

**Estudo do comportamento mensal das chuvas no Município de Aracaju, Estado do
Sergipe, Brasil**

Study of monthly rainfall behavior in the City of Aracaju, Sergipe State, Brazil

**Estudio del comportamiento de las lluvias mensuales en el Municipio de Aracaju, Estado
de Sergipe, Brasil**

Recebido: 30/06/2020 | Revisado: 20/07/2020 | Aceito: 22/07/2020 | Publicado: 02/08/2020

Otávio Enrique José de Oliveira Ramos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-5136>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: otaviojateioliveira@hotmail.com

Elias Silva de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9694-4019>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: eliasmedeiros@ufgd.edu.br

Alessandra Querino da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1702-0169>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: alessandrasilva@ufgd.edu.br

Luciano Antonio de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5054-2623>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: lucianoantonio@ufgd.edu.br

Carolina Cristina Bicalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4832-1909>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: carolinabicalho@gmail.com

Resumo

O objetivo deste artigo foi investigar os padrões (tendência e sazonalidade) dos níveis de precipitação pluviométrica no município de Aracaju, apresentando uma metodologia para realizar previsões adequadas para períodos de curto espaço temporal. Sabe-se que as diferentes regiões do Nordeste Brasileiro (NEB) apresentam alta variabilidade temporal das

precipitações. Especificamente, a NEB tem sofrido ao extremo com o clima, secas e cheias dentro de um mesmo ano, não sendo diferente no estado de Sergipe, em especial na sua capital, Aracaju. Para isso, utilizam-se tais previsões para antecipar os fenômenos e organizar ações mitigadoras. Neste estudo, optou-se por utilizar o modelo autorregressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA) que contém duas partes: uma não sazonal e uma outra parte sazonal. Os dados de precipitação acumulada mensal em Aracaju, no período de 1986 a 2018, apresentaram uma tendência decrescente e uma sazonalidade de doze meses. O ajuste da classe de modelos SARIMA a esta série histórica mostrou-se uma alternativa adequada para previsão da precipitação mensal nesta cidade. Portanto, por meio do estudo desse manuscrito, o modelo selecionado apresentou estimativas adequadas da precipitação, sugerindo assim que os modelos da classe SARIMA podem ser utilizados como ferramenta para previsão dos níveis mensais de chuvas na região em estudo. Estas estimativas podem ser utilizadas para uma melhor gestão dos recursos hídricos, antecipando as necessidades futuras da sociedade, tais como, longos períodos de estiagem, secas e inundações.

Palavras-chave: Séries temporais; Desastres naturais; SARIMA.

Abstract

The objective of this paper was to investigate the patterns (trend and seasonality) of the levels of rainfall in the municipality of Aracaju, presenting a methodology to make adequate forecasts for short periods of time. It is known that the different Northeast Brazilian regions (NEB) have high temporal variability in rainfall. Specifically, NEB has been suffering from extreme weather, droughts and floods within the same year, and it is no different in the state of Sergipe, especially in its capital, Aracaju. For that, such predictions are used to anticipate the phenomena and organize mitigating actions. In this study, we opted to use the integrated autoregressive model of seasonal moving averages (SARIMA) which contains two parts: one non-seasonal and another seasonal. Accumulated monthly precipitation data in Aracaju, from 1986 to 2018, showed a decreasing trend and a twelve-month seasonality. Adjusting the class of SARIMA models to this historical series proved to be an adequate alternative for forecasting monthly rainfall in this city. Therefore, through the study of this manuscript, the selected model presented adequate estimates of precipitation, thus suggesting that models of the SARIMA class can be used as a tool for forecasting monthly levels of rainfall in the region under study. These estimates can be used to better manage water resources, anticipating society's future needs, such as long periods of drought, droughts and floods.

Keywords: Time series; Natural disasters; SARIMA.

