Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Análise da Variação Sazonal e de Tendências na Precipitação Pluviométrica no Município de Juazeiro-BA

Henrique Santos Junqueira¹, Luan Moreira Fernandes de Almeida², Tailan Santos de Souza³, Patricia dos Santos Nascimento⁴

¹Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental – UEFS, e-mail: henriquesantosjunqueira@gmail.com;

²Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental – UEFS, e-mail: fernandes.uefs@gmail.com; ³Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental – UEFS, e-mail: tailan_santoss@hotmail.com (autor correspondente); ⁴Prof^a Dr^a do Departamento de Tecnologia - UEFS, e-mail: patysnasc@gmail.com.

Artigo recebido em 16/05/2020 e aceito em 09/07/2020

RESUMO

A cidade de Juazeiro-BA destaca-se por ser um importante polo de desenvolvimento agrícola em bases irrigadas no Nordeste, no qual a distribuição sazonal da precipitação pluviométrica tem influência decisiva no contexto da relação saúde e saneamento em áreas urbanizadas, na agricultura familiar, no abastecimento de água de famílias isoladas e na economia dessa região. Assim, essa pesquisa tem como objetivo avaliar a distribuição das chuvas no município de Juazeiro-BA, analisando uma série diária de 32 anos de dados pluviométricos, calculando os valores anuais e sazonais do Índice de Concentração da Precipitação (ICP) e realizando um estudo de tendência da precipitação pluviométrica, a partir do método de Mann-Kendall. Os resultados revelaram que, em Juazeiro, o período chuvoso é bem definido, com os maiores índices de precipitação entre os meses de dezembro e março. O ICP anual tem o valor de 28,48 %, indicando alta irregularidade na distribuição das chuvas anuais, possibilitando a ocorrência de eventos extremos, tanto de inundações quanto de escassez hídrica. O teste de Mann-Kendall, para o período em estudo, apresentou tendência de diminuição da média pluviométrica anual em 7,51 mm, o que pode aumentar o déficit hídrico na região.

Palavras-chave: Chuvas; Séries Climáticas; Concentração Pluviométrica; Mann-Kendall.

Seasonal Variation and Trend in Rainfall in the Municipality of Juazeiro-BA

ABSTRACT

The city of Juazeiro-BA stands out for being an important agricultural development hub on irrigated bases in the Northeast, in which the seasonal distribution of pluviometric precipitation has a decisive influence in the context of the health and sanitation relationship in urbanized areas, in family agriculture, in water supplying of isolated families and the economy of that region. Thus, this research aims to assess the distribution of rainfall in the municipality of Juazeiro-BA, analyzing a daily series of 32 years of rainfall data, calculating the annual and seasonal values of the Precipitation Concentration Index (PCI) and conducting a rainfall trend study, using the Mann-Kendall method. The results revealed that, in Juazeiro, the rainy period is well defined, with the highest levels of precipitation between the months of December and March. The annual PCI has a value of 28.48 %, indicating a high irregularity in the distribution of annual rainfall, enabling the occurrence of extreme events, both floods and water scarcity. The Mann-Kendall test, for the period under study, presented tendency decrease of the annual rainfall average by 7.51 mm, which may increase the water deficit in the region.

Keywords: Rainfall; Climate Series; Rain Concentration; Mann-Kendall.

Introdução

A distribuição pluviométrica sazonal tem influência decisiva na produção agrícola e na economia das cidades. A variabilidade das chuvas está diretamente relacionada com a dinâmica geral

da atmosfera e com o relevo da região, sendo que a distribuição espacial e temporal da precipitação pluviométrica condiciona as ações de saneamento, os ciclos da agropecuária e outras atividades econômicas e sociais.

Os estudos da hidrologia e da climatologia têm se voltado para avaliação e análise de séries temporais aplicadas a informações climáticas, dada a grande interferência do clima em diversas atividades econômicas, como agricultura, pecuária, turismo, abastecimento e geração de energia elétrica. Baseado nessas análises de séries temporais de variáveis climatológicas, como a precipitação pluviométrica, é possível elaborar modelos de previsão para cenários futuros, que tentam contornar a imprevisibilidade dos fenômenos climáticos (Chechi e Sanches, 2013).

