

Anomalias na precipitação pluviométrica no bioma do Pantanal Sul-Mato-Grossense

Francisco Fernando Noronha Marcuzzo¹
Murilo Raphael Dias Cardoso^{1,2}
Helen Camargos Costa^{1,3}
Denise Christina de Rezende Melo^{1,4}

¹ CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Rua 148, n. 485 - Setor Marista
CEP 74170-110 – Goiânia - GO, Brasil
¹fmarcuzzo@go.cprm.gov.br
⁴denise@go.cprm.gov.br

² UFG - Universidade Federal de Goiás
Campus Samambaia (Campus II)
CEP 74001-970 – Caixa Postal: 131 – Goiânia – GO, Brasil
muriloshinobi@gmail.com

³ PUC-GO – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Av. 1ª Avenida, 1069 - Setor Leste Universitário
CEP 74605-020 - Goiânia - GO,
helencostal@gmail.com

Resumo. A sazonalidade das inundações está diretamente relacionada ao regime de precipitação pluviométrica e por isso é importante compreender suas anomalias. Este trabalho teve o objetivo de estudar a intensidade das anomalias na precipitação pluviométrica no bioma do Pantanal Sul-Mato-Grossense, utilizando estações pluviométricas com 30 anos de dados armazenados. Nesse estudo foram utilizadas 12 estações pluviométricas distribuídas pelo território do bioma Pantanal. 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. 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.

Palavras-chave: Índice de anomalia de chuvas, sazonalidade, geoprocessamento.

Anomalies in rainfall in the Pantanal biome of South Mato Grosso

Abstract. The seasonal flooding is directly related to the precipitation regime and is therefore important to understand their anomalies. This work aimed to study the intensity of rainfall anomalies in the Pantanal biome of South Mato Grosso, using rainfall stations with 30 years of stored data. This study used 12 rainfall stations distributed throughout the territory of the Pantanal biome. We calculated the average time of precipitation for the period of study, needed to calculate the rainfall anomaly index (TCI), which serves to classify periods of dry or wet according to the average site. In this work, it was found that the ACT has worked as a good tool to study seasonal rainfall in the state of Mato Grosso do Sul, and may also, through this monitoring and diagnostics generate predictions of rainfall variation and regional climatology.

Key-words: Rainfall anomaly index , seasoning, geoprocessing.

1. Introdução

O bioma Pantanal, considerado Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988 e Reserva da Biosfera pela UNESCO no ano de 2000, é a maior área inundável do mundo. Este fenômeno de alagamento é importante para a produtividade da pecuária e da pesca, o controle natural de queimadas e a abundância e distribuição da fauna e flora da região. A sazonalidade das inundações está diretamente relacionada ao regime de precipitação pluviométrica e por isso é importante compreender suas anomalias, entretanto há áreas que permanecem secas ou inundadas durante todo o ano.

O estudo de chuvas no Brasil tem como maior dificuldade a pouca disponibilidade de dados, ou sua inexistência, em algumas áreas do país (Mello et al., 2001). Na região do Pantanal não é diferente, principalmente para dados históricos mais remotos, como será visto mais adiante neste trabalho. Contudo, modelos estatísticos, imagens de satélites e SIG (Sistema de Informação Geográfica), amenizam de forma considerável esse problema, bem como otimizam a geração e manipulação desses tipos de dados e suas respectivas distribuições e análises espaciais (Fotheringham et al. 1994).

Segundo Ferreira et al. (2005), os programas de aplicação em SIG têm a capacidade de manipular, armazenar e analisar dados geográficos. É diferente dos demais (aplicáveis em cartografia digital) por possuir estruturas que permitem definir as relações espaciais e estatísticas entre todos os elementos dos dados (geo-objetos). Esta convenção conhecida como topologia dos dados, vai além da mera descrição da localização e geometria cartográfica, por permitirem fazer cruzamentos de dados e desenvolver cenários, daí sua importância na utilização do planejamento territorial e gestão do meio ambiente, particularmente gestão de bacias hidrográficas.