Resumen

El objetivo de este artículo fue investigar los patrones (tendencia y estacionalidad) de los niveles de lluvia en el municipio de Aracaju, presentando una metodología para hacer pronósticos adecuados para cortos períodos de tiempo. Se sabe que las diferentes regiones del Noreste de Brasil (NEB) tienen una alta variabilidad temporal en la precipitación. Específicamente, NEB ha estado sufriendo condiciones climáticas extremas, sequías e inundaciones durante el mismo año, y no es diferente en el estado de Sergipe, especialmente en su capital, Aracaju. Para eso, tales predicciones se utilizan para anticipar los fenómenos y organizar acciones de mitigación. En este estudio, elegimos usar el modelo integrado autorregresivo de promedios móviles estacionales (SARIMA) que contiene dos partes: una no estacional y otra estacional. Los datos de precipitación mensual acumulada en Aracaju, de 1986 a 2018, mostraron una tendencia decreciente y una estacionalidad de doce meses. Ajustar la clase de modelos SARIMA a esta serie histórica demostró ser una alternativa adecuada para pronosticar la precipitación mensual en esta ciudad. Por lo tanto, a través del estudio de este manuscrito, el modelo seleccionado presentó estimaciones adecuadas de precipitación, lo que sugiere que los modelos de la clase SARIMA pueden usarse como una herramienta para pronosticar los niveles mensuales de lluvia en la región en estudio. Estas estimaciones se pueden utilizar para gestionar mejor los recursos hídricos, anticipando las necesidades futuras de la sociedad, como largos períodos de sequía, sequias e inundaciones.

Palabras clave: Series temporales; Desastres naturales; SARIMA.

1. Introdução

A perspectiva de antever o futuro sempre encantou a humanidade. Saber o que vai acontecer antes mesmo dos primeiros sinais se manifestarem pode propiciar melhor aproveitamento dos efeitos benéficos de eventos futuros ou uma preparação antecipada de eventuais efeitos adversos. Talvez até mais importante que antecipar os resultados, seja reconhecer o que pode interferir favorável ou desfavoravelmente nos processos em curso, para permitir o planejamento (Antunes & Cardoso, 2015). Em relação ao conhecimento destes eventos, um dos mais importantes para gerenciamento de uma região é as estimativas da quantidade de precipitação pluviométrica em uma determinada localidade.

As enchentes e as secas acarretam danos socioeconômicos e ambientais de grande magnitude (Silva et al., 2020). Uma importante ferramenta que auxilia na previsão desses eventos extremos é o monitoramento e o estudo, seja diário e/ou mensal do regime

pluviométrico sobre uma determinada localidade (Vianello, 1991).

O conhecimento das condições climáticas, em especial sobre a precipitação de uma determinada região, é de suma importância para que se possa planejar e escolher uma melhor época de semear das culturas agrícolas, visando também, que as plantas possuem a necessidade hídrica de forma que devem ser adequadamente supridas nos estágios fenológicos, assim aumentando as chances de ganhos em termos de produtividade (Campos et al., 2008). Visando essa produtividade, o plantio em uma determinada região está diretamente relacionado com a precipitação pluviométrica local, assim como a fertilidade do solo (Suliano, Magalhães & Soares, 2009; Alcântara et al., 2020).

As diferentes regiões do Nordeste Brasileiro apresentam alta variabilidade temporal das precipitações. Especificamente, o NEB tem sofrido os extremos do clima, com secas e as cheias dentro de um mesmo ano. É comum a maior parte da população nordestina sobreviver a partir da agricultura sem utilizar irrigação, assim as culturas dependem fortemente da regularidade das chuvas (Silva et al., 2011). O estudo da previsão da precipitação é indispensável para o planejamento das atividades agrícolas, pois a população poderá obter previsões mais consistentes e ter decisões mais confiáveis (Chiaranda et al., 2012).

O estado de Sergipe apresenta uma transição entre os regimes pluviométricos, tendo registrado as maiores precipitações acumulada nos meses de fevereiro a maio, isso na região Norte do estado, e de dezembro a fevereiro na região Sul. Esta transição é observada no início ou no final da estação chuvosa fazendo com que se tenha uma alteração na precipitação, de forma positiva quando os valores são acima do normal ou negativamente quando são abaixo, causando dias de muito sol e calor. Esse regime pluviométrico do estado está ligado às condições atmosféricas e ao sistema sinótico que atuam no leste do Nordeste, fazendo com que se tenha uma grande variabilidade sazonal (Sergipe, 2011).

