

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA SAZONALIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MATO GROSSO DO SUL E ESTUDO DE ANOMALIAS INTERANUAL

SPATIAL DISTRIBUTION OF SEASONAL RAINFALL ON MATO GROSSO DO SUL STATE AND STUDY OF RAIN ANOMALY INER-YEAR

DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLA STAGIONALITÀ DELLE PRECIPITAZIONI NEL MATO GROSSO DO SUL E STUDIO DI ANOMAILIA INTER-ANNUALE

Francisco F. N. Marcuzzo
Companhia de Pesquisa de
Recursos Minerais (CPRM), Serviço Geológico
do Brasil, do Ministério de Minas e Energia.
fmarcuzzo@gmail.com

RESUMO

Sobre o território do estado do Mato Grosso do Sul acontece a passagem de importantes sistemas atmosféricos da América do Sul, o que resulta em grande diversidade pluviométrica sazonal. Com o objetivo de analisar a variação sazonal da precipitação pluvial no estado do Mato Grosso do Sul, realizou-se um estudo da variabilidade espacial e temporal das chuvas, analisando os resultados com auxílio do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Foram utilizadas médias mensais e anuais sazonais de precipitação das séries históricas de dados pluviométricos obtidos de dados publicados pelo Serviço Geológico do Brasil. A interpolação matemática utilizada, para espacialização do volume precipitado no período úmido e seco, foi o *Topo to Raster*. No tratamento estatístico calcularam-se as médias temporais da precipitação para o período de 30 anos, necessárias para o cálculo do IAC, o qual serve para classificar períodos de anos secos ou úmidos de acordo com a média local. No período seco os maiores volumes precipitados estão no sul do estado, onde se localiza o bioma da Mata Atlântica. Como principal resultado, determinou-se que o ano hidrológico no estado do Mato Grosso do Sul inicia-se em setembro, sendo o seu período úmido de setembro a maio e o período seco de junho a agosto.

Palavras-chave: Chuva, Topo to Raster, Índice de Anomalia de Chuva, Ano Hidrológico, Interpolação.

ABSTRACT

On the territory of the state of Mato Grosso do Sul happens the passage of important atmospheric systems in South America, resulting in great diversity seasonal rainfall. With the objective of analyzing the seasonal variation of rainfall in the state of Mato Grosso do Sul, its performed a study of spatial and temporal variability of rainfall, analyzing the results with the aid of Rainfall Anomaly Index (RAI). It was used monthly mean seasonal and annual rainfall series of historical rainfall data obtained from data published by the Geological Survey of Brazil. The mathematical interpolation used for the spatial rainfall volume during wet and dry, was the *Topo to Raster*. In the statistical averages are calculated temporal rainfalls for the period of 30 years, required for the calculation of the RAI, which serves to classify periods of dry or wet years according to local media. In the dry period the largest volumes are precipitated in the southern state, where is the Atlantic Forest biome. As a main result, it was determined that the hydrological year in the state of Mato Grosso do Sul starts in September, and its wet season from September to May and the dry season from June to August.

Keyword: Rainfall, Topo to Raster, Rain Anomaly Index, Hydrological Year, Interpolation.

RIASSUNTO

Sul territorio dello stato del Mato Grosso do Sul avviene il passaggio di importanti sistemi atmosferici in Sud America, con conseguente grandi piogge diversità stagionali. Con l'obiettivo di analizzare la variazione stagionale delle precipitazioni nello stato del Mato Grosso do Sul, abbiamo effettuato uno studio della variabilità spaziale e temporale delle precipitazioni, l'analisi dei risultati con l'aiuto di Indice Anomailia Pioggia (IAP). Abbiamo usato mensile media delle precipitazioni stagionali e annuali serie di dati

pluviométrici storici ottenuti dai dati pubblicati dal Servizio Geologico del Brasile. L'interpolazione matematica utilizzata per il volume precipitazioni spaziale durante umido e secco, è stato il top a raster. Nelle medie statistiche sono calcolate precipitazioni temporali per il periodo di 30 anni, necessario per il calcolo della IAP, che serve a classificare i periodi di anni a secco o ad umido secondo i media locali. Nel periodo secco i maggiori volumi sono precipitati nello Stato meridionale, dove è il bioma Foresta Atlantica. Il risultato principale, è stato stabilito che l'anno idrologico nello stato del Mato Grosso do Sul inizia nel mese di settembre, e la sua stagione umida da settembre a maggio e la stagione secca da giugno ad agosto.

Parole Chiave: Pioggia, Topo to Raster, Indice Anomalia Pioggia, Anno Idrologico, Interpolazione.

INTRODUÇÃO

No território do estado Guaicuru acontece à passagem de importantes sistemas atmosféricos da América do Sul, o que resulta em grande diversidade pluviométrica sazonal, justificando sua análise sazonal para determinação do ano hidrológico, o estudo da sua espacialização e de possíveis anomalias no decorrer dos anos.

Furlan 2009, em um estudo da variabilidade temporal e espacial das chuvas no estado de Rondônia, relatou que os atuais índices de desmatamento em Rondônia, ocorridos nos últimos 30 anos, são suficiente para contribuir para a modificação do regime hídrico e pluviométrico. O autor utilizou 29 postos pluviométricos, com dados obtidos da Agência Nacional das Águas (ANA), concluindo que as análises de tendência não identificaram mudanças no regime pluviométrico no período analisado.

Em estudo realizado na sub-bacia 63, cuja parte do território esta no estado sul-mato-grossense, Marcuzzo e Cardoso (2013) determinaram que no período seco da sub-bacia 63, que vai de junho a agosto (final de outono e inverno), o total pluviométrico precipitado médio varia de 50 a 175 mm, sendo que a precipitação tende a aumentar do norte para o sul da sub-bacia. Os mesmos autores determinaram que no período úmido da sub-bacia 63, que vai de setembro a maio (final de inverno a outono), o total pluviométrico precipitado médio varia de 1000 a 1600 mm, sendo que a precipitação tende a ser maior nos divisores de água (principalmente na porção norte) e menores no centro-leste e extremo sul da sub-bacia (próximo ao rio Paraná, que é a divisa entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul).

Estudando a sazonalidade e distribuição espaço-temporal das chuvas no bioma do Cerrado do estado do Mato Grosso do Sul, Marcuzzo *et al.* (2012) notaram que o Cerrado Sul-Mato-Grossense tem seu ano hidrológico começando no mês de setembro, sendo de setembro a maio meses úmidos e de junho a agosto os meses secos.

Na mata Atlântica Sul-Mato-Grossense, Mello *et al.* (2011) verificaram que choveu mais na parte sul durante o período analisado. Os autores relataram que isso ocorreu porque no extremo sul do Mato Grosso do Sul o clima é do tipo tropical de altitude, que no Brasil sofre maior influência da massa de ar tropical atlântica, uma massa de ar quente e úmida, o que traz muita chuva para a região. Alterações climáticas denotam a importância de estudos na detecção de tendências ou alterações nas séries temporais hidrometeorológicas.