O Índice de Concentração da Precipitação (ICP), proposto por Oliver (1980), tem a finalidade de determinar o grau de concentração ou a sazonalidade da precipitação. O ICP se baseia na distribuição mensal de chuvas, sendo recomendado para obtenção de informação sobre a variabilidade total da precipitação em um determinado período temporal, sendo calculado em escalas anuais e sazonais. Quanto maior o seu valor, maior a concentração da precipitação.

De Luis *et al.* (2011) afirmam que esse índice permite compreender o comportamento da concentração da chuva em intervalo de tempo e, uma vez que a chuva influencia diretamente no fluxo das águas nos meios urbano e rural, o conhecimento da concentração de precipitação é indispensável para subsidiar a gestão de projetos de drenagem de águas pluviais e a adoção de fontes descentralizadas de abastecimento de água.

Para avaliar as tendências de chuva são encontrados na literatura testes paramétricos e não paramétricos, sendo os não paramétricos mais eficientes, pois as séries de dados pluviométricos não assumem uma distribuição normal. O mais utilizado é o teste proposto por Mann-Kendall (Queiroz, 2013). Segundo Penreiro e Ferreira (2011), esse teste é um método que vem sendo muito utilizado para analisar tendências em séries temporais.

O teste de Mann-Kendall é considerado um teste robusto e, por não ser paramétrico, não exige a normalidade dos dados (Wang, 2008), apresentando a vantagem de ser pouco influenciado por mudanças abruptas ou séries não homogêneas (Back, 2001; Yue, Pilon e Cavadias, 2002; Zhang *et al.*, 2009). Este teste é fortemente recomendado pela Organização Meteorológica Mundial para detectar tendências em séries históricas de dados hidrológicos e climáticos, bem como dos índices relacionados (Yue, Pilon e Cavadias, 2002; Huang *et al.*, 2014).

No ambiente urbano da cidade de Juazeiro são observadas sobrecargas recorrentes nos

sistemas de drenagem, apresentando inundações devido a chuvas intensas e infraestrutura defasadas, que resultam em prejuízo à saúde da população, sobretudo nas regiões mais baixas da cidade (Nigro, 2017).

Em ambientes rurais, segundo Ely, Almeida e Sant'anna Neto (2003), os efeitos adversos da precipitação implicam na perda parcial ou total de safras, comprometendo o mercado, a segurança alimentar e aumentando o desemprego. Esses efeitos ainda influenciam o uso de cisternas, uma solução de sucesso para abastecimento em comunidades dispersas e isoladas, que é aplicada tanto em países desenvolvidos, quanto em desenvolvimento (Domènech, Heijnen e Saurí, 2012; Rahman *et al.*, 2014; Elliott *et al.*, 2017).

Estudos com o propósito de avaliar a eficiência de cisternas concluíram que os sistemas que consideram os efeitos de sazonalidade das chuvas no dimensionamento possuem maior confiabilidade no provimento de água (Imteaz *et al.*, 2012; Imteaz, Ahsan e Shanableh, 2013; Hanson e Vogel, 2014). Nesses casos, segundo Simões, Cohim e Araújo (2017), o efeito do ICP tem como influência a redução da eficiência dos sistemas de captação de água de chuva, pois implicam na necessidade de reservatórios maiores para estocar toda a água precipitada e poder usa-la durante o período de estiagem.

Segundo informações da Articulação com o Semiárido (ASA), Juazeiro possui apenas 90 sistemas de captação de água de chuva disponibilizados pelo Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC), sendo que, em muitos casos, elas são a única fonte de abastecimento de água segura. Entender a distribuição temporal das chuvas significa melhorar as condições de acesso à água (ASABRASIL, 2019).

Diante desse cenário, que demonstra como o município carece de embasamento hidrológico nos projetos de drenagem urbana e abastecimento descentralizado, esse artigo se propõe a indicar o comportamento da distribuição de chuvas locais, que, sendo irregular, pode afetar diretamente as atividades econômicas da região e a saúde dos moradores.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a distribuição da precipitação pluviométrica no município de Juazeiro-BA, através da avaliação da tendência dos dados históricos e do ICP, para definição da variabilidade temporal e sazonal das chuvas.

