

UTILIZAÇÃO DE ESTATÍSTICA DESCRITIVA E DE MODELO SARIMA NO ESTUDO DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO SUDESTE DE MATO GROSSO

Luis Philippe de Arruda Lima¹

Anisio Alfredo da Silva Júnior¹

Ana Cristina Xavier de Carvalho¹

Carlo Ralph De Musis^{1,2}

RESUMO

Os modelos da classe ARIMA mostram ter grande potencial nos estudos de séries temporais de dados de chuva. Presente no Sudeste do Estado de Mato Grosso, o município de Rondonópolis apresenta grande destaque no cenário agropecuário e é um dos principais polos econômicos mato-grossenses. Diante da importância da aplicação de modelos de bons desempenhos, e da escassez de trabalhos utilizando esse método nessa região, este trabalho teve como objetivo a obtenção de um modelo do tipo SARIMA para o fenômeno de precipitação pluviométrica entre os anos de 2004 e 2015 no município de Rondonópolis-MT. Analisaram-se também parâmetros estatísticos descritivos, referentes à população de dados, para identificação das estações climáticas nesse período. Para isso, utilizaram-se dados referentes ao período de 2004 a 2015, pertencentes ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Para aplicação do modelo SARIMA, foram adotados a metodologia e os indicadores de desempenho propostos na literatura. A média da precipitação acumulada anual nesse período (2004 a 2015) foi de 1330 mm com desvio padrão de 145,6 mm, sendo as estações de chuva e seca definidas pelas faixas de meses outubro-março e abril-setembro, respectivamente. Obteve-se o modelo SARIMA (2,0,0) x (0,1,2) como o mais adequado, apresentando melhor performance em relação aos dados observados.

Palavras-chave: Fenômeno Pluviométrico; Modelo Preditivo; Série Temporal.

ABSTRACT

Use of descriptive statistics and SARIMA model in the study of precipitation in the Southeast Region of Mato Grosso. The models of the ARIMA class show great potential in the study of time series of rainfall data. Present in the Southeastern region of the State of Mato Grosso, the municipality of Rondonópolis stands out in the agricultural scenario and is one of the main economic poles in Mato Grosso. Given the importance of the application of good performance models, and the scarcity of works using this method in this region, this work had the objective of obtaining a SARIMA model for the rainfall phenomena between the years 2004 and 2015 in the municipality of Rondonópolis-MT. Descriptive statistical parameters, referring to the data population, were analyzed for identification of climatic seasons in this period. For that, were used data referring to the period from 2004 to 2015, belonging to INMET (National Meteorological Institute). For the application of the SARIMA model, the methodology and performance indicators proposed in the literature were adopted. The average annual rainfall accumulated in this period (2004 to 2015) was 1330 mm with a standard deviation of 145.6 mm, with rain and dry seasons defined by

¹ PPG em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
E-mail para correspondência: luisphilippe@fisica.ufmt.br

² Universidade de Cuiabá – UNIC, Cuiabá, MT, Brasil.

the October-March and April-September months, respectively. The SARIMA (2,0,0) x (0,1,2) model was obtained as the most adequate, presenting better performance in relation to the data observed.

Keywords: Rainfall Phenomenon; Predictive Model; Time Series.

INTRODUÇÃO

Os estudos sobre modelagens agrometeorológicas, rendimento e adaptabilidade de culturas e zoneamento climático evidenciam a importância das informações meteorológicas (Moreira et al., 2015). Nos dias atuais, dados meteorológicos podem ser adquiridos em plataformas de acesso livre ou restrito disponibilizados via internet. Dentre elas, plataformas de diversas instituições nacionais, por exemplo, o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a ANA (Agência Nacional de Águas) disponibilizam dados de diversas variáveis meteorológicas referentes às diversas cidades brasileiras, o que vem a facilitar o surgimento de pesquisas que tratam de assuntos gerais e específicos envolvidos desses temas.

Nesse contexto, normalmente, uma das variáveis meteorológicas que mais se estudam é a precipitação pluviométrica. Devido à importância socioeconômica dos impactos causados por esse fenômeno, trabalhos sobre distribuição da precipitação (Rosa et al., 2007; Batistão et al., 2014), os efeitos causados pela falta ou excesso e probabilidades de chuva (Martins et al., 2010; Pizzato et al., 2012; Oliveira e Oliveira, 2014) e modelos com desempenhos preditivos (Kawase et al., 2015; Lohmann et al., 2016) são essenciais para que tomadas de decisões públicas e planejamentos agrícolas sejam realizados. Este trabalho trata da aplicação de um modelo preditivo.

