



ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BRASILÉIA – ACRE, BRASIL

DOI: 10.19177/rgsav8e22019104-122

Diêgo Lima Crispim¹
Rodrigo Silvano Silva Rodrigues²
Artur Sales de Abreu Vieira³
Rafaela Nazareth Pinheiro de Oliveira Silveira⁴
Francisco Carlos Lira Pessoa⁵

RESUMO

A precipitação pluvial é bastante aceita por vários estudiosos como a variável climatológica mais importante na região tropical. Além disso, sua distribuição e comportamento no espaço e tempo podem influenciar de maneira extrema nas atividades humanas. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento e a tendência da precipitação mensal e anual registrada em uma estação pluviométrica, localizada no município de Brasiléia – AC. Os dados de precipitação empregado neste estudo foi obtido do banco de informações da Agência Nacional de Águas (ANA), referente ao período de (1981-2013). Logo, em posse dos dados foi feita uma análise através da estatística descritiva e para verificar a existência de tendência na série histórica foram aplicados os testes não-paramétricos de Mann-Kendall e Spearman. Os resultados obtidos demonstraram que a precipitação acumulada anual apresentou variabilidade durante o período analisado. O estudo em escala mensal evidenciou a existência de sazonalidade na precipitação, constituindo duas estações bem definidas, uma chuvosa que ocorre entre os meses de abril a outubro, e outra menos chuvosa que vai de maio a setembro. Os resultados obtidos pelo teste de Mann-Kendall (MK) e o teste t-Student bilateral indicaram que não existe tendência positiva ou negativa nos dados da estação estudada, ou seja, a série possui estacionariedade. Por meio do teste não paramétrico de Spearman, observou-se que a hipótese nula (H_0) foi admitida, comprovando a ausência de tendência de aumento ou diminuição da precipitação para os intervalos de 30, 20 e 10 anos.

Palavras-chave: Testes não paramétricos. Variabilidade temporal. Regressão linear. Amazônia.

¹ Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Especialista em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido- IFRN, Mestre em Sistemas Agroindustriais PPGSA /UFCG , Doutorando em Engenharia Civil, com ênfase na área de Engenharia Hídrica. E-mail: dlimacrispim@gmail.com

² Engenheiro sanitaria e ambiental, mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. E-mail: rssr@ufpa.br

³ Engenheiro sanitaria e ambiental, mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. E-mail: asales@hotmail.com

⁴ Engenheira Civil (UNB), mestre em Geotecnia, aluna especial do doutorado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. Profa. da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. E-mail: rafaelanpos@gmail.com

⁵ Engenheiro sanitaria, Doutor em Engenharia de Recursos Naturais, professor da Universidade Federal do Pará. E-mail: fclpessoa@ufpa.br

1 INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é amplamente admitida por diversos pesquisadores como a variável climatológica mais relevante na Região Tropical (DELGADO; SOUZA, 2014; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014). Diante da dimensão da sua significância, várias pesquisas foram realizadas com as seguintes finalidades: monitorar a pluviometria (ISHIHARA et al., 2013), caracterizar os aspectos climatológicos (TOSTES et al., 2017), analisar tendência de precipitação diária (SANTOS et al., 2015), avaliar a influência da alteração da paisagem no regime de precipitação (DELGADO et al., 2012).

A precipitação é uma relevante componente meteorológica, que está diretamente associada a vários setores, visto que sua distribuição e comportamento espacial e temporal podem influenciar de forma drástica várias atividades humanas, como, por exemplo, comércio e serviços, turismo, indústria, proteção e defesa civil (DERECZYNSKI et al., 2009), atividades agrícolas (CARMELLO; SANT'ANNA NETO, 2015), setor hidrelétrico, usos da água (ISHIHARA et al., 2014) e o gerenciamento dos recursos hídricos (SILVA et al., 2010).