Material e métodos

Área de Estudo

Juazeiro é a quinta cidade mais populosa da Bahia, com uma população estimada de 216.707 habitantes para o ano de 2019, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019). A cidade situa-se na mesorregião do Vale São-Francisco, com coordenadas (09° 24' 42" S e 40°

29' 55" W). A microrregião de Juazeiro está localizada no submédio da bacia hidrográfica do São Francisco, e, em conjunto com o município vizinho de Petrolina-PE, forma o maior aglomerado urbano do semiárido brasileiro. A Figura 1 apresenta a localização geográfica do município de Juazeiro-BA.

Figura 1 - Localização do município de Juazeiro-BA. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A cidade de Juazeiro-BA está localizada no semiárido, dentro do Polígono das Secas, e possui um território vulnerável e sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens, com uma média pluviométrica anual de 428,9 mm (CBHSF, 2004). De acordo com Assis, Souza e Sobral (2015), uma característica marcante da região do submédio São Francisco é o baixo volume precipitado, com totais anuais variando entre 300 mm e 1200 mm, sendo que os menores ocorrem no Sertão de São Francisco em Pernambuco e na Bahia, com totais entre 300 e 600 mm, em média.

O Comitê de Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF, 2004) ressalta que, além da variabilidade dentro do ano, também existem grandes diferenças de precipitações de um ano para outro na região, ocorrendo chuvas acima da média em uma grande sequência de anos, seguidos de anos com pouco volume precipitado, ocasionando as secas prolongadas. Assim, o problema comum de secas na bacia do São Francisco está mais relacionado com a distribuição irregular das chuvas do que propriamente com a falta das mesmas.

Dados coletados

Foram utilizados dados coletados no *Hidroweb*, banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), para uma estação pluviométrica localizada na região de Juazeiro-BA, que apresenta 33 anos de informações pluviométricas diárias e anuais, entre os anos de 1980 e 2012. O preenchimento de falhas foi realizado pelo método de médias regionais, desenvolvido por Paulhus e Kohler (1952), com base nos registros pluviométricos de três estações mais próximas e espaçadas do período temporal da falha.

Índice de Concentração da Precipitação (ICP)

Para determinar o grau de concentração e a sazonalidade da precipitação foram calculadas as séries anuais e sazonais de precipitação e do Índice de Concentração da Precipitação (ICP), dado pela Equação 1, onde p_i representa a precipitação mensal no mês i .

$$ICP (anual) = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} p_i)^2} \quad (1)$$

Esse índice também pode ser calculado em escala sazonal (Equação 2), para os meses correspondentes às estações do verão, outono, primavera e inverno (De Luis *et al.*, 2011).

$$ICP (sazonal) = 25 \times \frac{\sum_{i=1}^3 p_i^2}{(\sum_{i=1}^3 p_i)^2} \quad (2)$$

O menor valor para o ICP é de 8,3 %, indicando perfeita uniformidade na distribuição da precipitação. Da mesma forma, valores próximos de 16,7 % indicam que a precipitação total foi concentrada em meio do período e valores de ICP acima de 25 %, que a precipitação total ocorreu em 1/3 do período, ou seja, se tratando do período anual, ICP muito elevado indica que a precipitação pluviométrica está concentrada em apenas quatro meses.

Análise de Tendência

Para avaliar a hipótese de tendências na série estudada, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975). Para a aplicação desse método consideram-se duas hipóteses a serem testadas: em H_0 , os dados constituem uma amostra aleatória de N valores independentes e identicamente distribuídos, ou seja, o conjunto de dados não apresenta tendência; enquanto em H_1 , a distribuição das variáveis X_i e X_j não é idêntica, para pelo menos alguns valores de i , com $j \leq N$ e $i \neq j$, onde i e j são as sequências dos dados e N é a dimensão da série. A estatística do método de Mann-Kendall (S) é dada pela Equação 3 e a função sinal é apresentada pela Equação 4.