Dentre os modelos preditivos que são mais utilizados, o modelo de série temporal ARIMA (Autorregressivo Integrado de Médias Móveis) mostra-se proeminente e válido na aplicação em variáveis pertencentes ao ciclo hidrológico (fenômenos naturais), em modelagem de processos dinâmicos, em economia e na engenharia (Kim et al., 2011). Esse modelo investiga a autocorrelação entre os valores da série original de dados em instantes sucessivos (Espinosa et al., 2010). Quando é verificada uma autocorrelação para uma estação de sazonalidade na série, o modelo a ser utilizado é o SARIMA (Autorregressivos Sazonais Integrados de Médias Móveis) que é a combinação dos modelos ARIMA sazonal e não sazonal (Silva et al., 2010).

O Estado de Mato Grosso, devido ao grande potencial agrícola e estar presente em 3 biomas distintos, é um protagonista de estudos sobre precipitação dentro do cenário nacional (Marcuzzo et al., 2011a; Marcuzzo et al., 2011b; Oliveira et al., 2015; Ramos et al., 2017). O município de Rondonópolis, presente na Mesorregião Sudeste desse Estado (Santos, 2016), apresenta aptidão agroclimática para diversas culturas não oriundas da região, por exemplo, o trigo (Cordeiro et al., 2015), é uma das maiores produtoras de soja entre as cidades do Estado e é potencialmente sustentável em relação à sustentabilidade (Silva et al., 2016).

Situado no Cerrado brasileiro, o clima do município apresenta um período de estiagem, por isso, estudos envolvendo estatística descritiva e modelos preditivos da precipitação pluviométrica, adotando faixas temporais de dados mais recentes, são necessários para investigar em quais períodos os plantios e a sociedade, de uma maneira geral, podem ou não serem afetados pelo excesso, ou falta do fenômeno.

Com base nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi obter um modelo do tipo SARIMA para o fenômeno de precipitação pluviométrica entre os anos de 2004 e 2015 no município de Rondonópolis-MT. Além disso, de forma a auxiliar na análise do comportamento da chuva, pretendeu-se analisar parâmetros estatísticos descritivos para identificação das estações nesse período.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo e Aquisição de Dados

O município de Rondonópolis está situado na Mesorregião Sudeste do Estado de Mato Grosso, apresenta uma área de 4.686,6 Km², altitude de 227 m e está presente nas coordenadas 16° 28' de latitude e 54° 38' de longitude. A classificação de Köppen é Aw (inverno seco e verão chuvoso), no ano de 2015 a cidade teve o segundo maior PIB do Estado (IBGE, 2015).

Os dados de precipitação mensal acumulada foram obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) pertencente ao INMET, referentes ao período de 2004 a 2015.

Parâmetros Descritivos

Os seguintes parâmetros descritivos da população de dados foram analisados: média mensal, desvio padrão e coeficiente de variação (CV). O CV, em porcentagem (%), foi obtido pela razão entre o desvio padrão e a média correspondente, e para a análise da variabilidade adotou-se a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980). Para CV menor que 12%, diz-se que os dados apresentam baixa variabilidade; para CV entre 12% e 60%, diz-se que os dados apresentam média variabilidade; e para CV maior que 60%, diz-se que os dados apresentam alta variabilidade.

Os meses foram definidos como secos ou chuvosos a partir do método descrito por Nery et al. (2002). Nesse método, é considerada a porcentagem da contribuição da média de precipitação acumulada de cada mês em relação à média da precipitação acumulada anual, tendo o valor de 8,3% como o limite entre as duas estações. Isto é, se a contribuição do mês for inferior ou superior a 1/12 (8,33%) da precipitação média anual pode-se dizer que esse mês foi de seca ou de chuva, respectivamente. Esse método já foi utilizado como critério de definição de mês chuvoso ou de seca em outra cidade de Mato Grosso, como o caso de Nunes et al. (2016), que analisaram o comportamento da precipitação pluvial na cidade de Cáceres (situada no Pantanal Mato-Grossense), distante aproximadamente 430 km de Rondonópolis.

Aplicação do Modelo

Neste trabalho, a metodologia empregada para aplicação do SARIMA baseou-se em Box e Jenkins (1976) e para o desenvolvimento do modelo utilizou-se o software IBM SPSS (versão 16).