Segundo Cardoso e Marcuzzo (2010), a região onde se encontra a bacia do rio Paraguai apresentam dois períodos distintos em relação à precipitação. Um período seco, que vai de junho a agosto e um período úmido, de setembro a maio, sendo que se pode considerar os meses de setembro e maio como meses de transição, onde se enquadrariam em um meio termo, não sendo nem seco nem úmido.

Valeriano *et al.* (2013), em um estudo das relações entre a distribuição da precipitação e o relevo da bacia do alto Paraguai indicaram a existência de uma correlação positiva entre os níveis pluviométricos e a altitude na região do Pantanal e seu entorno, sobretudo nos períodos mais chuvosos. Porém, tal correlação não pôde ser aproveitada de imediato para o aprimoramento das técnicas de especialização de dados de chuva, embora tenha sido importante para sanar artefatos em áreas de poucos postos de observação.

Em um estudo temporal e espacialização mensal e anual das chuvas na parte brasileira da bacia do rio Paraguai, Cardoso e Marcuzzo (2012) determinaram que os meses referentes ao período úmido são setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio, enquanto os meses referentes ao período seco são junho, julho e agosto. Em ordem decrescente os meses mais chuvosos são janeiro (239 mm), dezembro (225 mm), fevereiro (203 mm), março (189 mm), novembro (166 mm), outubro (118 mm), abril (109 mm), setembro (66 mm), maio (59 mm), junho (25 mm), agosto (22 mm) e julho (14 mm).

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

Em um estudo de análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC, Araujo *et al.* (2007), perceberam semelhança entre o padrão de precipitação da região do Taperoá e Alto Paraíba, e das sub bacias do Médio e Baixo Paraíba, fato reforçado pelas correções lineares entre as precipitações dos pares de sub-bacia acima citados.

Santos *et al.* (2009), em um estudo de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de chuvas para o estado do Mato Grosso do Sul, observaram que a relação IDF de chuvas intensas, tem sido usada como ferramenta importante na previsão de eventos extremos empregados na elaboração de obras de drenagem, nos mais diversos campos da engenharia. No mesmo estudo relataram a grande variabilidade de valores de intensidade de precipitação observada nas regiões do estado, o qual evidencia a necessidade de consideração das informações locais para a realização de estudos e projetos hidráulicos, interferindo na segurança no dimensionamento e nos custos da obra.

Assim, nos estudos de interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância, Cecílio e Pruski (2003), ressaltam que a determinação das equações de chuvas intensas apresenta grandes dificuldades em função da baixa densidade da rede de pluviógrafos e do pequeno período de observações disponível. Além disso, a metodologia exige para sua obtenção, um exaustivo

trabalho de tabulação, análise e interpretação de uma grande quantidade de pluviogramas. Por esta razão, ainda hoje poucos trabalhos têm sido desenvolvidos com tal finalidade, constituindo grande entrave na realização de projetos de obras hidráulicas mais confiáveis e econômicos.

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 na aplicação do geoprocessamento. Por meio da análise de técnicas para uma melhor interpolação espacial das chuvas intensas, 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.

Em estudo sobre o IAC para o estado do Ceará, Repelli *et al.* (1998), concluíram que o índice proposto é apropriado para utilização em regiões semi-áridas e/ou tropicais, especialmente para a região Nordeste do Brasil. Observa-se a necessidade de mais estudos sobre precipitação pluviométrica utilizando o IAC nos demais estados e regiões do país.

Da Silva *et al.* (2007), ao utilizarem o IAC para verificar a variabilidade das chuvas na bacia do rio Mundaú (AL e PE), encontraram uma modificação no padrão de distribuição de precipitação. Antes de 1974, na sub-bacias do Médio Mundaú e Alto Mundaú, os anos foram mais secos e após 1974 foram mais úmidos, ocorrendo o contrário no Baixo Mundaú.

Este estudo teve como objetivo analisar a variação sazonal da precipitação pluvial no estado do Mato Grosso do Sul dos períodos úmidos e secos, e o comportamento da variabilidade temporal (anual) das chuvas, utilizando o cálculo estatístico do Índice de Anomalia de Chuva.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estado do Mato Grosso do Sul (Figuras 1 e 2), com dois milhões de habitantes distribuídos em 78 municípios (SEMAG, 2009), ocupa a parte sul do Centro-Oeste do Brasil e seus limites geográficos são: ao norte, os estados de Mato Grosso e Goiás; ao leste, Minas Gerais, São Paulo e Paraná; ao sul, Paraná e o Paraguai e, a oeste, os países do Paraguai e Bolívia. A área total do estado é de 357.145,532 km².

No que se refere à cobertura vegetal, o estado apresenta três tipos: mata atlântica, cerrado e pantanal, sendo a mata atlântica o mais prejudicado dos biomas, a qual já perdeu quase toda sua área de ocorrência, restando apenas 22% de sua formação vegetal original. O bioma cerrado, por sua vez, encontra-se em situação semelhante, pois segundo o mesmo estudo, na região restam somente 32% de sua vegetação original. Já a região pantaneira registra-se a ocorrência de cerca de 91% da ocorrência de sua cobertura vegetal original (SEMAC, 2009)

No estado do Mato Grosso do Sul localizam-se duas das 12 regiões hidrográficas do Brasil: a do Paraguai, a oeste, e a do Paraná, a leste (Figura 2). A Região Hidrográfica do Paraguai, constituída pela bacia do rio Paraguai, ocupa uma área de 187.636,301 km² representando 52,54% da área total do estado. A região hidrográfica do Paraná, constituída pela bacia do rio Paraná, ocupa uma área total de 169.488,663 km², o que representa aproximadamente 47% da área total do estado (SEMAC, 2009).