$$S = \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{i=j+1}^N \text{sgn}(x_i - x_j) \quad (3)$$

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1, & \text{se } (x_j - x_k) > 0 \\ 0, & \text{se } (x_j - x_k) = 0 \\ -1, & \text{se } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

A média e variância de S , para variável aleatória distribuída sem tendências, são dadas pelas Equações 5 e 6, respectivamente.

$$E(S) = 0 \quad (5)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{[N \times (N - 1) \times (2N + 5)]}{18} \quad (6)$$

Fazendo-se o teste bilateral, em nível de significância α , a hipótese H_0 é rejeitada se o teste estatístico padronizado $Z < Z_{\alpha/2}$ ou $Z > Z_{\alpha/2}$, onde a estatística normalizada Z de Mann-Kendall segue aproximadamente a distribuição normal com média zero e variância um. O valor de Z é calculado por meio da Equação 7.

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{(\text{Var}(S))^{\frac{1}{2}}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S + 1}{(\text{Var}(S))^{\frac{1}{2}}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Em posse do valor de Z , é possível determinar a probabilidade de rejeitar a hipótese nula (valor p), ela sendo verdadeira. Este valor foi avaliado tendo como nível de significância 5% ($\alpha = 0,05$), para todos $i > j$.

Resultados e discussão

Por meio da análise dos dados, foi possível observar que o município de Juazeiro apresentou, para o período em estudo, uma média anual precipitada de 429 mm, considerado um baixo índice pluviométrico, conforme apresentado na Figura 2.

Os resultados demonstram que 46 % dos valores retornados para as precipitações anuais estavam acima da média e 54 % abaixo da média calculada, o que pode ser um indicativo para tendências negativas na distribuição das chuvas. Santos e Silva Júnior (2016) também verificaram que Juazeiro apresenta índices de precipitações oscilantes ano após ano.

Figura 2 - Gráfico representativo da relação entre a precipitação anual e a média da série histórica precipitada para o município de Juazeiro – BA, entre 1980 e 2012. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A Figura 3 apresenta o ICP anual médio para a cidade de Juazeiro no período estudado, que foi de 28,48 %, representando um alto nível de concentração das chuvas e indicando que a precipitação total se concentra em 1/3 do ano. Segundo Gil (2012) e Viola *et al.* (2014), o alto grau de concentração de precipitação dificulta o estoque de água para o uso no tempo de seca e aumentam os riscos de estiagem, inundações e erosão, uma vez que o total pluviométrico se aglomera em apenas quatro meses do ano: dezembro, janeiro, fevereiro e março, o mês da precipitação máxima.

Os valores máximos de ICP foram 50,30 % e 49,65 % e ocorreram em 1981 e 2012, respectivamente. Dentre esses anos, ocorreu o menor índice de precipitação total, 115 mm, referente a 2012. Ao mesmo tempo, os anos de 1985 e 2000 apresentaram os menores valores de

ICP, respectivamente 19,27 % e 16,72 %, sendo que, dentre eles, 1985 apresentou o maior índice de precipitação total da série histórica, igual a 970 mm. O efeito da concentração das chuvas no período de estiagem contribui para um agravamento do período de seca, pois grande parte da água de chuva anual se concentra em um curto período de tempo, dificultando o seu estoque e, consequentemente, o provimento de água nos períodos de estiagem.

Esses períodos de estiagem ou eventos de seca (suave, moderada, alta ou extrema) não são incomuns no município, sendo observada uma alta frequência de ocorrência, chegando próximo de 45 % do tempo, no período entre 1975 e 2010, segundo dados do estudo de Santos e Silva Júnior (2016).

Figura 3 - Gráfico representativo do Índice de Concentração da Precipitação (ICP) por ano de 1980 a 2012. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ndamani e Watanabe (2015) indicam que um ICP anual de 19 % já aponta para a necessidade de se adotar tecnologias para captação de água, com a finalidade de reduzir os problemas socioeconômicos aliados à grande incidência de períodos secos.