Para utilizar o SARIMA, fez-se necessário verificar a sazonalidade do fenômeno (identificação do modelo) a partir da análise do comportamento das funções de autocorrelação (FAC) e de autocorrelação

parcial (FACP), que são medidas de associação entre valores de séries atuais e anteriores e servem para indicar quais valores da série anterior são mais úteis para prever valores futuros de identificação.

As estruturas dos modelos ARIMA são representadas por parâmetros: p (parâmetros autoregressivos); d (diferenciações a partir da série original de dados) e, por fim, q (parâmetros de médias móveis). No SARIMA há combinação do ARIMA não sazonal (p,d,q) e sazonal (P,D,Q), conforme Silva et al. (2010). Assim, os modelos SARIMA tem forma SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q). A estrutura do modelo é expressa conforme a Equação 1 (Carvalho et al., 2016).

$$\phi_p(B)\phi_p(B^S)\nabla^d\nabla_s^D Z_t = \theta_q(B)\theta_q(B^S)\epsilon_t \quad \text{Equação (1)}$$

Onde os operadores representam:

- B-operador de defasagem;
- B^S-operador sazonal de defasagem;
- $\phi_p(B)$ -componente autorregressivo de ordem p;
- $\theta_q(B)$ -componente de média móvel de ordem q;
- $\phi_p(B^S)$ -componente sazonal autorregressivo de ordem P;
- $\theta_q(B^S)$ -componente sazonal de média móvel de ordem Q;
- ϵ_t -ruído branco;
- d-número de diferenças;
- ∇^d -diferença ordinária;
- ∇_s^D -diferença sazonal.

Escolheu-se o modelo que apresentou menor BIC (*Bayesian Information Criterion*) (Schwarz, 1978), critério esse que é amplamente utilizado na seleção de modelos ARIMA e SARIMA em estudos de precipitação e de outras variáveis meteorológicas, em diversos países, como nos casos de Sampson et al. (2013), Kibunja et al. (2014), Pereira et al. (2015), Murthy et al. (2017) e Filder et al. (2019). O BIC utiliza os estimadores de máxima verossimilhança para os parâmetros do modelo (Equação 2).

$$\text{BIC} = -2 \ln(L) + k\{\ln(n)\} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde Ln(L) é a função de log-verossimilhança maximizada, k é o número de parâmetros do modelo e n é o número de observações da amostra.

Além da análise de BIC, escolheu-se o modelo com menores REMQ (raiz do erro médio quadrático), de mesma forma que Figueiredo e Blanco (2014), conforme a Equação 3, e EAM (erro absoluto médio) conforme a Equação 4.

$$REMQ = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [E_i - O_i]^2}$$
 Equação (3)

$$EAM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [E_i - O_i]$$
 Equação (4)

Onde, em ambas as equações, E_i é o valor estimado e O_i é o valor observado no instante i .

Na avaliação da qualidade de ajuste, aplicou-se o teste de Ljung e Box (1978), com nível de significância de 5%, que tem como premissa determinar se algum grupo de autocorrelação de uma série temporal é diferente de zero, testando a aleatoriedade da série como um todo com base em vários atrasos. As autocorrelações do modelo obtido devem apresentar diferenças não significativas (Gujarati, 2006). Isto é, ao aplicar o teste de Ljung e Box (1978), deseja-se não rejeitar a hipótese nula de que não exista autocorrelação conjunta dos resíduos, considerando, dessa forma, a suposição de independência. A estatística do teste é dada pela Equação 5.

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^h \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k}$$
 Equação (5)

Onde n é o tamanho da série, $\hat{\rho}_k$ é a autocorrelação no atraso k , e h é o número de atrasos que estão sendo testados.

Diante da importância do entendimento sobre o comportamento da série original de dados (Sartoris, 2003), fez-se o gráfico da série, Figura 1, para análise exploratória. Para confirmar a estacionariedade dos dados, aplicou-se o teste de Dickey-Fuller Aumentado, com nível de significância de 5%. Os resultados da análise descritiva e do modelo obtido estão na próxima seção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Descritiva

A média da precipitação acumulada anual nesse período de 2004 a 2015 foi de 1330 mm com desvio padrão de 145,6 mm. Sendo assim, a quantidade anual de chuva, de 2004 a 2015, permaneceu dentro da faixa descrita na literatura, pois, conforme Oliveira e Oliveira (2014), para o município de Rondonópolis, os valores de precipitação anual variam entre 1250 e 1500 mm. O valor médio de precipitação encontrado neste trabalho é menor que os valores descritos na literatura para as cidades de Poxoréo e Campo Verde, presentes também na Mesorregião Sudeste de Mato Grosso. Para essas cidades, normalmente, a quantidade de precipitação anual é próxima de 1750 mm (Pietro-Souza et al., 2012; Prado e Mattos, 2014).