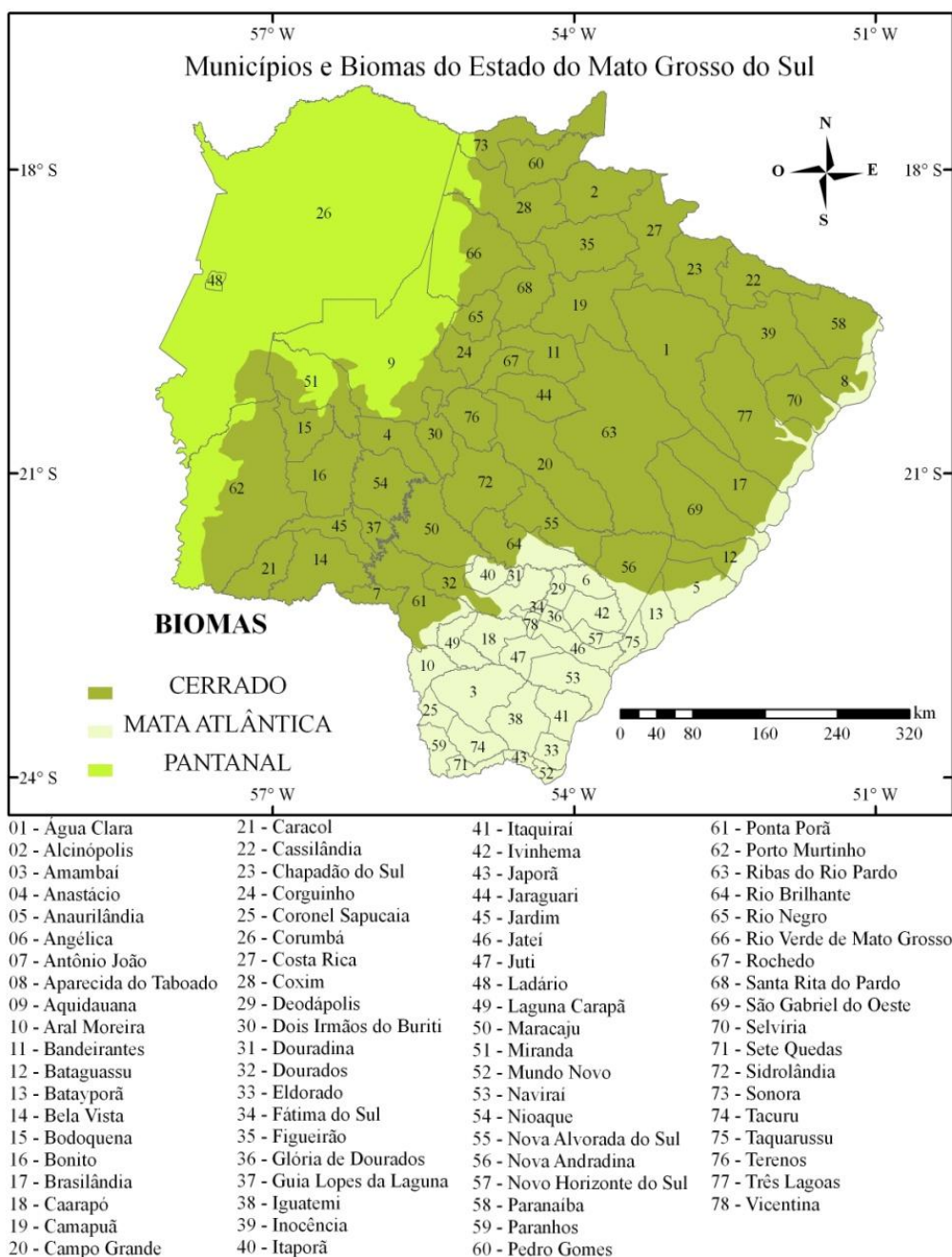


Figura 1 - Biomas, território e nome dos municípios do estado do Mato Grosso do Sul.

Por possuir uma posição geográfica intracontinental, a região Centro-Oeste sofre influências da dinâmica atmosférica que afeta a América do Sul, determinando assim um padrão climático do tipo tropical úmido.

A SEMAC (2008), em estudo sobre o Zoneamento Ecológico Econômico para o Mato Grosso do Sul concluiu que o clima predominante no estado é o tropical úmido, apresentando estação chuvosa no verão e nítida estação seca no inverno, com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C e precipitações superiores a 750 mm anuais.

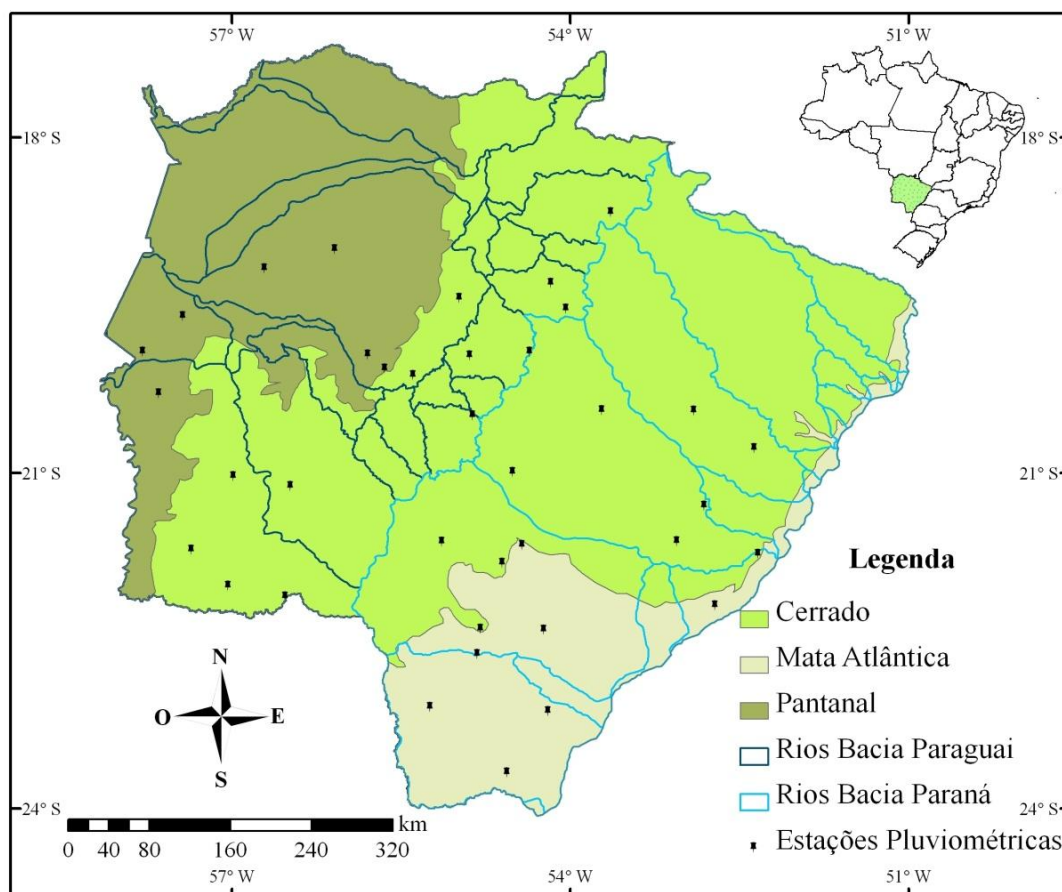


Figura 2 - Localização das estações pluviométricas (série histórica de 30 anos), divisão territorial dos biomas e bacias hidrográficas no estado do Mato Grosso do Sul.

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.