Diante do exposto, é de fundamental importância a modelagem dos níveis de chuvas de uma região, com o intuito de diagnosticar tendências e minimizar o máximo possível a quantidade de desastres naturais. Assim, este estudo tem por objetivo investigar os padrões (tendência e sazonalidade) dos níveis de precipitação pluviométrica no município de Aracaju, apresentando uma metodologia para realizar previsões adequadas para períodos de curto espaço temporal.

2. Metodologia

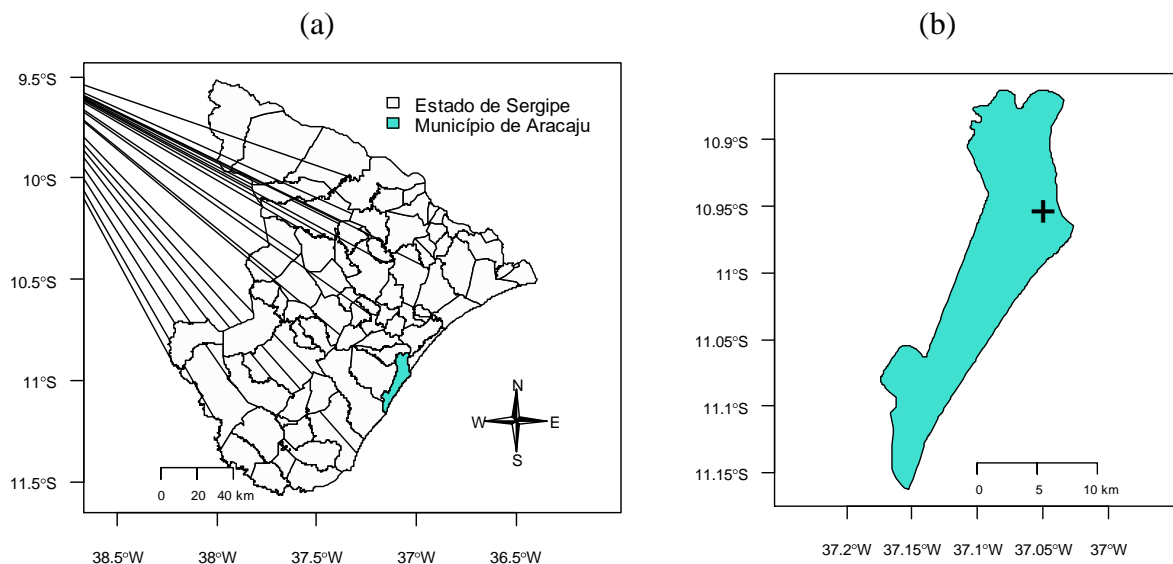
A pesquisa desenvolvida neste trabalho consistiu de um estudo de natureza aplicada,

com uma abordagem quantitativa em dados secundários (Knechtel, 2014), sendo empregados métodos estatísticos para exploração e modelagem, com o intuito de obter generalizações sobre a natureza dos dados em estudo (Pereira et al., 2018).

O conjunto de dados utilizado neste trabalho é referente à precipitação pluviométrica da cidade de Aracaju, capital do estado de Sergipe (Figura 1(a)). As observações coletadas são com relação ao período de 33 anos, compreendidos entre os meses de janeiro de 1986 a dezembro de 2018. A variável analisada foi a precipitação medida em milímetros (mm), acumulada no mês. Assim, a série histórica apresentava 396 registros. Com o intuito de mensurar a acurácia da previsão do modelo ajustado, foram retirados da modelagem os doze meses referentes ao ano de 2018. As notificações referentes ao ano de 2018 foram utilizadas para a validação do modelo proposto.

Os dados de precipitação foram coletados na estação convencional de Aracaju, a qual fica localizada a $-10,95^\circ$ de longitude, $-37,05^\circ$ de latitude e 4,72 metros de altitude (Figura 1(b)). Este conjunto de dados está disponível na Base de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), cujo órgão responsável é o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (<http://www.inmet.gov.br/portal/>).

Figura 1 - Localização do estado de Sergipe destacando a localização do município de Aracaju (a) e a localização geográfica da estação meteorológica (b).



Fonte: Autores (2020).