O maior valor médio de precipitação foi para o mês de janeiro e, em seguida, os meses de dezembro e novembro (Tabela 1). Esse resultado concorda com Oliveira e Oliveira (2014). Nesse trabalho, os autores construíram campos de precipitação para a região Sudeste do Estado de Mato Grosso e, também considerando parâmetros descritivos, para o período de 1982 a 1999, obtiveram as maiores médias de precipitação para os meses de janeiro (244,17 mm) e dezembro (219,32 mm).

A Figura 1 ilustra a série original de dados. Os picos com maiores e menores amplitudes representam, respectivamente, os períodos de chuva e de seca, com frequência de 12 meses, caracterizando assim um

padrão intra-anual de variabilidade. O resultado obtido pelo teste de Dickey-Fuller Aumentado implica na rejeição da hipótese nula de raiz unitária (p-valor menor que 0,05), o que confirma a estacionariedade na série.

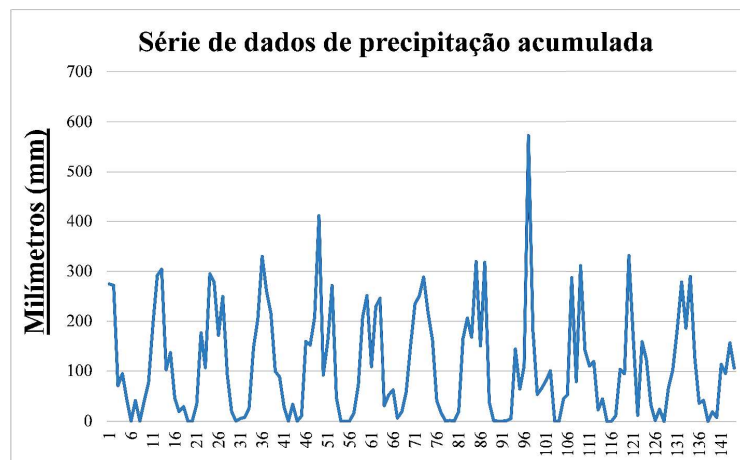


Figura 1. Série de precipitação acumulada mensal para a cidade de Rondonópolis-MT, totalizando 144 meses (período: 2004 a 2015).

Os resultados para os meses com menores valores de precipitação (julho e agosto), conforme a Tabela 1, também são consonantes com os resultados obtidos por Oliveira e Oliveira (2014), que encontraram médias de 12,08 mm (julho) e 23,28 mm (agosto) para os anos de 1982 a 1999. Devido à instabilidade do fenômeno da seca tem-se pequeno entendimento sobre o mesmo, por isso a dificuldade de previsão acuradas. Em se tratando dessas regiões com fortes atividades agrícolas, como o caso de Rondonópolis, o monitoramento temporal da seca passa ser aliada à produtividade da safrinha, que corresponde ao período de junho e julho nessas regiões (Santos, 2005).

A precipitação entre os meses de outubro e março apresentou média variabilidade (CV maior que 12% e menor que 60%), por causa da maior regularidade da ocorrência desse fenômeno. Os coeficientes de variação maiores que 60%, apresentados pelos meses de abril a setembro, indicam presenças de chuvas pontuais nesse período (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios, mínimos (mín.), máximos (máx.), desvio padrão (D.P), coeficiente de variação e classificação da variabilidade da precipitação acumulada mensal, conforme Warrick e Nielsen (1980), para a cidade de Rondonópolis-MT (período: 2004 a 2015).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Média (mm)	289,8	172,7	157,5	87,0	33,6	19,7	10,8	2,9	36,8	119,9	174,4	224,9
Mín. (mm)	108,3	12,2	53,0	30,4	1,0	0,0	0,0	0,0	4,9	52,7	63,6	79,6
Máx. (mm)	572,2	290,0	317,8	271,0	80,6	99,9	40,8	18,8	113,8	176,5	287,3	331,7
D.P (mm)	119,4	79,4	78,3	66,7	20,9	33,0	14,7	5,8	31,1	41,1	63,2	89,5
CV (%)	41%	46%	50%	77%	62%	167%	136%	198%	85%	34%	36%	40%
Variabilidade	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média

Para afirmar a presença de sazonalidade, entre 2004 e 2015, em Rondonópolis, na Figura 2 é apresentado o resultado das contribuições percentuais de precipitação de cada mês, considerando o valor

de 8,3% como o limite de contribuição (Nery et al., 2002). De outubro a março formou-se a estação chuvosa e a estação seca foi formada entre os meses de abril e setembro.