Dados de precipitação pluviométrica utilizados

Foram calculadas médias mensais e anuais sazonais, com séries históricas de dados pluviométricos obtidos do Atlas Pluviométrico do Brasil (PINTO *et al.*, 2011), publicado pela CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - empresa de pesquisa do Ministério de Minas e Energia). Utilizaram-se apenas as séries com 30 anos de dados diários, resultando em 37 pontos de observação no estado do Mato Grosso do Sul, distribuídos espacialmente (Figura 2).

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 (BAGNOULS e GAUSSEN, 1953):

- a) registram-se menos de 10 mm de chuva, a uma temperatura média inferior a 10 °C;
- b) menos de 25 mm de chuva, a uma temperatura média compreendida entre 10 a 20 °C;
- c) menos de 50 mm de chuva, a uma temperatura média compreendida entre 20 a 30 °C;
- d) 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).

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 (MARCUIZZO *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).

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:

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

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

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.

Cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Foram calculadas as médias temporais da precipitação para o período de estudo, necessárias para o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), o qual serve para classificar períodos secos ou úmidos de acordo com a média local. Utilizou-se neste trabalho o IAC desenvolvido e testado por Rooy (1965), o qual é apresentado pelas seguintes equações:

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas} \quad (4)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas} \quad (5)$$

em que, N - precipitação mensal atual (mm.mês^{-1}); \bar{N} - precipitação média mensal da série histórica (mm.mês^{-1}); \bar{M} - média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm.mês^{-1}) e \bar{X} - média das dez menores precipitações mensais da série (mm.mês^{-1}).

Quadro 1 - Classificação da pluviosidade para o estado do Mato Grosso do Sul segundo o Índice de Anomalia de Chuva.

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Classificação da Pluviosidade
$IAC \geq 4$	Extremamente Chuvoso
$4 > IAC \geq 2$	Muito Chuvoso
$2 > IAC > 0$	Chuvoso
$IAC = 0$	Nem Chuvoso Nem Seco (Sem Anomalia)
$0 > IAC > -2$	Seco
$-2 > IAC > -4$	Muito Seco
≤ -4	Extremamente Seco

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ano hidrológico do Mato Grosso do Sul

Para o estado Guaicuru, segundo o histograma da Figura 3, é apresentada a sazonalização, do período seco ao período úmido, para as médias na serie histórica 1977 à 2006, das 37 estações analisadas. A distinção feita pelo histograma da Figura 3 possibilita separar o período seco (junho a agosto) e período úmido (setembro a maio).

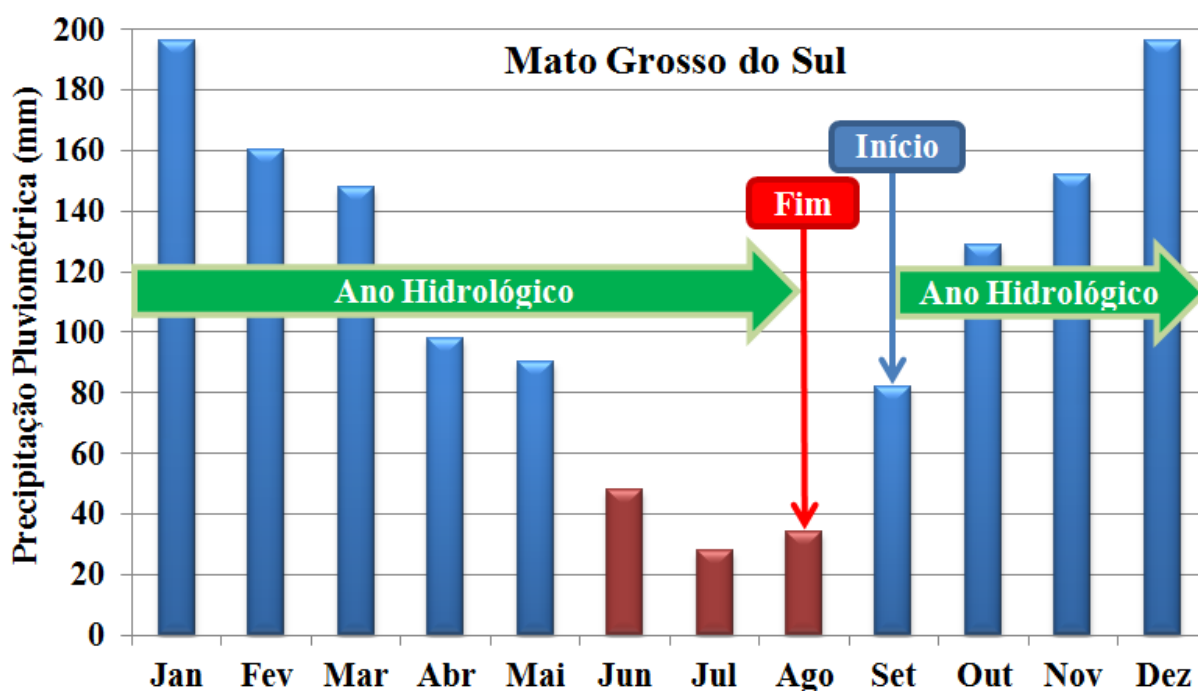


Figura 3 - Histograma dos totais médios mensais com sazonalização da precipitação para o estado do Mato Grosso do Sul.

Espacialização dos períodos úmido e seco no Mato Grosso do Sul

A média mensal e a média total do período úmido (Figura 4), referente aos meses de setembro a maio (período úmido, Figura 3), com os maiores índices de precipitação, respectivamente 240 e 2100 mm, foram

registradas na região sudoeste, região de cerrado (serra da bodoquena), confirmando serem chuvas orográficas.