Neste trabalho, optou-se por utilizar o modelo autorregressivo integrado de médias móveis sazonal (SARIMA) que contém duas partes: uma não sazonal (p, d, q) e uma outra parte sazonal (P, D, Q). O modelo geral, com uma sazonalidade S , pode ser escrito da forma:

$$\phi(B)\Phi(B^S)(1-B^S)^D(1-B)^dZ_t = \theta(B)\Theta(B^S)a_t,$$

em que $\phi(B) = 1 - (\sum_{i=1}^p \phi_i B^i)$, $\Phi(B^S) = 1 - (\sum_{j=1}^P \Phi_j B^{jS})$, $\theta(B) = 1 - (\sum_{k=1}^q \theta_k B^k)$ e $\Theta(B^S) = 1 - (\sum_{w=1}^Q \theta_w B^{wS})$. A classe de modelos SARIMA é extremamente útil, uma vez que é capaz de modelar padrões como tendência e sazonalidade. Consultar o trabalho de Espinosa, Prado e Ghellere (2010) para maiores detalhes da estrutura algébrica desta classe de modelos.

Para analisar se a série histórica apresentava tendência e sazonalidade foram aplicados respectivamente os testes de Cox Stuart (Mateus & Caeiro, 2014) e de Kruskal-Wallis (Hollander, Wolfe & Chicken, 2013). Os ajustes dos diferentes modelos da classe SARIMA deu-se por meio da metodologia Box-Jenkins, a qual é composta por um ciclo de três etapas iterativas: identificação, estimação e diagnóstico do modelo (Morettin & Tolo, 2006). O teste de Ljung-Box foi aplicado nos resíduos de cada modelo ajustado com o intuito de verificar o pressuposto de que estes resíduos não são autocorrelacionados. Os critérios numéricos utilizados para seleção do modelo mais adequado ao ajuste da série histórica foram: o AIC (Critério de Informação de Akaike) e a RMSE (Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio).

Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software R* (R Development Core Team, 2018), com auxílio da biblioteca *forecast* (Hyndman et al., 2018).

3. Resultados e Discussão

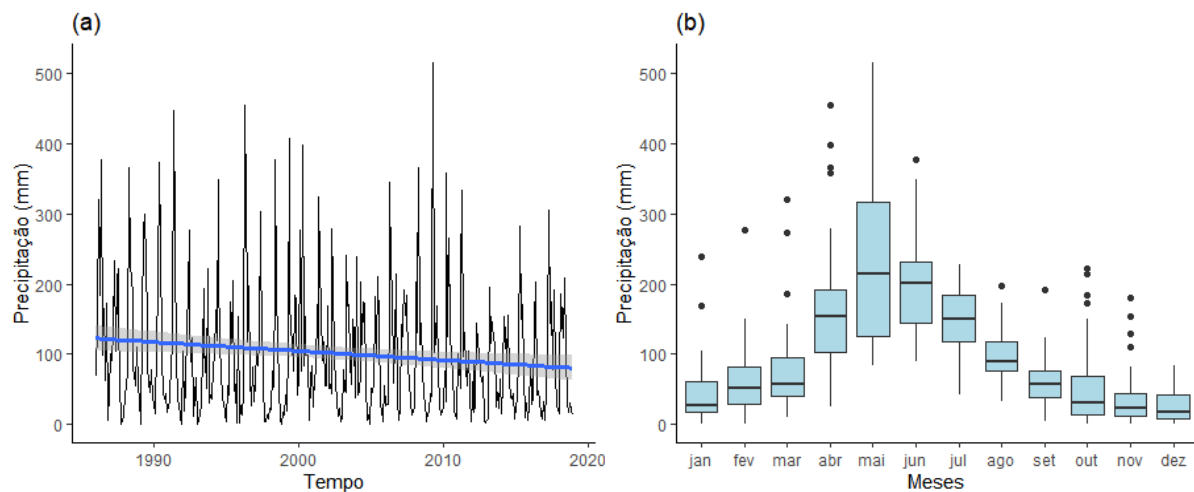
Tabela 1 – Medidas descritivas da precipitação acumulado mensal no município de Aracaju, no período de 1986 a 2018.