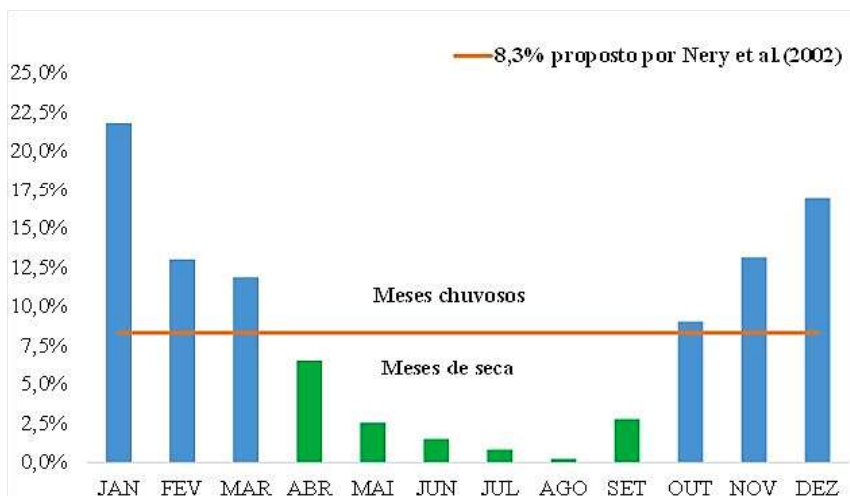


Figura 2. Contribuição média de cada mês em relação à média da precipitação acumulada anual para a cidade de Rondonópolis-MT (período: 2004 a 2015).

Modelo SARIMA

A partir de uma análise inicial das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial, desenvolveu-se um rol de modelos candidatos. O SARIMA que apresentou os menores valores de BIC, REMQ (raiz do erro médio quadrático), EAM (erro absoluto médio) e que apresentou autocorrelações não significativas (p-valor maior que 0,05) foi o (2,0,0) x (0,1,2), conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Valor de REMQ, EAM, BIC e da significância dada pelo teste de Ljung-Box.

Modelo SARIMA	(2,0,0) x (0,1,2)
REMQ (mm)	66,16
EAM (mm)	45,513
BIC	8,569
Ljung-Box	0,421

A série obtida pelo modelo e a série observada está na Figura 3. Observa-se que a série do modelo apresenta bom ajuste em relação aos dados observados. No entanto, para as grandes quantidades de chuvas, como indicado pela seta na Figura 3 (janeiro de 2012), o modelo não se ajustou adequadamente. Nesse caso, o pico representa a quantidade de chuva do mês de janeiro de 2012 (cerca de 572,20 mm), estando muito acima dos meses anteriores o que dificulta a previsão do modelo. Para as menores quantidades de chuvas, nos meses de seca, o modelo conseguiu se ajustar mais rigorosamente, apesar da estimativa de alguns valores negativos.