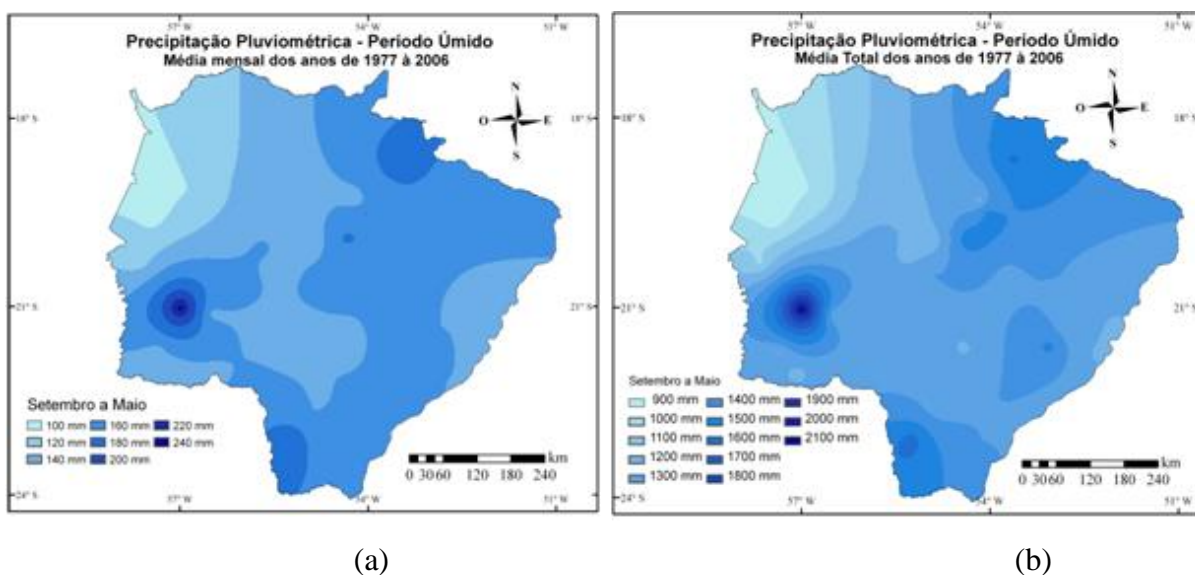


Figura 4 - Precipitação pluviométrica média mensal (a) e total (b) para o período úmido do estado do Mato Grosso do Sul, de 1977 à 2006.

O trimestre junho a agosto (Figura 5), caracterizado como período seco (Figura 3), apresenta índices de precipitação máxima de 240 mm predominantes na região sul (mata atlântica), com pequenas variações ate o centro do estado. Na região norte e oeste, com biomas cerrado e pantanal, o índice de precipitação média total registra para esses meses secos índices de 60 a 70 mm de precipitação.

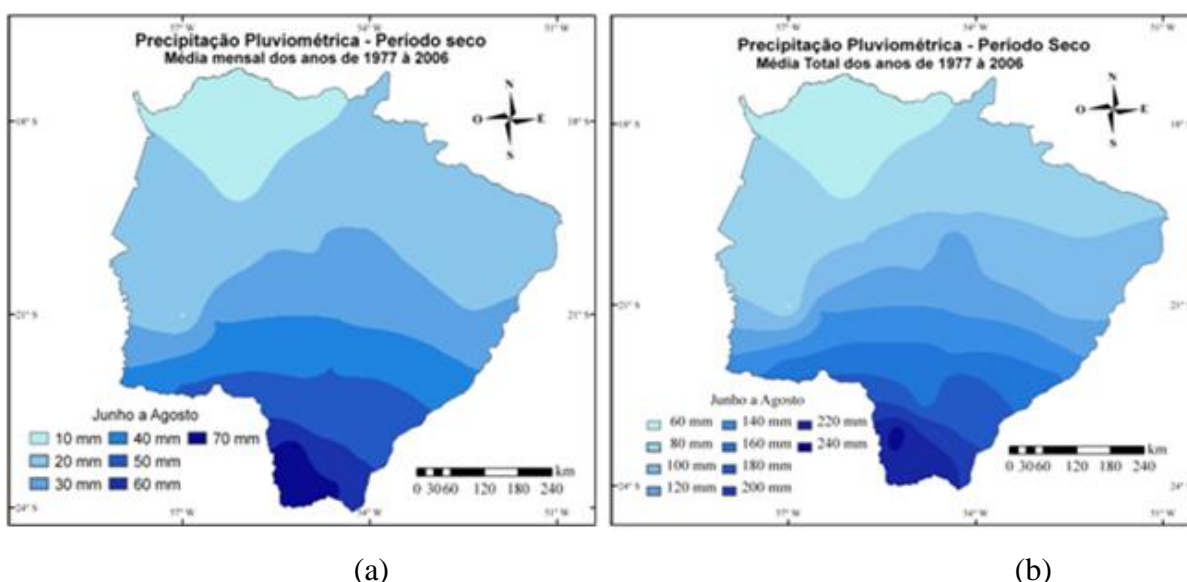


Figura 5 - Precipitação pluviométrica média mensal (a) e total (b) para o período seco do estado do Mato Grosso do Sul, de 1977 a 2006.

Análise do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Com base na análise dos histogramas de IAC da série histórica de 30 anos, para 37 estações pluviométricas distribuídas no estado do Mato Grosso do Sul, segundo Quadro 1, observa-se para o mês de janeiro na Figura 6 (a), que ocorreram 12 anos úmidos, sendo: seis anos como chuvoso, cinco anos como muito chuvoso e o ano de 1989, caracterizado como extremamente chuvoso. Para os outros dezoito anos: quatorze anos como chuvosos, dois anos como muito chuvoso (1998 e 2004) e os anos de 1982 e 2000 como extremamente secos.

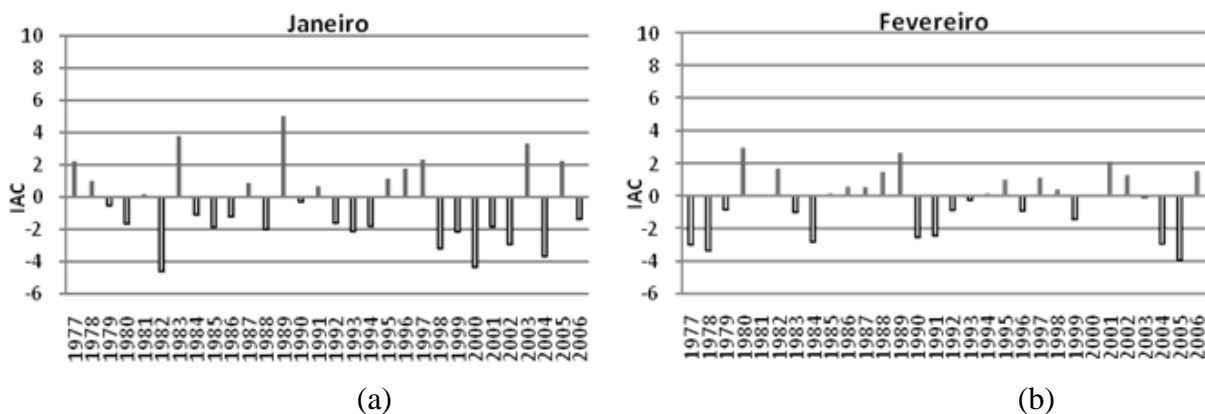


Figura 6 - Índice de Anomalia de Chuva dos meses de janeiro (a) e fevereiro (b), no estado do Mato Grosso do Sul, referente à série histórica de 1977 a 2006.

No mês de fevereiro (Figura 6 (b)), os anos de 1980, 1989 e 2001, segundo a classificação do IAC (Quadro 1), foram anos muito chuvosos, com ocorrência de mais onze anos chuvosos. Para a mesma série histórica: sete anos foram caracterizados pelo IAC como secos e os outros sete anos como muito secos.