Mês	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Janeiro	1,20	238,50	46,97	50,05	107%
Fevereiro	0,40	276,70	63,94	54,45	85%
Março	10,80	320,80	80,28	69,02	86%
Abril	24,50	455,00	165,52	106,14	64%
Maió	84,60	515,80	236,82	116,30	49%
Junho	89,70	377,90	194,29	74,19	38%
Julho	41,80	228,20	148,72	45,45	31%
Agosto	33,40	197,50	97,62	39,18	40%
Setembro	4,20	191,70	61,78	35,57	58%
Outubro	0,00	221,30	57,00	63,37	111%
Novembro	1,20	180,90	40,83	45,00	110%
Dezembro	0,00	83,80	26,50	22,41	85%

Fonte: Autores (2020).

A Tabela 1 apresenta algumas medidas descritivas da precipitação acumulada mensal no município de Aracaju para um período de 33 anos. Os meses de abril a julho apresentaram valores médios da precipitação superiores a 100 mm. Na Figura 2(b) também pode se observar este comportamento. Adicionalmente, os meses de outubro a março apresentam baixos índices da variável em estudo. Assim, nota-se uma alta variabilidade da precipitação dentro e entre os meses, sendo que este comportamento influencia significativamente a produção agrícola e os recursos hídricos da região.

Figura 2 - Série temporal com linha de tendência na cor azul (a) e o gráfico de box-plot (b) para a precipitação acumulada mensal do município de Aracaju, no período de 1986 a 2018.



Fonte: Autores (2020).

Adicionalmente, Arai et al. (2009) afirma que a previsão mensal da precipitação possui significativa importância na caracterização do clima de uma determinada região, afetando diretamente no rendimento das culturas, um exemplo básico seria na produção agrícola. Longos períodos de estiagem, além de ocasionarem danos à agricultura da região, afetam também o nível de águas dos mananciais e reservatórios das usinas hidrelétricas, podendo gerar danos ao abastecimento urbano e à geração de energia elétrica (Silva, Lima & Bottega, 2011).

Na Figura 2(a) observa-se uma linha de tendência que foi ajustada por regressão linear, indicando uma tendência decrescente da precipitação ao longo do tempo, sugerindo que no modelo da série temporal deve ser considerado no ajuste uma diferença não sazonal. Adicionalmente, com esta tendência decrescente, o comportamento da precipitação acumulada mensal no município de Aracaju, tende a ser cada vez menor nos próximos anos. Ainda nesta figura percebe-se um comportamento periódico de 12 meses, ou seja, cada pico indica que há uma sazonalidade de 12 meses, indicando que no ajuste dos modelos SARIMA deve ser inserido uma diferença sazonal na série. Esta sazonalidade presente em dados de precipitação acumulada mensal é notável em todo o Brasil, em especial, nas diversas localidades da NEB.

Diversos estudos têm apontado a importância na modelagem de dados de chuvas e contribuem para o gerenciamento dos recursos hídricos e um melhor planejamento nas

atividades agrícolas. Sousa et al. (2011), analisando a relação entre a precipitação e a produtividade da mandioca no Cariri Cearense concluíram que a variabilidade climática do segundo semestre do ano tem relação com a produção agrícola em Juazeiro do Norte, em Farias Brito e em Crato, cidades essas que mais se destacam, sendo a cidade do Crato diretamente relacionada com a precipitação no Cariri, de acordo com as correlações da análise de componentes principais.

Santos et al. (2009), por sua vez, verificaram os impactos gerados na agricultura durante a seca do ano de 2012. Correlacionando a produção aos totais pluviométricos, estabeleceu-se uma série de correlação entre precipitações e análise das produções de cana-de-açúcar e mandioca. Foi obtida uma correlação forte e positiva em relação à cana-de-açúcar e correlação moderada para a mandioca, com os totais pluviométricos.

Moreno, Silva e da Silva (2016) correlacionaram sazonalmente os dados de precipitação e de temperatura com a produtividade das culturas da banana e do caju no estado do Ceará e obtiveram que para a cultura da bananeira a precipitação é desfavorável em todas as estações, exceto no inverno. Por outro lado, a precipitação é favorável para a cultura do caju apenas no outono. No que se refere à temperatura e a insolação para ambas as culturas, todas as estações se mostram favoráveis ao cultivo, assim a produção dessas frutíferas é viável no que se refere às condições climáticas ideais para os cultivos, apesar das precipitações serem muito baixas, o que pode dificultar a plantação da fruticultura se não forem implantados equipamentos de irrigação.