2. Objetivo

Este trabalho teve o objetivo de estudar a intensidade das anomalias na precipitação pluviométrica no bioma do Pantanal Sul-Mato-Grossense, utilizando estações pluviométricas com 30 anos de dados armazenados.

3. Material e Métodos

3.1. Caracterização geral da área de estudo

O bioma Pantanal é uma planície com altitude média de 80m a 150m e declividade de 2,5 a 5,0 cm.km⁻¹ no sentido norte-sul (Garcia, 1984). A variação total altimétrica do bioma Pantanal vai de 75m a 1029m (**Figura 1**). Está localizado dentro da bacia do Alto Paraguai no Brasil, (Silva et al.,1998) e ocupa uma área de aproximadamente 151.313 km² e seu perímetro

é de 3380 km, cerca de 2% de todo o território brasileiro. Está presente em dois estados, Mato Grosso (40,3%) e Mato Grosso do Sul (59,7%) (Brasil, 2008), e em 13 municípios (IBGE, 2007), sendo 6 no Mato Grosso e 7 no Mato Grosso do Sul (**Figura 1**). Sua população total é de 366.113 habitantes, totalizando cerca de 1 habitante por km². A cobertura vegetal remanescente do bioma é de 83,1%, segundo IBAMA/MMA, 2010. O bioma Pantanal possui uma extensa quantidade de águas fluviais, com a extensão de seus principais rios chegando aproximadamente 4000 km (**Figura 2**).

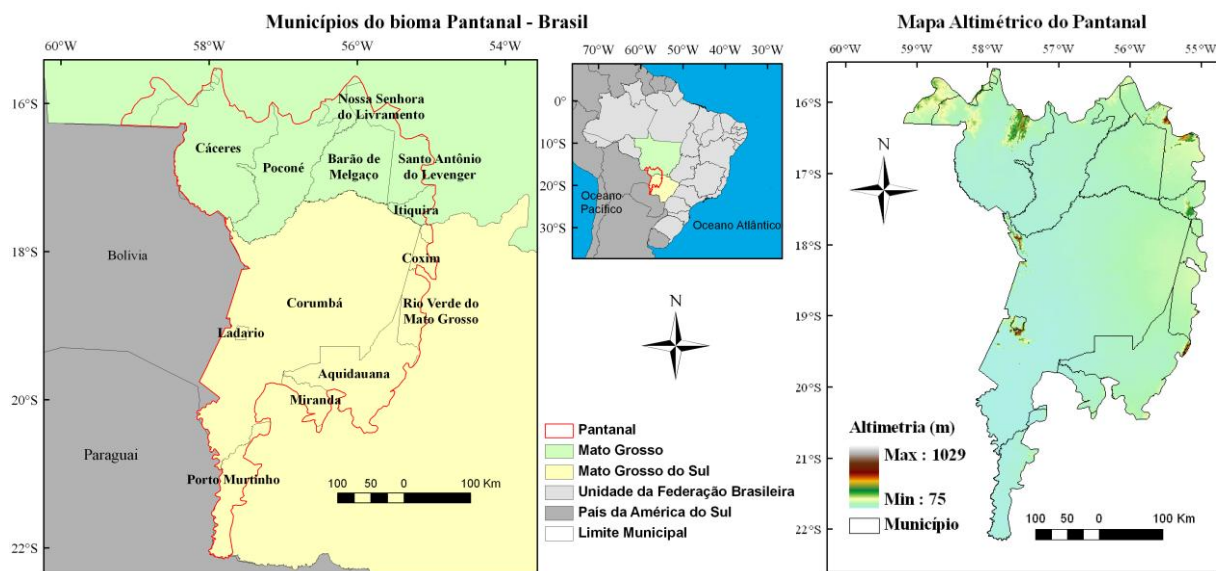


Figura 1. Altimetria, divisão territorial dos municípios do bioma Pantanal com sua respectiva localização geográfica na divisão federativa do Brasil e continente Sul Americano. (Fonte: IBGE e NASA).