O mês de março (Figura 7 (a)), na mesma série histórica, registrou 1982 como um ano extremamente chuvoso (Quadro 1), três anos muito chuvosos (1985, 1992 e 2000), e os demais oito anos do período úmido como chuvosos. Em 2005 o ano segundo o IAC (Quadro I), foi extremamente seco, 1978, 1979, 1981, 1997, 2002 e 2004 foram anos muito secos e os outros oito anos da série histórica foram secos. No mês de Abril, mostrado na Figura 7 (b), o ano de 1992 foi extremamente chuvoso, quatro anos como muito chuvosos e os outros quatro anos do período úmido foram classificados através do IAC como chuvosos. Para o mesmo mês, catorze anos foram classificados como secos, quatro como muito secos, com ocorrência de extremamente seco ($IAC < -4$) em 2002.

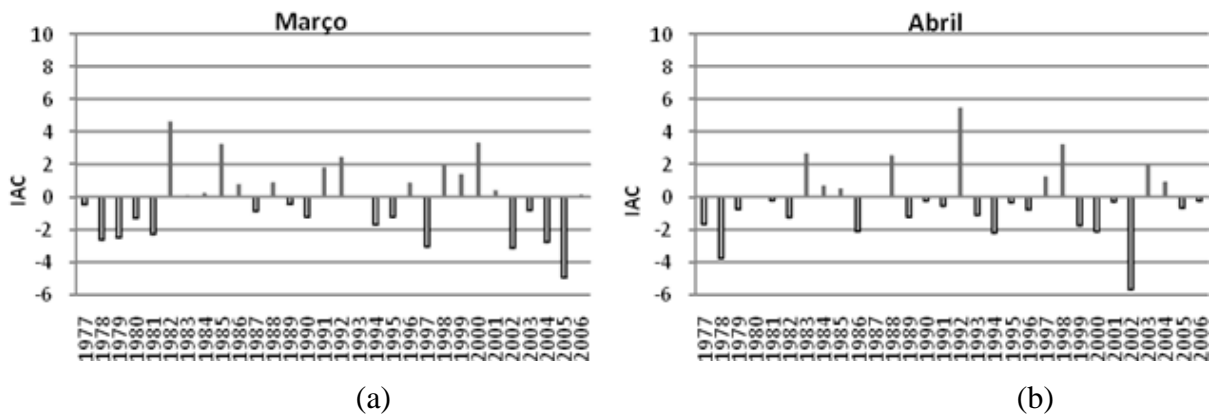


Figura 7 - Índice de Anomalia de Chuva dos meses de março (a) a abril (b), no estado do Mato Grosso do Sul, referente à série histórica de 1977 a 2006.

Na Figura 8 (a), conforme o IAC (Quadro 1) é possível observar que no mês de maio ocorreram três anos extremamente chuvosos (1983, 1992 e 2004) e os demais anos do período úmido, nove anos, classificados como: dois muito chuvosos e sete chuvosos. Para o período mais seco: o ano de 1981 foi extremamente seco, seis foram anos muito secos e os demais onze anos secos. No mês de junho, Figura 8 (b), 1982 e 1997 foram anos extremamente chuvosos, um ano como muito chuvoso (1981) e os outros nove anos do período úmido foram classificados como chuvoso. Nos dezesseis anos do período mais seco, 1979, 1996 e 2002 foram anos extremamente secos, enquanto os outros catorze ficaram entre muito seco e seco.

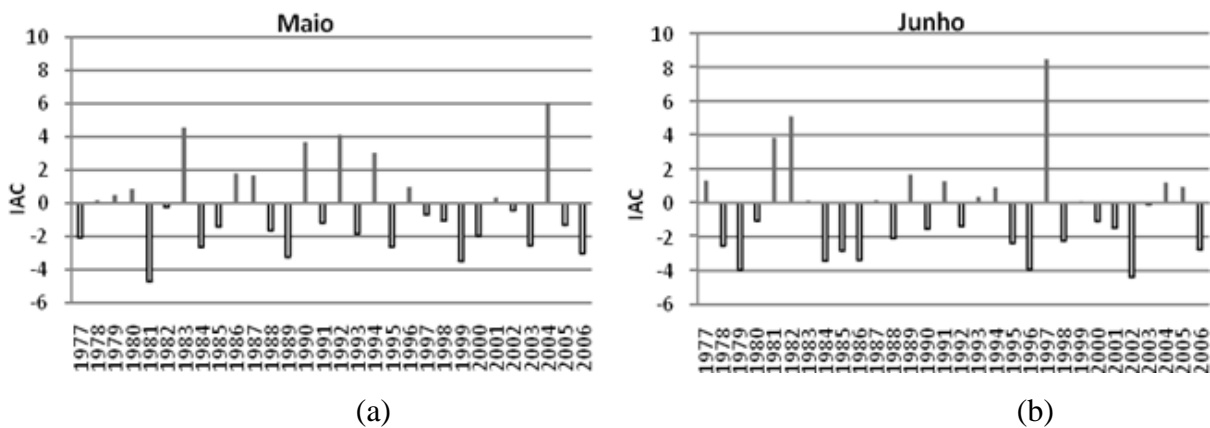


Figura 8 - Índice de Anomalia de Chuva dos meses de maio (a) a junho (b), no estado do Mato Grosso do Sul, referente à série histórica de 1977 a 2006.

O mês de julho, Figura 9 (a), na série histórica de 1977 a 2006 foram registrados dois anos de extremamente chuvosos (1979 e 2002), dois anos muito chuvosos (1982 e 2004) e oito anos chuvosos para o período úmido. Para a o período seco do mês de julho nove anos foram muito seco e nove foram secos (Quadro I).

No mês de agosto (Figura 9 (b)), foram registradas quatro ocorrências de ano extremamente chuvoso (1986, 1989, 1998 e 2000), seis anos chuvoso do período úmidos e para o período seco foram dez anos muito seco e outros dez anos seco (Quadro I).

