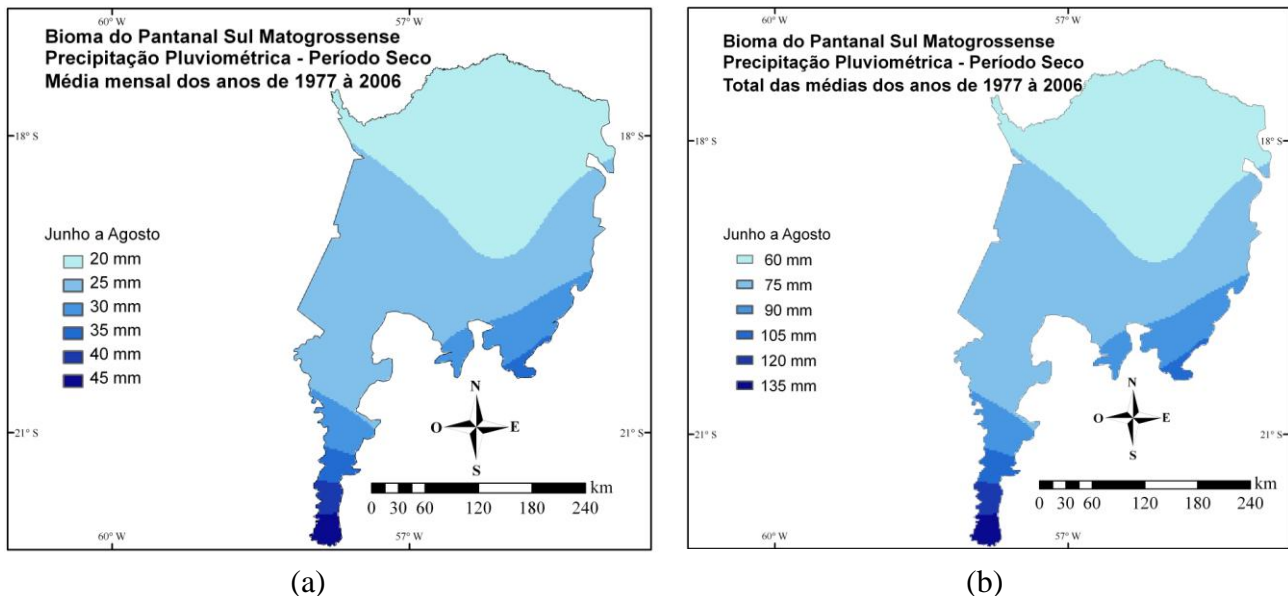


Figura 4. Precipitação pluviométrica média mensal (a) e total (b) para o período seco do Pantanal sul-mato-grossense.

4. CONCLUSÕES

O estudo da distribuição sazonal das chuvas no bioma do Pantanal, no estado do Mato Grosso do Sul, mostrou que a período úmido se estende de setembro a maio com cerca 90% de sua precipitação anual, tendo como início do seu ano hidrológico o mês de setembro.

A análise dos dados de precipitação pluviométrica no bioma Pantanal Guaicuru apontou variação espacial significativa quanto aos maiores e menores índices de precipitação. Houve uma maior variação espacial do volume precipitado no período úmido em relação ao período seco.

AGRADECIMENTO

O autor agradece a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Empresa Pública do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE J. A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. (2001). Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. vol. 5, n. 3, pp. 563-567. Disponível: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662001000300032&lng=en&nrm=iso. Acesso em 28 de fevereiro de 2010.
- BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. (1953). *Saison Sèche et Indice Xéothermique*. Docum. pour les Cartes des Prod. Végét. Série: Généralité, 1: 1-49.
- CAMPOS, A. B.; LUIZ G. C.; MACEDO R. A. R; PEIXOTO V. M. (2002). *Análise Comportamental Espacial e Temporal das Temperaturas e Pluviosidades no Estado de Goiás*. Gráfica UFG.

DA SILVA, D. F. (2009). Análise de aspectos climatológicos, agro econômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE). Tese (Doutorado em Recursos naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2002). Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - *Análise da Distribuição da Frequência Mensal de Precipitação para a Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil*. Disponível: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP34.pdf>. Acesso em 19 de agosto de 2010.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. (1998). *Hidrologia*. São Paulo, Edgard Blucher LTDA, 291p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística. (2004). *Comunicação Social – Mapas de biomas e de Vegetação*. Disponível: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia=169. Acesso em 20 de agosto de 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística. (2007). *Contagem da População – População recenseada e estimada segundo os municípios – Mato Grosso do Sul*. Disponível: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final/tabela1_1_24.pdf. Acesso em 20 de agosto de 2010.

MAMEDE, S. B.; ALHO, C. J. R. (2006). Response of wild mammals to seasonal shrinking-and-expansion of habitats due to flooding regime of the Pantanal, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. vol. 66, n. 4, pp. 991-998. Disponível: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842006000600006&lng=en&nrm=iso. ISSN 1519-6984. doi: 10.1590/S1519-69842006000600006. Acesso em 19 de julho de 2007.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. (2011). Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, n. 4, p. 793-804. Disponível em: <http://www.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/197/204>. Acesso em 20 de agosto de 2012.

MELLO, C. R. LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. (2003). Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. vol. 27, n. 5, pp. 925-933. MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; MELLO, J. M.; SILVA, A. M. (2010). Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. *Ciência Agrotecnica*. 2008, vol. 32, n. 2, pp. 532-539.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). (2011). *Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos*. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Equipe Executora: Andressa M. S. de Azambuja; Margarida R. da Costa; Carlos Eduardo de O. Dantas; José Alexandre M. Farias; Érica C. Machado; Francisco F. N. Marcuzzo; Vanesca S. Medeiros; Denise C. de Rezende Melo; Jean R. da S. do Nascimento; Paulo de Tarso R. Rodrigues; André Luis M. R. dos Santos; Adriana B. Weschenfelder; Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade.

SEMAC - Secretaria de estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia (2009) - Superintendência de Planejamento. Campo Grande, Mato Grosso do Sul. *Plano Estadual de Gestão Estadual dos Recursos Hídricos*.