3.2. Caracterização climatológica da área

O Pantanal apresenta um clima Tropical típico, Aw na classificação de Köppen, que caracteriza-se por duas estações bem definidas, uma seca, no inverno, e outra chuvosa, no verão (Garcia, 1984). Sua temperatura média anual está em torno de 25°C e a umidade relativa é, em média, de 82%. Devido às atuais 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 e interdecadais, associadas à variabilidade do clima, na mesma escala temporal de variabilidade de fenômenos interdecadais dos oceanos Pacífico e Atlântico tropical, (Marengo, 2008). A precipitação pluviométrica no bioma Pantanal é resultante do acoplamento de vários sistemas atmosféricos, como o Sistema Convectivo (Couto et al., 2009), a Zona de Convergência do Atlântico Sul, a Alta da Bolívia e os Sistemas Frontais. A inconstância pluviométrica e suas relativas quantidades de precipitações, com seus regimes sazonais ou diários, distribuição temporal e as intensidades de chuvas individuais ($\text{volume} \cdot \text{duração}^{-1}$), são algumas das características que afetam de alguma maneira, principalmente, o meio natural, (Souza et al. 2009).

Outro fator relevante na dinâmica das chuvas no Pantanal é o comportamento das massas de ar que atuam na região. Ainda que com uma geomorfologia considerada limitada, a altura das serras tem efeitos significativos sobre o clima, em decorrência do fato das massas de ar, que atuam na região, serem instáveis e muito úmidas com efeitos perceptíveis em sua

temperatura e precipitação (Brasil, 1979). O anticiclone do Atlântico subtropical produz ventos de NE a NW, que defletem as massas de ar continentais equatoriais no Pantanal. Com as baixas temperaturas do verão dos Andes, os ventos que são produzidos defletem massas de ar úmido. Os ventos são geralmente fracos nas baixadas, exceto durante as tempestades. Os ventos frios vindos da região sul do país, com origem antártica, não alcançam todo o bioma, se localizando mais ao sul. Acontecem com frequência e são importantes para as frentes quentes, que causam ascensão das massas de ar continental equatorial sobre o ar polar, o que se traduz em clima úmido (DNOS, 1974).

3.3. Dados utilizados no estudo

Foram utilizados neste trabalho dados de precipitação mensal de sete estações pluviométricas distribuídas no território do bioma do Pantanal Sul-Mato-Grossense. As sete estações pluviométricas possuem 30 anos de monitoramento (**Figura 2**). Os dados foram obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas (ANA) e o período de dados correspondem a três decênios (1977 à 2006).