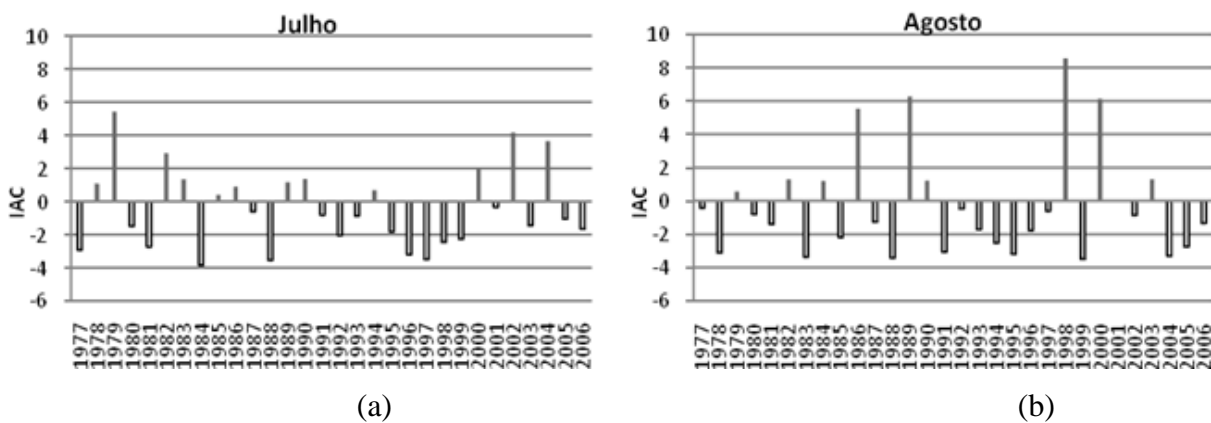


Figura 9 - Índice de Anomalia de Chuva dos meses de julho (a) a agosto (b), no estado do Mato Grosso do Sul, referente à série histórica de 1977 a 2006.

No mês de setembro (Figura 10 (a)) para a série histórica 1977 a 2006, ocorreram dois anos extremamente chuvosos (1990 e 1992) e outros doze anos chuvosos, período úmido, já no período seco foram dois anos extremamente secos (1988 e 2004), cinco anos muito secos e dez anos secos.

No mês de outubro, para o período úmido, ocorreram quatro anos muito chuvosos e dez anos chuvosos. Para o período seco do mesmo mês, 1977 foi classificado como um ano de extremamente seco (Quadro 1), outros seis anos muito secos e nove anos secos (Figura 10 (b)).

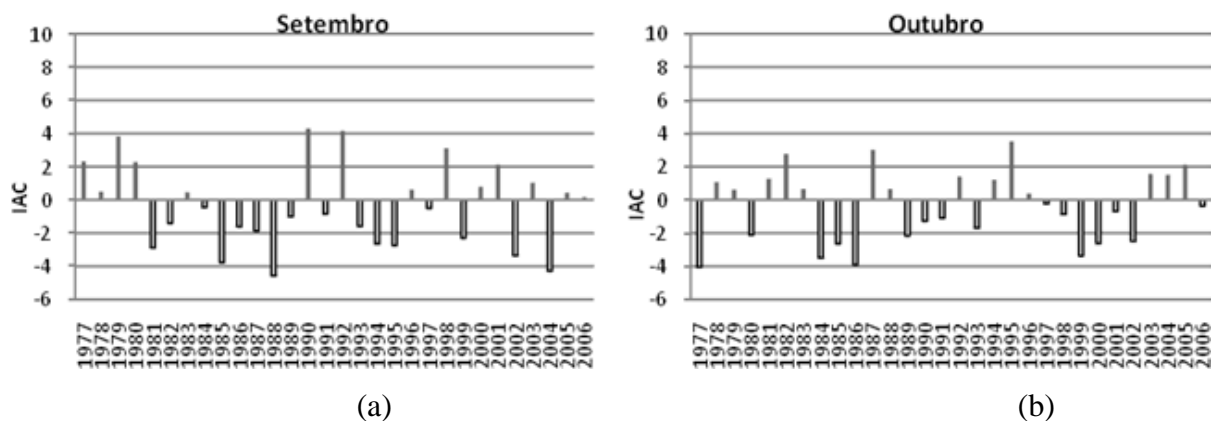


Figura 30 - Índice de Anomalia de Chuva dos meses de setembro a outubro, no estado do Mato Grosso do Sul, referente à série histórica de 1977 a 2006.

No mês de novembro (Figura 11 (a)), houve a ocorrência de um ano extremamente chuvoso (2001), três anos muito chuvosos e outros sete anos chuvosos para o período úmido. Para o período seco do mês de novembro oito anos foram muito secos e outros onze anos foram secos (Quadro 1).

Em dezembro (Figura 11 (b)), ocorreram três anos muito chuvosos (1979, 1981 e 1984) e onze anos chuvosos para o período úmido da série histórica 1977 a 2006. No período seco do mesmo mês dois anos foram extremamente secos (1985 e 2002), quatro anos muito secos e dez anos secos fechando os trinta anos da série histórica.

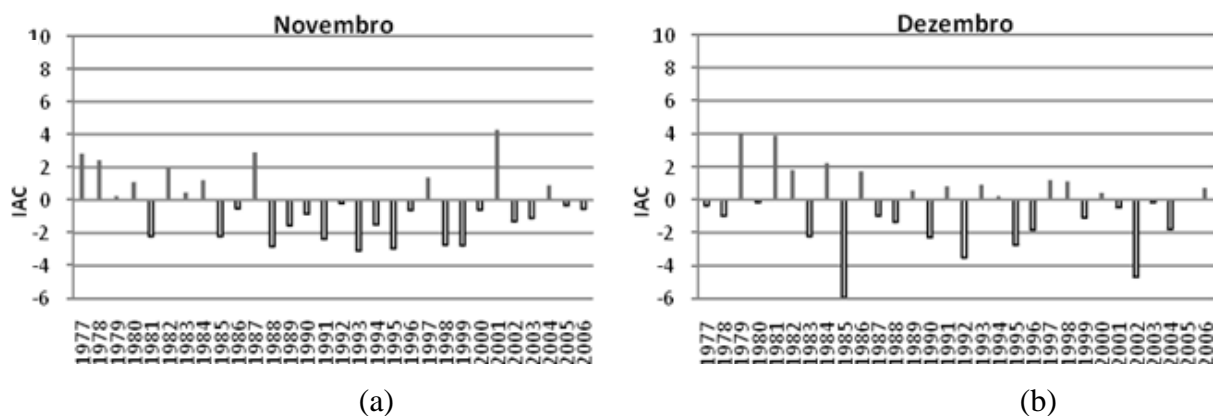


Figura 51 - Índice de Anomalia de Chuva dos meses de novembro a dezembro, no estado do Mato Grosso do Sul, referente à série histórica de 1977 a 2006.

CONCLUSÕES

O ano hidrológico no estado do Mato Grosso do Sul começa no mês de setembro, sendo que o período úmido vai de setembro a maio e o período seco de junho a agosto.

O estudo da distribuição sazonal das chuvas no estado do Mato Grosso do Sul, com a análise dos IAC mostrou que a período úmido se estende de setembro a maio com 91,76% da precipitação anual no estado, com máxima precipitação média total para o período de 2100 mm.