Pesquisar a variabilidade espacial e temporal da precipitação ainda é um desafio em certos locais, devido à ausência de monitoramento pluviométrico, colaborando para inexistência de dados no decorrer do tempo (WANDERLEY et al., 2012). Esta situação se agrava com baixa densidade de estações na região (SILVEIRA et al., 2017).

A falta de informação torna-se um obstáculo, pois, nestes estudos é necessária a utilização de dados de séries temporais. Além disso, várias séries apresentam dados com falhas, impossibilitando algumas vezes a utilização desses (CARVALHO; RUIZ, 2016). Em certas ocasiões são utilizadas apenas uma estação de dados em uma bacia hidrográfica, considerando que a precipitação seja semelhante para toda a bacia (SILVA et al., 2010).

Em outras circunstâncias, dados de precipitação de estações de regiões hidrologicamente homogêneas são empregados para obter informações, em especial, lugares com inexistência de dados, como no caso da região Amazônica, onde existe carência de estudos a respeito das características do comportamento de chuvas em razão da ausência de monitoramento de dados (SILVA et al., 2018).

Em parte, essa situação é decorrente da grande extensão territorial da região, o que eleva as despesas com implantação de instrumentos, transporte e logística dos profissionais encarregados de realizar as medições e a coleta de dados para pesquisar o regime de chuvas e vazões, que são essenciais para estudos hidrológicos e o planejamento, e a gestão dos recursos hídricos (SILVA et al., 2016).

A presença de falhas nas séries históricas deve-se, normalmente, à falta de observador, defeitos nos instrumentos de registro, extravio das anotações ou das transcrições dos registros dos encarregados, e suspensão ou término das observações (STRECK et al., 2009).

Diante da necessidade de se trabalhar com séries sem interrupção, essas falhas carecem de ser preenchidas. Assim, Aleixo e Silva Neto (2019) sugerem que as estações meteorológicas escolhidas para o preenchimento de falhas sejam da mesma região climática e com altitude similar, bem como empregar métodos de regressão para o preencher as falhas.