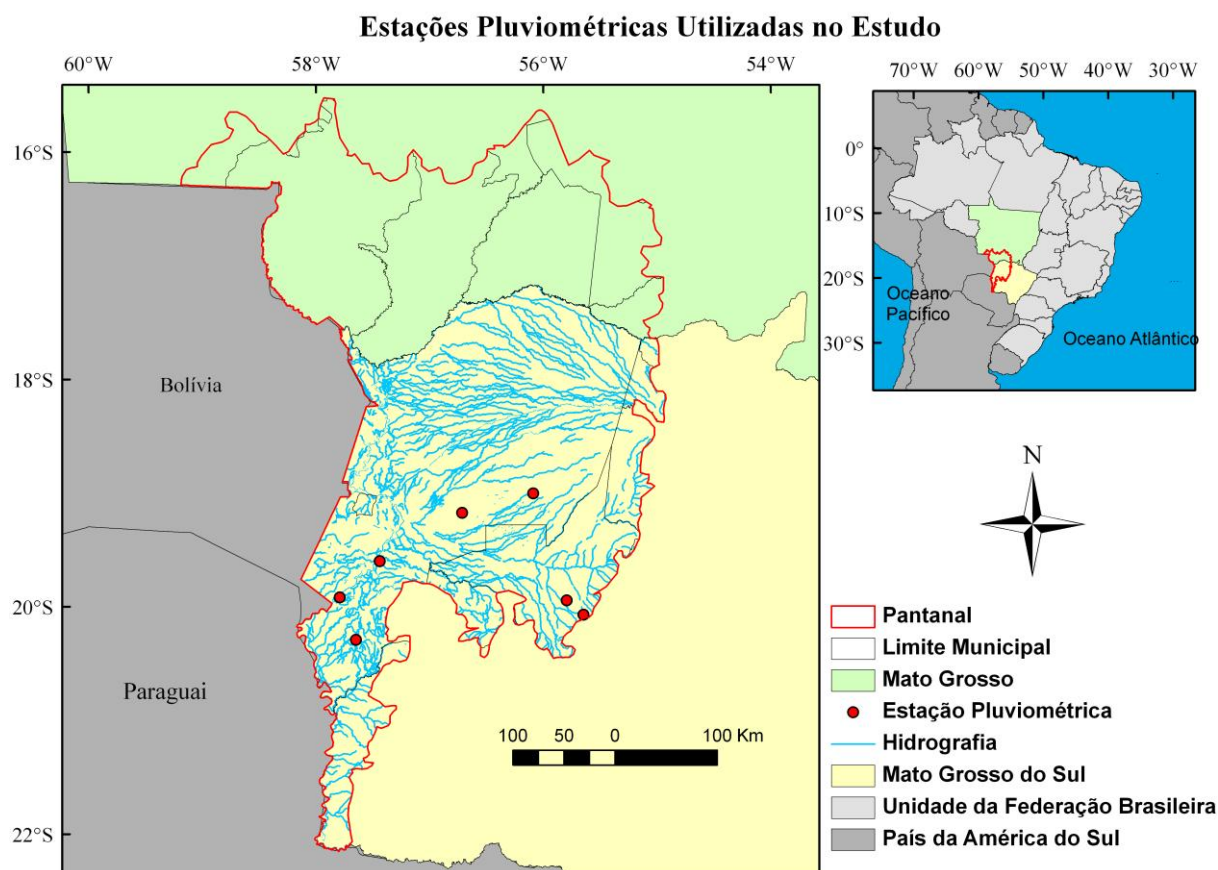


Figura 2. Distribuição geográfica dos principais cursos d'água e estações pluviométricas (com dados de 1977 à 2006) do bioma Pantanal Sul-Mato-Grossense. (Fonte: IBGE e ANA).

3.4. 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:

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas} \quad (1)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas} \quad (2)$$

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 geral do nível de pluviosidade segundo o IAC.

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

4. Resultados e Discussão

Análise do Índice de Anomalia de Chuva - IAC

Com base na análise dos histogramas da série histórica de 30 anos (1977 à 2006), para as sete estações pluviométricas distribuídas no Pantanal Sul-Mato-Grossense, observa-se na **Figura 3**, para o mês de janeiro (a) dessa série que, o ano de 1983 foi extremamente chuvoso, cinco outros anos foram muito chuvosos e quatro anos foram chuvosos para o período úmido. Para o mesmo mês no período seco, ocorreram nove anos extremamente secos, um ano muito seco e quatro anos secos (**Quadro 1**).