Outro exemplo, é a produtividade do arroz sequeiro que é estritamente dependente da interação entre as fases fenológicas de sua espécie e suas variações interanuais do tempo e clima. Essa cultura de plantio, e outras do mesmo tipo são dependentes da quantidade, distribuição e da intensidade das chuvas. Por outro lado, os fenômenos El Niño (que é a alteração na distribuição da temperatura da superfície da água do Oceano Pacífico, com grandes alterações no clima) e o fenômeno Dipolo (que se têm quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes, e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias, sendo um fenômeno oceano/atmosférico encontrado no Oceano Atlântico Tropical) influenciam nas precipitações pluviométricas no Nordeste Brasileiro, fazendo com que se tenham variações no rendimento das culturas agrícolas dessa região (Silva et al., 2002).

Portanto, existe grande necessidade de modelar dados de precipitação por meio de modelos de series temporais, em especial da classe SARIMA, que são capazes de realizar previsões de níveis de chuvas mensais, fornecendo conhecimento antecipado, que pode ser

utilizado para subsidiar ações de políticas públicas. A seguir são apresentados os resultados da modelagem da precipitação acumulada mensal do município de Aracaju.

O teste de Cox Stuart para verificar a existência de tendência na série histórica resultou no valor p de $2,146 \times 10^{-4}$, indicando que há fortes evidências estatísticas de que a série mensal da precipitação apresentou uma tendência não constante. Para esta mesma série histórica, o teste de Kruskal-Wallis forneceu um valor p de $2,2 \times 10^{-16}$, sugerindo a existência de sazonalidade. Ambas as indicações de tendência e sazonalidade foram consideradas ao nível de 5% de significância. Por meio destes resultados foram sugeridos diferentes modelos da classe SARIMA (Tabela 2).

Tabela 2 – Critérios numéricos AIC e RMSE para seleção de modelo e os respectivos valores p do teste de Ljung-Box (L-B).

SARIMA	AIC	RMSE	L-B
(1,1,0)(1,1,0) ₁₂	4461,405	96,088	0,001
(0,1,1)(0,1,1) ₁₂	4209,935	64,555	0,793
(0,1,1)(1,1,0) ₁₂	4321,825	78,893	0,624
(0,1,1)(1,1,1) ₁₂	4210,507	64,401	0,769

Fonte: Autores (2020).

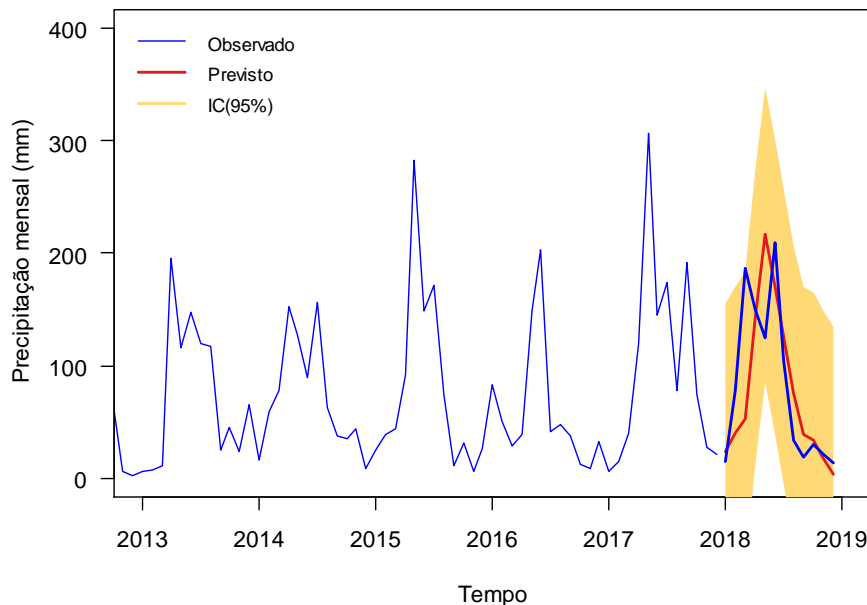
Na Tabela 2 nota-se que apenas o modelo SARIMA (1,1,0)(1,1,0)₁₂ apresentou problemas em relação aos resíduos serem estatisticamente autocorrelacionados, ao nível de 5% de significância. Por meio da estatística AIC o modelo mais adequado é o SARIMA (0,1,1)(0,1,1)₁₂. Entretanto, a estatística RMSE indicou que o SARIMA (0,1,1)(1,1,1)₁₂ é o que oferece dentre os modelos sugeridos, os melhores resultados em relação a predição, embora a diferença entre estas estatísticas nestes dois modelos é de apenas 0,238%. Sendo assim, levando-se em conta o princípio da parcimônia, o modelo SARIMA (0,1,1)(0,1,1)₁₂ é o mais indicado para obter previsão da precipitação acumulada mensal, uma vez que apresenta apenas dois parâmetros. Este modelo pode ser escrito da forma:

$$(1 - B^{12})^1(1 - B)^1 Z_t = [1 + 0,979B][1 + 0,995B^{12}] a_t,$$

em que, todas as estimativas foram estatisticamente diferentes de zero ao nível de 5% de significância.

Na Figura 3 é apresentada parte da série histórica da precipitação mensal acumulada no município de Aracaju, seguido dos valores observados e previstos pelo modelo SARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ para o ano de 2018.

Figura 3 - Série histórica da precipitação mensal acumulada (mm) no município de Aracaju e os respectivos valores previsto pelo modelo SARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$, seguido da região de 95% de confiança.



Fonte: Autores (2020).

Para realizar uma análise estatística no ano de 2018, foi feita uma comparação entre os valores observados e previstos, resultando em uma estatística RMSE de 51,88 mm.

De acordo com o Centro de Estudos e Pesquisas em Desastres (CEPED) da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED, 2013), entre os anos de 1991 a 2012, em Sergipe, mais de 700 mil pessoas foram atingidas pela estiagem e seca em toda a região. Neste mesmo período, os meses de janeiro e julho foram os que apresentaram as maiores e menores frequências de estiagem e seca, respectivamente.

Na mesorregião Leste Sergipano, encontra-se Aracaju, apresentando a maior quantidade de desastres causados pelas enxurradas, resultando em um total de 77% dos registros. Uma justificativa para este ocorrido deve-se ao elevado crescimento populacional, o qual tem resultado em ocupações de áreas que antes eram responsáveis por uma drenagem eficiente das águas das chuvas (CEPED, 2013). De acordo com o estudo supracitado, o município de Aracaju durante um período de 22 anos (1991-2012), foi o que apresentou a maior quantidade de pessoas que foram afetadas por alagamento.

No estudo aqui apresentado, o modelo selecionado apresentou estimativas adequadas da precipitação, sugerindo assim que os modelos da classe SARIMA podem ser utilizados como ferramenta para previsão dos níveis mensais de chuvas da capital do estado de Sergipe. Estas estimativas podem ser utilizadas para uma melhor gestão dos recursos hídricos e o gerenciamento de políticas públicas no intuito de prevenir e/ou minimizar os efeitos de desastres naturais como: longos períodos de estiagem, secas severas, inundações e enchentes.

4. Considerações Finais

Os dados de precipitação acumulada mensal no município de Aracaju, no período de 1986 a 2018, apresentaram uma tendência decrescente e uma sazonalidade de 12 meses. O ajuste da classe de modelos SARIMA a esta série histórica mostrou-se uma alternativa adequada para previsão da precipitação mensal nesta região. Para trabalhos futuros devem ser realizadas análises para modelar a alta variabilidade existente entre os meses, e também dentro de cada mês quando comparado os diferentes anos.

No contexto de séries temporais, as previsões ao longo prazo tendem a apresentar superestimação ou subestimação para a variável em estudo. Assim, esta pesquisa apresenta uma grande contribuição para previsão de estimativas da precipitação máxima para um período curto de tempo, no máximo 12 meses.

Referências

Alcântara, L. R. P., Silva, M. E. R., Santos Neto, S. M., Lafayette, F. B., Coutinho, A. P., Montenegro, S. M. G. L., & Antonino, A. C. D. (2020). Climate change and trends of the rainfall of the city of Recife. *Research, Society and Development*, 9(3), 1-21.

Antunes, J. L. F. & Cardoso, M. R. A. (2015). Using time series analysis in epidemiological studies. *Epidemiol. Serv. Saúde*. 24(3), 565-76.