Em contrapartida, o elevado ICP em Juazeiro pode explicar a baixa confiabilidade no provimento hídrico dos sistemas de captação de água de chuva, no âmbito do P1MC. Na cidade, apenas 25,5 % dos sistemas atendem à demanda mínima de água, 70 % necessitam de acréscimo na área de captação e os outros 4,5 % precisam de cisternas maiores, expondo a população da cidade ao risco da utilização de fontes não tratadas (Almeida, 2017).

O resultado encontrado para o ICP em Juazeiro também explica a contradição da cidade, que possui baixo nível nos reservatórios de água

para abastecimento humano, ao mesmo tempo que convive com problemas de inundações, que sobrecarregam as estruturas de drenagem, durante as fortes precipitações (Nigro, 2017).

A média mensal de precipitação para Juazeiro (Figura 4) apresentou um resultado semelhante ao do cálculo do ICP, ou seja, ratificou a informação de que, em média, a precipitação total ocorreu em 1/3 do período, equivalente aos meses de dezembro a março.

Santiago *et al.* (2017) apontaram que o bimestre fevereiro e março (terceiro e primeiro mês mais chuvoso, respectivamente) possui a maior possibilidade de eventos chuvosos, enquanto as menores probabilidades de ocorrência de chuva situam-se de maio a outubro em Juazeiro, mesmo período com menores índices de chuva, nesse estudo.

Figura 4 - Gráfico representativo das médias mensais de precipitação ao longo do ano no município de Juazeiro - BA, entre 1980 e 2012. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A partir da Figura 5, que apresenta a distribuição do ICP sazonal em Juazeiro, verificamos que o valor do ICP para as estações climáticas possui uma média de 15,94 %, valor inferior à média de 28,48 % do ICP anual. Isso significa que dentro das estações climáticas, a chuva é distribuída com maior regularidade, em relação a distribuição dentro do ano. De Luis *et al.* (2011), Gonçalves e Back (2018) e Zamani *et al.* (2017), da mesma maneira, encontraram médias menores do ICP sazonal em relação ao ICP anual.

Para as estações chuvosas, ainda pode ser observado que no verão (janeiro, fevereiro e março), o ICP variou de 8,51 % a 20,54 %, apresentando uma amplitude de 12,03 % e média

de 13,08 %, enquanto que na primavera (outubro, novembro e dezembro), o ICP teve uma amplitude de variação de 16,4 %, entre 8,6 % e 25 %, com média de 15,2 %. Em contrapartida, nas estações secas, a amplitude de oscilação do ICP sazonal foi maior, flutuando entre 0 % e 25 % entre os meses de abril e setembro (outono e inverno).

Vale ressaltar que o valor de ICP igual a 0 % foi adotado em função de não existir precipitação no período, o que indetermina o índice. Já o valor 25 % indica que em apenas um mês do período trimestral houve registro da altura pluviométrica. Para o outono e o inverno, o ICP médio foi 16,9 % e 16,83 %, respectivamente. Gonçalves e Back (2018) verificaram o mesmo

comportamento de oscilação no município de Garuva - SC, onde as estações chuvosas

apresentam menor variação no ICP sazonal que as estações secas.

Figura 5 - Gráfico representativo do Índice de Concentração da Precipitação (ICP) por estação do ano, entre 1980 e 2012. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Em Juazeiro, é justamente nessas estações chuvosas que a população urbana, principalmente a parcela em situação de fragilidade, ainda se depara com eventos de inundação dos bairros mais baixos. Isso se deve principalmente à falta de investimentos em infraestrutura na drenagem urbana, intensificado ainda pela geomorfologia do município, configurado como terreno aplainado ou em baixas inclinações (Nigro, 2017).

Nesse contexto, os eventos de inundações registrados pela concentração da precipitação, associada à ineficiência do sistema de drenagem urbana e ao descarte inadequado dos resíduos sólidos, é confirmada no Diagnóstico do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMJ, 2015). Esses eventos resultam em ruas enlameadas, perdas de bens materiais, degradação do patrimônio público, desmoronamentos de edificações, pobreza, desabrigo e paludismo endêmico.