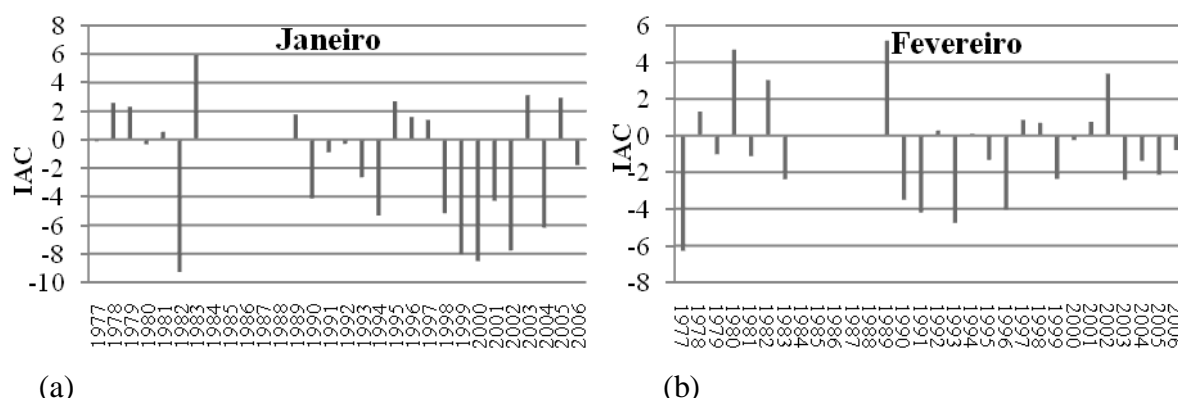


Figura 3. Índice de Anomalia de Chuva dos meses de janeiro (a) e fevereiro (b), no Pantanal Sul-Mato-Grossense, referente à série histórica de 1977 à 2006.

No mês de fevereiro (**Figura 3 - b**), ocorreram três anos muito chuvosos e 13 anos chuvosos. Para a mesma série histórica, do mês de fevereiro (b), período seco, sete anos foram muito secos e os outros sete anos foram caracterizados como seco segundo IAC (**Quadro 1**).

O mês de março (**Figura 4 - a**), a classificação do IAC obtida foi de, dois anos extremamente chuvosos (1982 e 2000), três anos muito chuvosos (1991, 1992 e 1999) e outros três anos do período úmido foram caracterizado como chuvosos. No ano de 2005 e 2002, segundo o IAC (Quadro 1) ainda para o mês de março (**Figura 4 - a**), foram anos extremamente secos, com mais oito anos muito secos e outros sete anos da série histórica secos.

No mês de Abril (**Figura 4 - b**), ocorreram quatro anos muito chuvosos e três anos chuvosos para período úmido. Para o mesmo mês (Figura 13 - b) período seco, três anos foram extremamente secos, quatro anos foram muito secos e dez anos foram secos segundo a classificação do IAC (**Quadro 1**).

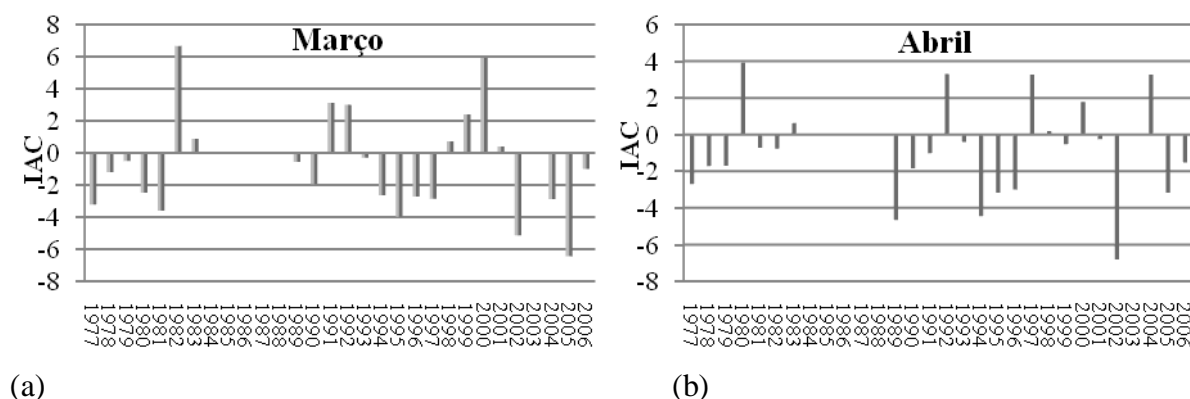


Figura 4. Índice de Anomalia de Chuva dos meses de março (a) a abril (b), no Pantanal Sul-Mato-Grossense, referente à série histórica de 1977 à 2006.

Na **Figura 5**, é possível observar que no mês de maio (a) ocorreram três anos extremamente chuvosos (1983, 1992 e 2004) e os demais anos do período úmido (nove anos) foram classificados como chuvosos. Para o período seco ocorreram seis anos extremamente secos com maior índice registrado em 1999, os anos de 1993 e 2006 foram anos muito secos e os demais seis anos secos (**Quadro 1**).