Arai, F. K, Pereira, S. B., Gonçalves, G., Daniel, O., Peixoto, P., & Vitorino, A. C. T. (2009). Espacialização da precipitação pluvial na Bacia do Rio Dourados. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2-7 ago., Fortaleza. Anais Fortaleza: UFC. CD-ROM.

Campos, J. D. C., Silva, V. D. P., Azevedo, P. V., Borges, C. J., Soares, J. M., Moura, M.S., & Silva, B. B. (2008). Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.*, (12(2), 150-156.

CEPED - Centro Universitário sobre Estudos e Pesquisa sobre Desastres. (2013) Universidade Federal de Santa Catarina. *Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012*. Volume Brasil. Ed. 2. Florianópolis: CEPED/UFSC,126.

Chiaranda, R., Rizzi, N. E., Colpini, C., Soares, T. S., & Versides, S. M. (2012). Análise da precipitação e da vazão da bacia do Rio Cuiabá. *Rev. Bras. Ciênc. Agrag.*, 7(1), 117-122.

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. *Ciênc. Nat.*, 32(2), 07-21.

Hyndman, R. J., Athanasopoulos, G., Bergmeir, C., Caceres, G., Chhay, L., O'Hara-Wild, M., Petropoulos, F., Razbash, S., Wang, E., & Yasmeen, F. (2018). forecast: Forecasting functions for time series and linear models. *Software, R package*.

Knechtel, M. D. R. (2014). Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada. *Curitiba: Intersaberes*.

Mateus, A., & Caeiro, F. (2014). An R implementation of several randomness tests. *In AIP Conference Proceedings*, 1618(1), 531-534. American Institute of Physics.

Morettin, P. A., & Toloi, C. M. C. (2006). *Análise de séries temporais*. Blücher. São Paulo.

Moreno, N. B. C., Silva, A. A., & da Silva, D. F. (2016). Análise de variáveis meteorológicas para indicação de áreas agrícolas aptas para banana e caju no Estado do Ceará. *Revista Rev. Bras. Geogr. Fís.*, 9(01), 1-15.

Hollander, M., Wolfe, D. A., & Chicken, E. (2013). *Nonparametric statistical methods*. John Wiley & Sons.

Pereira, A. S., et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SERGIPE (2011). *Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC)*. Acervo fotográfico.

Santos, C. A. C. D., Brito, J. I. B. D., Rao, T. V. R., & Menezes, H. E. A. (2009). Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. *Rev. Bras. de Meteorol.*, 24(1), 39-47.

Silva, V. D. P. D., Guedes, M. J., Lima, W. F., & Campos, J. H. (2002). Modelo de previsão de rendimento de culturas de sequeiro, no semi-árido do Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.*, 6(1), 83-87.

Silva, S. D. A., Lima, J. S. D. S., & Bottega, E. L. (2011). Variabilidade espacial da precipitação pluviométrica para o Estado do Espírito Santo utilizando métodos multivariados. *Rev. Bras. Ciên. Agrár.*, 6(4), 703-790.

Silva, V. P., Pereira, E. R., Azevedo, P. V. D., Sousa, F. D. A., & Sousa, I. F. D. (2011). Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.*, 15(2), 131-138.

Silva, M. F. C., Barboza, E. N., & Silva, A. M. S. (2020). Climatology applied in the analysis of urban disasters: the case of the climatic event of Bodocó, Pernambuco, *Brazil. Research, Society and Development*, 9(7), 1-21.

Sousa, A. B., Rufino, L. L., Maia, L. M., Moura, M. A. R., Silva, D. F. & Farias, W. R. G. (2011). Relação entre variabilidade climática e produção agrícola de mandioca no Cariri Cearense. Anais. In: IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa. Recuperado de <<http://www.sbmet.org.br/sic2011/arq/37469125081903746912508.pdf>>.

Suliano, D. C., Magalhães, K. A., & Soares, R.B. (2009). A Influência do Clima no Desempenho da Economia Cearense. Fortaleza: IPECE.

Vianello, R. L. (1991). *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: Imprensa Universitária.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Otávio Enrique José de Oliveira Ramos – 26%

Elias Silva de Medeiros – 20%

Alessandra Querino da Silva – 18%

Luciano Antonio de Oliveira – 18%

Carolina Cristina Bicalho – 18%