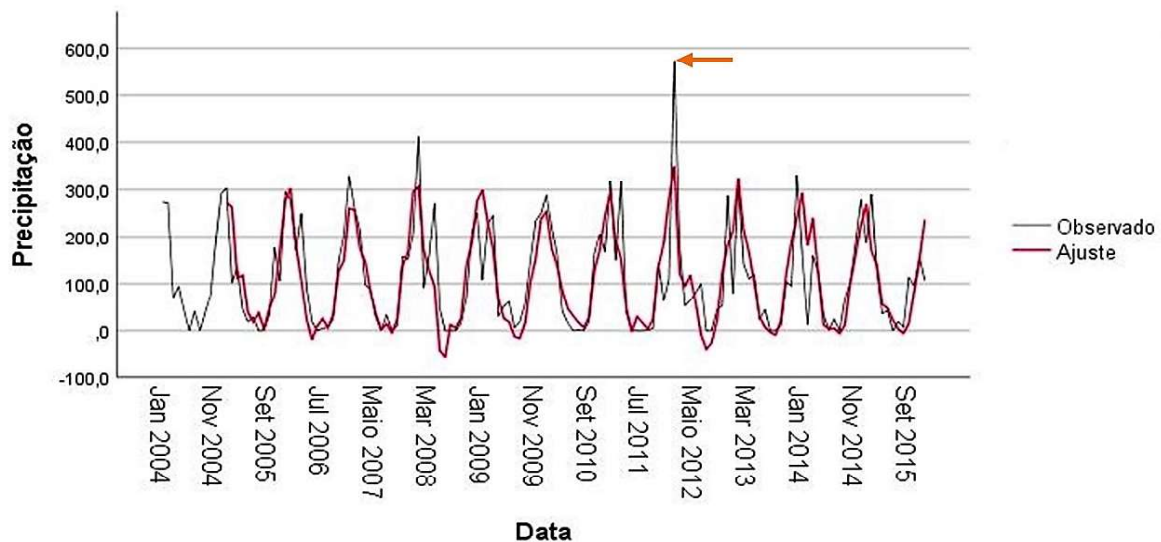


Figura 3. Série de precipitação observada e do modelo SARIMA (2,0,0) x (0,1,2) para a cidade de Rondonópolis-MT (período: 2004 a 2015).

CONCLUSÕES

A média da precipitação acumulada anual para Rondonópolis-MT, entre 2004 e 2015, foi de 1330 mm com desvio padrão de 145,6 mm, o que está dentro da faixa prevista pela literatura. Em dezembro e janeiro sucedeu-se a maior quantidade de chuva, e a menor em julho e agosto. As estações de chuva e seca foram bem definidas pelas faixas de meses outubro-março e abril-setembro, respectivamente.

A qualidade do ajuste e a capacidade de previsão do modelo que representa a dinâmica das precipitações mensais de Rondonópolis-MT foram avaliadas baseando-se em indicadores de desempenho (EAM, REMQ e BIC). Verificou-se que o modelo SARIMA (2,0,0) x (0,1,2) considera informações de sazonalidade e prevê previsões mais assertivas próximas da observada.

Portanto, este trabalho propõe a utilização do modelo SARIMA (2,0,0) x (0,1,2) em estudos envolvendo previsão de precipitação na região de Rondonópolis-MT.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES)-Código de Financiamento 001. Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (PPGFA-UFMT) pelo incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BATISTÃO, A. C. et al. 2014. Distribuição temporal e probabilidade de ocorrência de chuva no município de Juína (MT). **Revista Brasileira de Climatologia**, 13:258-270.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. 1976. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden Day, 575p.
- CARVALHO, R. L. S et al. 2016. Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondônia-Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, 18:122-142.