O mês de junho, Figura 14 - b, os anos de 1981 e 1997, foram anos extremamente chuvosos, outros três anos forma caracterizados como muito chuvosos e quatro anos como chuvosos para o período úmido. Nos 17 do período seco (**Figura 5 - b**), quatro anos foram extremamente secos, quatro anos muito secos e outros nove anos seco segundo a classificação do IAC (**Quadro 1**).

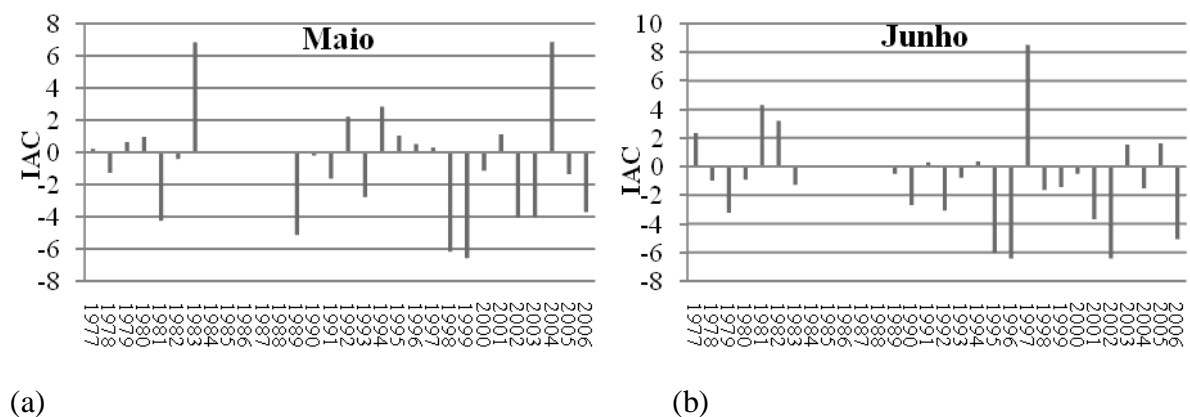


Figura 5. Índice de Anomalia de Chuva dos meses de maio (a) a junho (b), no Pantanal Sul Mato-Grossense, referente à série histórica de 1977 à 2006.

No mês de julho, (**Figura 6 – a**), foram registrados três anos extremamente chuvosos três anos muito chuvosos e dois anos chuvosos para o período úmido. Para a o período seco do mês de julho oito anos foram muito secos e nove foram secos (**Quadro 1**) para o período seco.

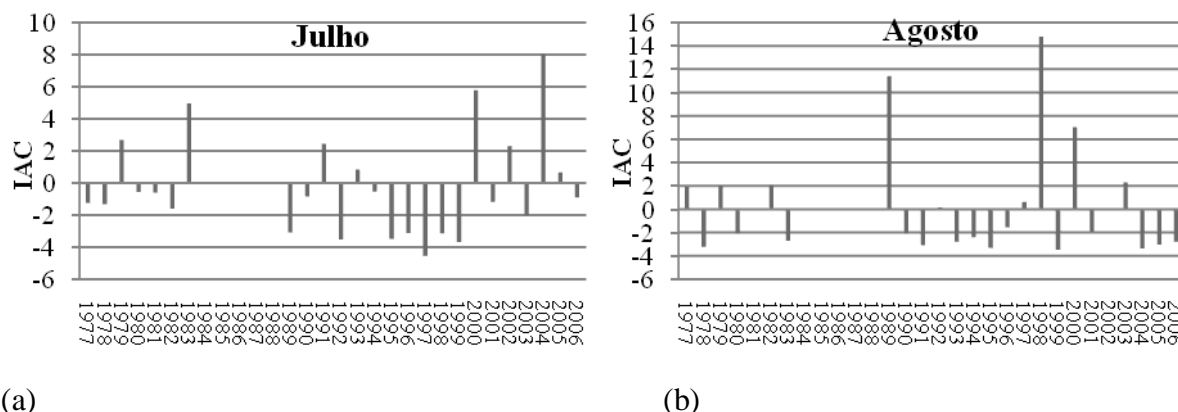


Figura 6. Índice de Anomalia de Chuva dos meses de julho (a) a agosto (b), no Pantanal Sul Mato-Grossense, referente à série histórica de 1977 à 2006.