Neste trabalho, verificou-se que o IAC funcionou como uma boa ferramenta para o estudo sazonal da precipitação do estado do Mato Grosso do Sul, podendo também, através desse monitoramento gerar prognósticos e diagnósticos da variação pluviométrica e climatológica regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Empresa de Pesquisa do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, L. E.; SILVA, D. F.; NETO, J. M. M.; SOUSA, F. A. S. **Análise da variabilidade espaço temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC.** *Revista de geografia*. 2007. Disponível em: <http://www.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/view/96/53>. Acesso em 20 de agosto de 2012.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo Temporal e Espacialização Mensal e Anual das Chuvas na Parte Brasileira da Bacia do Rio Paraguai. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 4, Bonito, MS, **Anais...** 20-24 de outubro 2012. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 1076-1085.

Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Estudo_Marcuzzo.pdf. Acesso em: 5 ago. 2013.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. Mapeamento de três decênios da precipitação pluviométrica total e sazonal do bioma Pantanal. In: Geopantanal, 3, 2010, Cáceres, MS. **Anais...** São José dos Campos, SP: INPE, 2010. p. 84-94. Disponível em: <http://www.geopantanal2009.cnptia.embrapa.br/2010/cd/p191.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2013.

CECILIO, R. A.; PRUSKI, F. F. **Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2003, vol. 7, n. 3, pp. 501-504. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662003000300016&lng=en&nrm=iso. ISSN 1415-4366. doi: 10.1590/S1415-43662003000300016.

CRUCIANI, D. E.; MACHADO, R. E.; SENTELHAS, P. C. **Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba, SP.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2002, vol. 6, n. 1, pp. 76-82. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000100014&lng=en&nrm=iso. ISSN 1415-4366. doi: 10.1590/S1415-43662002000100014.

DA SILVA, D. F.; ARAUJO, L.E.; KAYANO, M. T.; SOUSA, F. de A. S. **Avaliação dos impactos da variabilidade climática na distribuição pluviometria da Bacia do Rio Mundaú através do IAC.** In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos, 2, 2007, Santos, SP.

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

FURLAN, D. N. **Variabilidade temporal e espacial das chuvas e do balanço hídrico no estado de Rondônia: caracterização e análise de tendência.** Dissertação (Mestrado). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009, 129p.

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

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. **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. 2011. Disponível em: <http://www.ufpe.br/rbge/index.php/revista/article/view/197/204>. Acesso em 20 de agosto de 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D. Determinação do ano hidrológico e geoespacialização das chuvas dos períodos úmido e seco da sub-bacia 63. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 1099-1106. 1 DVD. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0137.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2013.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; COSTA H. C. **Sazonalidade e Distribuição Espaço-Temporal das Chuvas no Bioma do Cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n.1, p. 77-86, 2012. Disponível em:

http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/62d09e7e2ae5b0c136d0c9363c68de66_4ac72359b779c1d03a0958c17f17ed65.pdf. Acesso em: 5 ago. 2013.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa de evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE.** Tese Doutorado. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002, 103p.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; MELLO, J. M.; SILVA, A. M. **Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais.** *Ciência agrotecnologia*. 2008, vol. 32, n. 2, pp. 532-539. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-0542008000200029&lng=en&nrm=iso. ISSN 1413-7054. doi: 10.1590/S1413-70542008000200029.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. **Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas.** *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 2003, vol. 27, n. 5, pp. 925-933. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000500017&lng=en&nrm=iso. ISSN 0100-0683. doi: 10.1590/S0100-06832003000500017.

MELLO, L. T. A.; MARCUZZO, F. F. N.; COSTA, H. C.; MELO, D. C. R.; CARDOSO, M. R. D. Estudo da sazonalidade e distribuição espaço-temporal das chuvas no bioma da Mata Atlântica do estado do Mato Grosso do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 4452-4459. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.25.14.12/doc/p0424.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2013.

NERY, J. T.; CARFAN, A.C.; PARIZOTTO, T.M. **Análise da Precipitação Pluvial na Bacia do Paranapanema.** *Revista Brasileira de Climatologia*. vol. 5, 2009. Disponível em: http://www.geografia.ffe.usp.br/abclima/revista/vol_5/artigo_jonas_teixeira.pdf. Acesso em: 5 mai. 2013.

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: isoetas mensais, isoetas trimestrais, isoetas 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.

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, Carlos Afonso. **Índice de anomalia de precipitação para o estado do Ceará.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, e Congresso da Flismet, 8, 1998, Brasília DF. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET, 1998.

ROOY, M. P. VAN. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, Notes, 14-43, 1965.

- SAKOMOTOM, S. **O episódio de chuvas intensas Nordeste brasileiro no final de março/1997; influência da oscilação 30-60 dias.** Revista Brasileira de Meteorologia, vol. 13, p. 9-18. 2009.
- SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C. de; OLIVEIRA, L. F. C.; GRIEBELER, N. P. **Intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado de Mato Grosso do Sul.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* 2009, vol. 13, suppl. pp. 899-905. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000700012&lng=en&nrm=iso. ISSN 1415-4366. doi: 10.1590/S1415-43662009000700012.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, DO PLANEJAMENTO, DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO. SEMAC. **Dados estatísticos de Mato Grosso do Sul, 2009.** Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.semec.ms.gov.br/index.php?inside=1&tp=3&comp=&show=2884>. Acesso em: 5 mai. 2013.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, DO PLANEJAMENTO, DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO. SEMAC. **Plano Estadual de Gestão Estadual dos Recursos Hídricos.** Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.semec.ms.gov.br/controle/ShowFile.php?id=42046>. Acesso em: 5 mai. 2013.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, DO PLANEJAMENTO, DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO. SEMAC. **Zonamento Ecológico Econômico Mato Grosso do Sul anexo II.** Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2008. Disponível em: <http://www.semec.ms.gov.br/controle/ShowFile.php?id=31289>. Acesso em: 5 mai. 2013.
- SILVA, M. P.; MAURO, R.; MOURAO, G.; COUTINHO, M. **Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo.** *Rev. bras. Bot.* 2000, vol. 23, n. 2, pp. 143-152. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042000000200004&lng=pt&nrm=iso. ISSN 0100-8404. doi: 10.1590/S0100-84042000000200004.
- SOUZA, A.; PAVÃO, A. G.; LASTORIA, G.; GABAS, S. G.; FILHO, A. C. P.; CAVAZZANA, G. H.. **Distribuição espacial da relação precipitação/ número de dias de chuva em Campo Grande – MS.** In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS SERVIÇOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE. Taubaté, SP. IPABHi, p. 321 – 326. 2009.
- VALERIANO, M. de M.; SALVI, L. L.; ARAGÃO, J. R. L. Relações entre a distribuição da precipitação e o relevo da bacia do alto Paraguai . In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 4, Bonito, MS, 20-24 de outubro 2012. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 289-298. 1 DVD. Disponível em: <http://www.geopantanal2009.cnptia.embrapa.br/cd/pdf/p65.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2013.