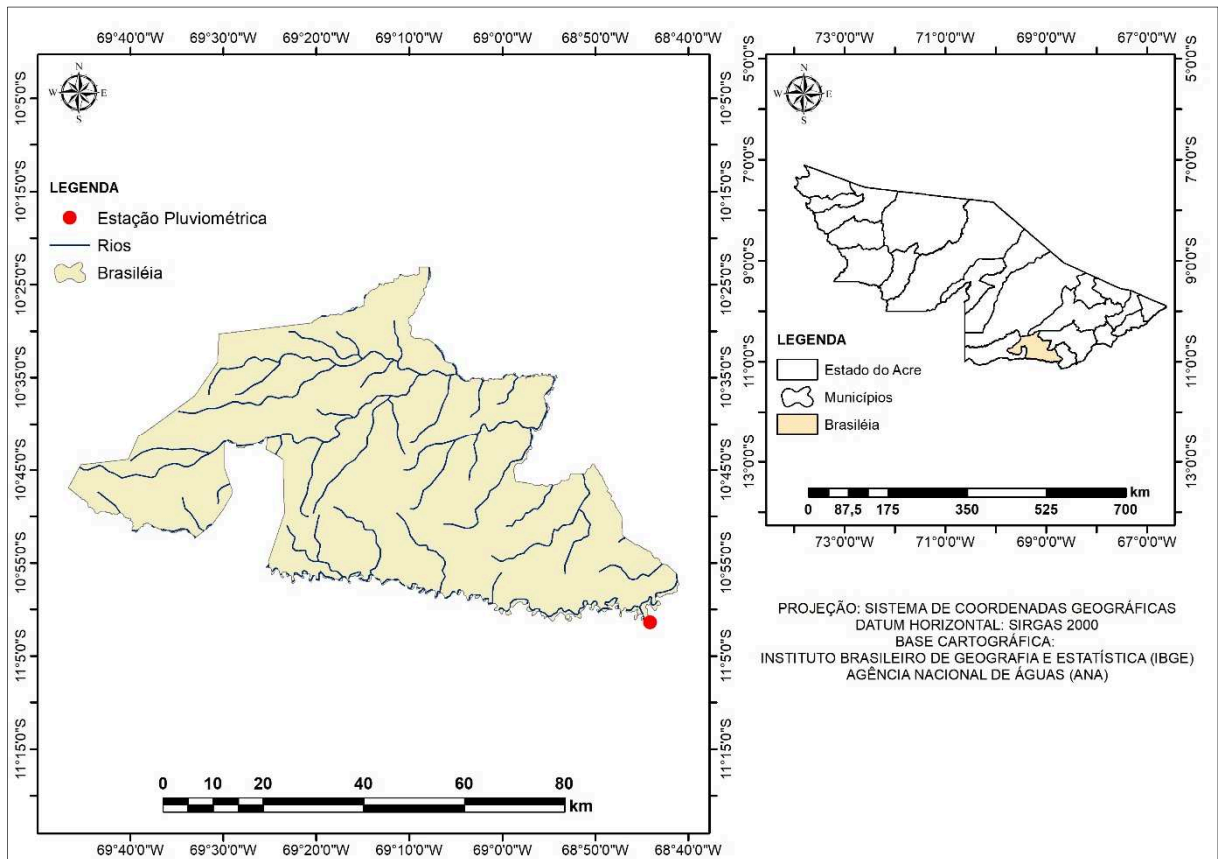
Diante do exposto, constata-se que o estudo com relação à variabilidade e distribuição da precipitação pluvial no decorrer do tempo é fundamental para acompanhar os impactos originados de sua escassez ou excesso em um determinado local. Assim, este estudo teve como objetivo analisar o comportamento e a distribuição da precipitação pluviométrica mensal e anual do município de Brasiléia – AC.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O município de Brasiléia localiza-se no sul do estado do Acre (Figura 1). Faz divisão territorial com os municípios de Epitaciolândia, Assis Brasil, Sena Madureira e Xapuri, e fronteira com a Bolívia, representada pela cidade de Cobija.

Figura 1. Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2019).

Com base em informações do (IBGE, 2010) a população estimada para 2016, era de 24 311 habitantes. Com uma densidade demográfica em 2010 de 5,46 (hab./km²), para uma área de unidade territorial de 3.916,502 km².

2.2 Dados meteorológicos

Os dados de precipitação pluviométrica diária, mensal e anual utilizados nesta pesquisa foram obtidos do banco de informações da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do sistema de dados hidrológicos Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br>), referente ao período de janeiro de 1981 a dezembro de 2013 (33 anos), da estação (Cód. 01168001), instalada no município de Brasiléia, e localizada nas seguintes coordenadas geográficas: -11° 01' 24" Latitude sul e - 68° 44' 06" de Longitude oeste. A estação está situada na bacia do rio Amazonas, e sub-bacia do rio Solimões, Purus e Coari. Essa estação é de responsabilidade da ANA, mas é operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

2.3 Preenchimento de falhas

Para o preenchimento de falhas na estação pesquisada, foi selecionada uma estação pluviométrica da rede da ANA, localizada no município de Xapuri. Essa estação está inserida na bacia do rio Amazonas, e sub-bacia do rio Solimões, Purus e Coari. Na Tabela 01 é apresentada a estação escolhida, o registro de identificação, o município que está localizada, às coordenadas geográficas e os anos de registro extraídos.

Tabela 1. Estação pluviométrica da rede da ANA utilizada na pesquisa

Estação	P1
Código ANA	01068000
Nome	Xapuri
Município	Xapuri
Latitude	-10° 38' 59"
Longitude	-68° 30' 24"
Anos da série	1981 a 2013

Fonte: ANA (2017).