No mês de agosto (**Figura 6 – b**), foram registrados três anos extremamente chuvosos, três anos muito chuvosos e três anos chuvosos para o período úmidos e para o período seco foram 12 anos muito seco e quatro anos seco (**Quadro I**).

No mês de setembro (**Figura 7 – a**), ocorreram três anos extremamente chuvosos, quatro anos muito chuvosos e seis anos chuvosos. Ocorreram nessa mesma série histórica dois anos extremamente secos, sete anos muito secos e três anos secos.

No mês de outubro (**Figura 7 – b**), ocorreram dois anos extremamente chuvosos, três anos muito chuvosos e três anos chuvosos. Para o período seco do mesmo mês, três anos foram classificados como extremamente secos (**Quadro 1**), cinco anos muito secos e cinco anos secos.

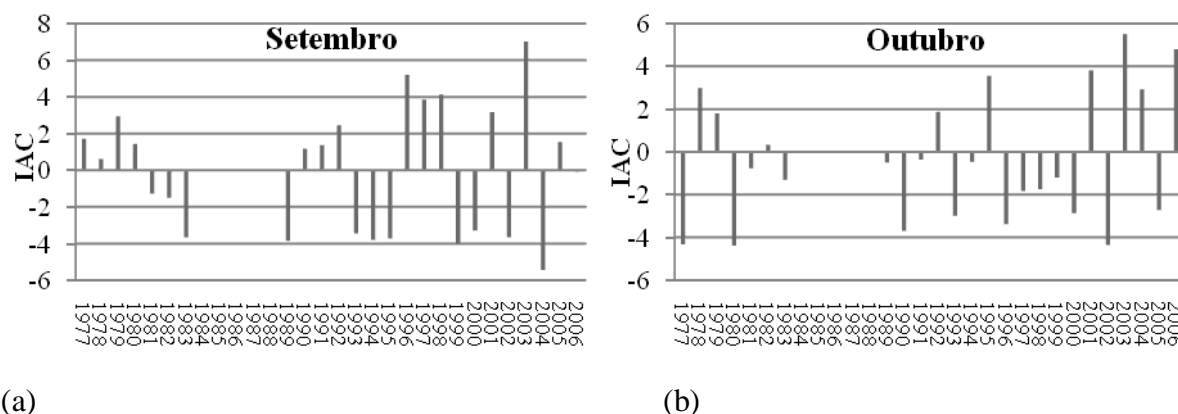
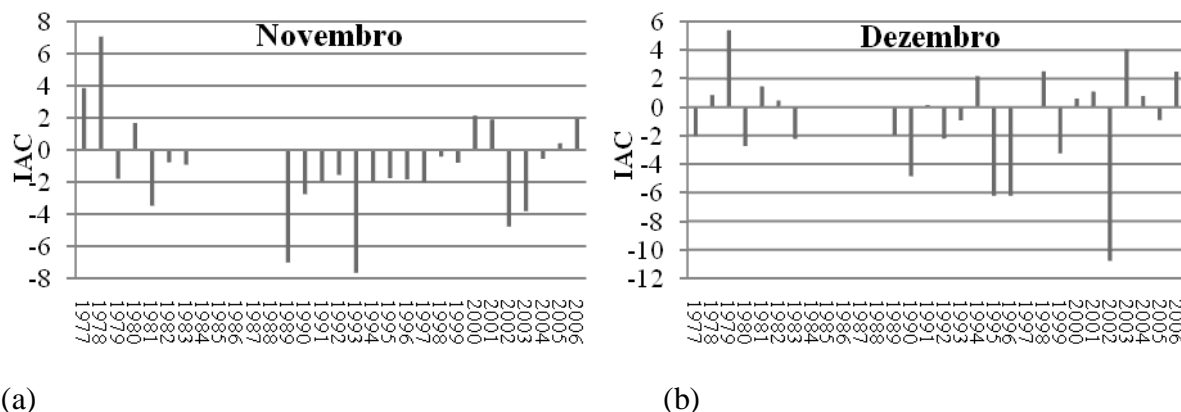


Figura 7. Índice de Anomalia de Chuva dos meses de setembro (a) a outubro (b), no Pantanal Sul-Mato-Grossense, referente à série histórica de 1977 à 2006.