- CORDEIRO, M. B. et al. 2015. Aptidão agroclimática do trigo para as regiões de Rondonópolis, São José do Rio Claro, São Vicente e Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. **Revista Agro@ambiente On-line**, 9(1):96-101.
- ESPINOSA, M. M.; PRADO, S. M.; GHELLERE, M. 2010. Uso do modelo SARIMA na previsão do número de focos de calor para os meses de junho a outubro no Estado de Mato Grosso. **Ciência e Natura**, 32(2):7-21.
- FIGUEIREDO, N. M.; BLANCO C. J. C. 2014. Simulação de vazões e níveis de água médios mensais para o rio Tapajós usando modelo SARIMA. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 19(3):111-126.
- FILDER, T. N.; MURAYA, M. M.; MUTWIRI, R. M. 2019. Application of seasonal autoregressive moving average models to analysis and forecasting of time series monthly rainfall patterns in Embu County, Kenya. **Asian Journal of Probability and Statistics**,4:1-15.
- GUJARATI, D.N. 2006. **Econometria básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 812p.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/rondonopolis/pesquisa/38/47001?tipo=ranking>>. Acesso em 17 mai. 2019.
- KAWASE, K. H. F.; COUTINHO, E. R.; SILVA, R. M. 2015. Aplicação de Modelo Computacional de Redes Neurais na previsão de dados pluviométricos no município de Paty Alferes-RJ. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, 3(1).
- KIM, B. S.; HOSSEIN, S. Z.; CHOI, G. 2011. Evaluation of temporal-spatial precipitation variability and prediction using seasonal ARIMA model in Mongolia. **KSCE Journal of civil Engineering**, 15(5):917-925.
- KIBUNJA, H. W. et al. 2014. Forecasting precipitation using SARIMA Model: a case study of Mt. Kenya Region. **Mathematical Theory and Modelling**, 4(11):50-59.
- LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. 1978. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, 65(2):297-303.
- LOHMANN, M.; SANTOS, L. J. C.; CUNICO, C. 2016. Avaliação de modelos regressivo logístico e baseado em rede neural para previsão da probabilidade de ocorrência de alagamentos em Curitiba-PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 9(7):2247-2263.
- MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. 2011a. Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 4(4):696-710.
- MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; Rocha, H. M. 2011b. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 16(4):157-167.
- MARTINS, J. A. et al. 2010. Probabilidade de precipitação para a micro-região de Tangará da Serra, estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 40(3):291-296.
- MOREIRA, P. S. P. et al. 2015. Ciclo diário de variáveis meteorológicas nos biomas do estado de Mato Grosso (meteorological variables daily cycle in Mato Grosso state biomes). **Revista Brasileira de Climatologia**, 17:173-188.
- MURTHY, K. N.; SARAVANA, R.; KUMAR, K. V. (2018). Modeling and forecasting rainfall patterns of southwest monsoons in Northeast India as a SARIMA process. **Meteorology and Atmospheric Physics**, 130(1):99-106.
- NERY, J. T.; MARTINS, M.; SANT'ANA, J. L. N. 2002. Variabilidade da precipitação no Brasil Meridional. **Acta Scientiarum**, 24(6):1687-1695.
- NUNES, M. C. M. et al. 2016. Comportamento da precipitação pluvial do município de Cáceres, Pantanal Mato-Grossense, no período de 1971 a 2011. **Científica**, 44(3):271-278.
- OLIVEIRA, N. L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. 2015. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no estado do Mato Grosso. **Ciência e Natura**, 37(3):284-297.
- OLIVEIRA, J. R. T.; OLIVEIRA, L. M. T. 2014. Distribuição espacial da precipitação para a região Sudeste do estado de Mato Grosso. **E&S Engineering and Science**, 2(1):96-110.
- PEREIRA, A. R. et al. 2015. Análise do comportamento das médias anuais da precipitação pluvial e temperatura da

cidade de Areia, Paraíba. **Gaia Scientia**, 9(1):67-73.

PIETRO-SOUZA, W. et al. 2012. Produção de necromassa e de serrapilheira em Área de Preservação Permanente pertencente ao rio São Lourenço, Campo Verde-MT. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, 9(1):047-066.

PIZZATO, J. A. et al. 2012. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 42(2):137-142.

PRADO, M. R.V.; MATTOS V. M. 2015. Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos gerados na cidade de Poxoréu-MT, Brasil. **UNICIÊNCIAS**, 18(1):5-10.

RAMOS, H. C. et al. 2017. Precipitação e temperatura do ar para o Estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária. **Revista Brasileira de Climatologia**, 20: 211-233.

ROSA, D. B. et al. 2007. A distribuição espacial das chuvas na porção Centro-Oeste do estado de Mato Grosso-Brasil. **Revista Eletrônica AGB-TL**, 1(5):127-152.

SAMPSON, W.; SULEMAN, N.; GIFTY, A. 2013. Proposed seasonal autoregressive integrated moving average model for forecasting rainfall pattern in the Navrongo Municipality of Ghana. **Journal of Environment and Earth Science**, 3(12):80-85.

SANTOS, J. W. M. C. 2005. Ritmo climático e sustentabilidade socioambiental da agricultura comercial da soja no sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia**, 17:61-82.

SANTOS, R. S. 2016. A microrregião geográfica de Rondonópolis-MT e sua polarização na economia regional. **REVISTA NERA**, 33(19):155-180.

SARTORIS, A. 2003. **Estatística e introdução à econometria**. São Paulo: Saraiva, 426p.

SILVA, R. A. et al. 2010. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14(5):501-509.

SILVA, F. P. et al. 2016. Grau de sustentabilidade do município de Rondonópolis de estado de Mato Grosso, a partir do barômetro da sustentabilidade. **Revista ESPACIOS**, 37(23):1.

SCHWARZ, G. 1978. Estimating the dimension of a model. **The Annals of Statistics**, 6(2):461-464.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: D. Hillel (Org.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, p. 319-344.