O método de regressão linear simples foi aplicado no preenchimento de falhas (Equação 1). De acordo com Bertoni e Tucci (2013), a técnica de preenchimento de falha por meio da regressão linear é a mais aperfeiçoada em relação à ponderação regional. A técnica de regressão linear simples relaciona as precipitações do posto com falhas com uma estação de apoio.

$$\hat{y} = a + bx \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: \hat{y} = valor estimado da variável dependente (precipitação da estação Brasília); a = coeficiente linear; b = coeficiente angular da correção; x = Valor observado da variável independente (precipitação da estação Xapuri).

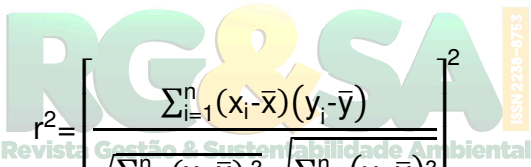
Para estimar os coeficientes de regressão do modelo foi utilizado o método dos mínimos quadrados (MMQ). Os parâmetros empregados para analisar a eficiência do modelo foram o coeficiente de correlação (Pearson) e o Coeficiente de determinação (r^2).

O coeficiente r de Pearson foi calculado por meio da (Equação 2) e pode variar de -1 (correlação perfeita negativa), +1 (correlação perfeita positiva), passando pelo valor 0 (ausência de correlação):

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: n - número de dados medidos; x - dado da variável independente observada; y - dado da variável dependente observada.

O coeficiente de determinação (r^2) é uma medida descritiva que mede a proporção da variação de Y (variável dependente) que pode ser explicada pela variável X (variável independente). O valor de r^2 pode variar de 0 a 1, logo, $0 \leq r^2 \leq 1$. Valores próximo de 1 indicam que o modelo elaborado é apropriado para explicar a proporção da variação de Y que é “explicada” pela regressão.



$$r^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \right]^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que: \hat{y}_i - valor simulado da variável dependente; \bar{y} - média da variável dependente observada; y_i - valor calculado da variável dependente.

Para verificar a qualidade dos dados depois de seu preenchimento, aplicou-se o teste de curva de dupla massa, no qual é recomendado por Mello e Silva (2013) e Bertoni e Tucci (2013). Esse procedimento consiste em se plotar o total acumulado da série da estação de interesse com o total acumulado de uma estação próxima, durante o mesmo período, com a finalidade de analisar se os totais acumulados apresentam homogeneidade.

2.4 Análise da estatística descritiva

Para a análise descritiva dos dados de precipitação mensal e anual, foram calculados: a média, média móvel, mediana, os valores mínimo e máximo, amplitude, variância, desvio padrão e quartis da série histórica completa. Além disso, os dados foram analisados por meio de um gráfico box plot, permitindo analisar a simetria dos dados e sua dispersão, por meio dos valores mínimos e máximos.

Foram elaborados gráficos com precipitação total anual e mensal com a média móvel de 3 anos. Com o objetivo de definir os períodos seco e chuvoso do município, utilizou-se o valor médio mensal do período de 1981 a 2013.

2.5 Testes de tendência

Para verificar ocorrência de tendência das séries históricas de precipitação foram considerados dados totais anuais, sendo estes submetidos aos testes estatísticos não-paramétricos de Mann-Kendall (MK) e Spearman, para um nível de significância α de 0,05 = 5% (Tabela 2).

Tabela 2. Valores críticos relacionados ao grau de confiança na amostra

Grau de confiança	Nível de significância α	Valor crítico $Z_{\alpha/2}$
95%	0,05	1,960

Fonte: Levin (1987).