No mês de novembro (**Figura 8 – a**), houve a ocorrência de um ano extremamente chuvoso, dois anos muito chuvosos e outros três anos chuvosos. Para o período seco do mês de novembro três anos foram extremamente secos, três anos foram muito secos e 13 anos foram secos (**Quadro 1**).

Em dezembro (**Figura 6 – b**), ocorreram dois extremamente chuvosos, dois anos muito chuvosos e oito anos chuvosos. No período seco do mesmo mês quatro anos foram extremamente secos, cinco anos muito secos e três anos secos.



(a) (b)
Figura 8. Índice de Anomalia de Chuva dos meses de novembro (a) a dezembro (b), no Pantanal Sul-Mato-Grossense, referente à série histórica de 1977 à 2006.

O resultado de maior importância, nos gráficos analisados, foi à distinção feita pelos histogramas entre período seco (junho a agosto) e período úmido (setembro a maio). Os meses de julho e agosto são justificados pelo inverno com ação da massa de ar polar atlântica que possui características de fria e úmida provocando geada e até neve em toda a região sul do Brasil.

5. Conclusões

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.

6. Agradecimentos

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

7. Referências

BRASIL. Ministério do Interior. Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), v.1. 284p. 1974.

BRASIL. Ministério do Interior. **Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai. Relatório de 1 Fase.** Brasília, Ministério do Interior. SUDECO; EDIBAP. T. II, p. 235. 1979.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto de Monitoramento de Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite. PMDBBS- Pantanal.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília-DF. p. 8-10, 2010.

BURROUGH, P. A.; McDONNEL R. A. **Principles of geographical information systems**. New York: Oxford University Press, p.333 1998.

COLTO, F. T. do; FOSTER, P. R. P.; **Utilização de sensoriamento remoto como auxílio em análise meteorológica de um sistema convectivo**. Anais. 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá - MT. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.131-139. 2009.

FERREIRA, M. M.; ALVES, E. de O.; MENEZES, J. M. de, MACIEIRA, M. B.; SILVA, H. A. da. **Aplicação de SIG como instrumento de apoio para a tomada de decisões no processo de gestão compartilhada de bacias hidrográficas urbanas- O Caso do Igarapé Belmont - Porto Velho-RO**. Trabalho de PIBIC. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2004.

GARCIA, E. A. C., **O clima no Pantanal Mato-Grossense**. Circular Técnica. Corumbá-MS. n. 14. p. 36 1984.

FOTHERINGHAM, S.; ROGERSON, P.. **Spatial Analysis and GIS**. Taylor and Francis Ltd. New Fetter Lane, London. p. 5-7. 1994.

MARENGO, J. A.; **Água e Mudanças Climáticas**. Estudos. Avançados, v.22 n. 63, p. 86-92 São Paulo. 2008.

MELLO, C. R.; FERREIRA, D. F.; SILVA, A. M.; LIMA, J. M. **Análise de modelos matemáticos aplicados ao estudo de chuvas intensas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, v. 25, n. 3, p. 693-698, 2001.

SILVA, J. dos S. V. da; ABDON, M. de M. **Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-regiões**. Pesc. Agropec. Bras. EMBRAPA. Brasília. n. Especial. p. 1703 – 1711. 1998.

SOUZA, R. R. de; TOLEDO, L. G.; TOPANOTTI, D. Q.; **Oscilação das chuvas na porção centro oeste do estado de Mato Grosso, entre os anos de 1996 a 2001**. Boletim Goiano de Geografia. Goiânia - Goiás - Brasil v. 27 n. 3 p. 71-89. 2007.