A análise de tendência resultou em um valor $Z = -1,53$, indicando que a hipótese nula deve ser rejeitada, e que a hipótese H_1 deve ser considerada, ou seja, a série de precipitação analisada apresenta tendência não significativa de redução do volume precipitado. No período analisado, a redução da precipitação é de 7,5 mm anuais, valor inferior aos obtidos por Cabral Júnior (2015), que utilizou o método não paramétrico de Mann-Kendall para o cálculo de variação na tendência de chuvas para as cidades de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE), obtendo tendências de redução na série temporal de 14,5 mm em Juazeiro e 7,7 mm em Petrolina.

Conclusão

A variabilidade temporal da precipitação pluviométrica no município de Juazeiro-BA foi definida a partir do cálculo do ICP e da análise de tendência da série histórica.

A precipitação média anual em Juazeiro foi da ordem de 429 mm, sendo que em 54 % dos anos analisados, o total pluviométrico esteve abaixo desse valor, sugerindo uma tendência de redução no volume precipitado.

A distribuição mensal das precipitações demonstra que o regime pluviométrico está concentrado em 4 meses do ano: dezembro, janeiro, fevereiro e março.

O ICP médio anual teve um valor de 28,48 %, indicando volumes de chuva cada vez mais concentrados e anos de secas cada vez mais longos.

As estações chuvosas (verão e primavera) apresentam menor variação e menores médias do ICP sazonal que as estações secas (outono e inverno), fortalecendo a ideia de maior concentração de precipitação nos períodos de estiagem.

A análise de tendência pelo método de Mann-Kendall demonstrou agravamento no déficit hídrico na região ao longo dos anos, com uma redução do volume médio precipitado em 7,5 mm anuais.

Recomenda-se a análise conjunta de um número maior de estações pluviométricas, preferencialmente na mesma região do Baixo e Médio São Francisco, o que possibilitará uma análise espacial da precipitação e do ICP, para a avaliação mais precisa dos efeitos da concentração de precipitação na região.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental e a Universidade Estadual de Feira de Santana.

Referências

- Almeida, L. M. F. 2017. Avaliação da adequabilidade na padronização de sistema de captação de águas de chuva no âmbito do P1MC. Feira de Santana/BA. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana.
- ASABRASIL. 2019. Programa 1 Milhão de Cisternas, ASA BRASIL. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>. Acesso em: 2 nov. 2019.
- Assis, J. M. O.; Souza, W. M.; Sobral, M. C. 2015. Análise climática da precipitação no submédio da bacia do Rio São Francisco com base no índice de anomalia de chuva. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 36, 115-127.
- Back, A. J. 2001. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36, 717-726.
- Cabral Júnior, J. B. 2015. Estimativas, variabilidade e análise de tendência da evapotranspiração de referência em perímetros irrigados, no semiárido do nordeste brasileiro. Natal/RN. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Chechi, L.; Sanches, F. de O. 2013. Análise de uma série temporal de precipitação para Erechim (RS) e um possível método de previsão climática. *Ambiência Guarapuava*, 9, 43-55.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - CBHSF. 2004. Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Salvador-BA. 337 p.
- De Luis, M.; Gonzalez-Hidalgo, J. C.; Brunetti, M.; Longares, L. A. 2011. Precipitation concentration changes in Spain 1946–2005. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 1259-1265.
- Domènech, L.; Heijnen, H.; Saurí, D. 2012. Rainwater harvesting for human consumption and livelihood improvement in rural Nepal: Benefits and risks. *Water and Environment Journal*, 26, 465-472.
- Elliott, M.; MacDonald, M. C.; Chan, T.; Kearton, A.; Shields, K. F.; Bartram, J. K.; Hadwen, W. L. 2017. Multiple Household Water Sources and Their Use in Remote Communities with Evidence from Pacific Island Countries. *Water Resources Research*, 53(11), 9106-9117.
- Ely, D. F.; Almeida, I. R.; Sant'anna Neto, J. L. 2003. Implicações políticas e econômicas, variabilidade climática e o rendimento da cultura do milho no estado do Paraná. *Geografia*, 12, 495-508.
- Gil, H. A. P. 2012. El índice de erosión potencial en la vertiente norte del Waraira Repano, estado Vargas, Venezuela. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 21, 85-97.
- Gonçalves, F. N.; Back, A. J. 2018. Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, 41, 592-602.
- Huang, J.; Sun, S.; Xue, Y.; Zhang, J. 2014. Spatial and temporal variability of precipitation indices during 1961-2010 in Hunan Province, central south China. *Theoretical and Applied Climatology*, 118, 581-595.
- Hanson, L. S.; Vogel, R. M. 2014. Generalized storage-reliability-yield relationships for rainwater harvesting systems. *Environmental Research Letters*, 9, 075007.
- Imteaz, M. A.; Adeboye, O. B.; Rayburg, S.; Shanableh, A. 2012. Rainwater harvesting potential for southwest Nigeria using daily water balance model. *Resources, Conservation and Recycling*, 62, 51-55.
- Imteaz, M. A.; Ahsan, A.; Shanableh, A. 2013. Reliability analysis of rainwater tanks using daily water balance model: Variations within a large city. *Resources, Conservation and Recycling*, 77, 37-43.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2019. Panorama. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/juazeiro/-panorama>. Acesso em: 24 abr. 2020.
- Kendall, M. G. 1975. Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London.
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
- Ndamani, F.; Watanabe, T. 2015. Influences of rainfall on crop production and suggestions for adaptation. *International Journal of Agricultural Science*, 5, 367-374.
- Nigro, M. 2017. Dos riachos aos canais: o desprezo pela natureza na cidade em ambiente semiárido no Brasil (Juazeiro-BA). Salvador/BA. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia.
- Oliver, J. E. 1980. Monthly precipitation distribution: A comparative index. *The Professional Geographer*, 32, 300-309.

- Paulhus, J. L. H.; Kohler, M. A. 1952. Interpolation of missing precipitation records. *Monthly Weather Review*, 80, 129-133.
- Penereiro, J. C.; Fereira, D. H. L. 2011. Estatística apoiada pela tecnologia: uma proposta para identificar tendências climáticas. *Acta Scientiae*, 13, 87-105.
- Prefeitura Municipal de Juazeiro - PMJ. 2015. Diagnóstico do plano municipal de saneamento básico. Juazeiro-BA. 414 p.
- Queiroz, M. A. 2013. Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais.
- Rahman, S.; Khan, M. T. R.; Akib, S.; Din, N. B. C.; Bisway, S. K.; Shirazi, S. M. 2014. Sustainability of rainwater harvesting system in terms of water quality. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Santiago, E. J. P.; Oliveira, G. M.; Leitão, M. M. V. B. R.; Moura, M. S. B.; Gonçalves, I. S. 2017. Precipitação esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de Juazeiro, BA. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2, 457-464.
- Santos, J. A.; Silva Júnior, J. B. 2016. Uso de índices de quantificação das secas para os municípios de Juazeiro-BA e Petrolina-PE. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, 13, 48-56.
- Simões, Y. de S.; Cohim, E.; Araújo, H. A. de. 2017. Rainfall zoning of Bahia State, Brazil: an update proposal. *Revista Ambiente e Agua*, 13, 1-18.
- Viola, M. R.; Avanzi, J. C.; Mello, C. R. de; Lima, S. O.; Alves, M. V. G. 2014 Distribuição e potencial erosivo da das chuvas no Estado de Tocantins. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49, 125-135.
- Wang, G. 2008. A remark on Andrews–Askey integral. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 341, 1487-1494.
- Yue, S.; Pilon, P.; Cavadias, G. 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 259, 254-271.
- Zamani, R.; Mirabbasi, R.; Nazeri, M.; Meshram, S. G.; Ahmadi, F. 2017. Spatio-temporal analysis of daily, seasonal and annual precipitation concentration in Jharkhand state, India. *Stochastic environmental research and risk assessment*, 32, 1085-1097.
- Zhang, W.; Yan, Y.; Zheng, J.; Li, L.; Dong, X.; Cai, H. 2009. Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. *Global and Planetary Change*, 69, 35-47.