O teste de tendência de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) é empregado em estudos que analisa a tendência de precipitação. Esse teste fundamenta-se na relação de cada valor da série com os valores restantes, permanentemente em ordem sequencial, computando o número de vezes no qual os termos restantes são maiores que o valor investigado. A estatística (S) é determinada pelo somatório de todas as contagens, como:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Sinal}(X_j - X_k) \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que: X_j e X_k são valores sequenciais, n é a quantidade de observações e, o sinal é obtido da seguinte maneira:

$$\text{Sinal } (X_j - X_k) = \begin{cases} 1, & \text{se } (X_j - X_k) > 0 \\ 0, & \text{se } (X_j - X_k) = 0 \\ -1, & \text{se } (X_j - X_k) < 0 \end{cases} \quad (\text{Eq. 5})$$

Para séries com numerosa quantidade de termos (n), sob a hipótese nula (H_0) e inexistência de tendência na população, (S) apresenta uma distribuição normal com média zero e variância definida pela (Equação 6). Testando a relevância estatística de (S) para a hipótese alternativa (H_1), e utilizando um teste bilateral a (H_1), esta pode ser rejeitada para grandes valores da estatística (Z), (Equação 7).

$$\text{Var}_{(s)} = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$Z = \begin{cases} \frac{(S-1)}{\sqrt{\text{Var}_{(s)}}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{(S+1)}{\sqrt{\text{Var}_{(s)}}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (\text{Eq. 7})$$

A partir da análise da estatística (Z) é realizada a decisão final de admitir ou descartar a hipótese nula (H_0), isto é, pode-se admitir a hipótese de estabilidade dos dados ou recusar a favor da hipótese alternativa (confirmando a presença de tendência nos dados). O sinal da estatística (Z) indica se a tendência é positiva ($z > 0$) ou negativa ($z < 0$) (WANDERLEY et al., 2013).

O teste de correlação ordinal ou por postos de Spearman (r_s) é outro método não-paramétrico aplicado para verificar a existência de tendências em séries temporais de precipitação (AHMAD et al., 2015; ZHANG et al., 2015). Neste teste, admite-se que os dados de séries históricas são independentes e distribuídos semelhantemente, a hipótese nula (H_0) mais uma vez denota nenhuma tendência no decorrer do tempo e a hipótese alternativa (H_1) indica a existência de tendência positiva ou negativa na série.

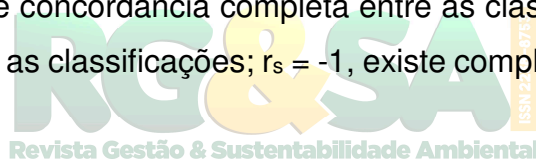
Esse método não leva em conta os valores das variáveis compreendidas, mas sim os dados organizados em ordem de tamanho, relevância, ou outro critério similar. Os valores das variáveis cedem lugar, nesse caso, aos números 1, 2, ..., n, os quais expressam a ordem, posto ou posição ocupada por cada um desses valores com relação aos demais (FONSECA et al., 2010). A correlação ordinal ou por postos é determinada pela seguinte fórmula:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que: d_i - $y_i - x_i$ (diferença de ranque); n - tamanho da amostra.

Da mesma forma que o coeficiente de correlação r, o coeficiente r_s pode admitir valores compreendidos no intervalo [-1, +1], ou seja, pode variar de $-1 \leq r_s \leq 1$.

Em que: $r_s = +1$, existe concordância completa entre as classificações; $r_s = 0$, não há relação alguma entre as classificações; $r_s = -1$, existe completa discordância entre as classificações.



Para a análise de tendência é essencial estabelecer os parâmetros com base nas equações 9, 10 e 11.

$$\text{Var}_{[r_s]} = \frac{1}{n-2} \quad (\text{Eq. 9})$$

Em que: $\text{Var}_{[r_s]}$ - Variância da amostra; n - tamanho da amostra.

$$t_{\text{crít.}} = \frac{r_s}{\sqrt{\text{Var}_{[r_s]}}} \quad (\text{Eq. 10})$$

Em que: $\text{Var}_{[r_s]}$ - Variabilidade da amostra; $t_{\text{crít.}}$ = t de student ou $t_{\text{crítico}}$.

$$t_{\text{calc.}} = \frac{r_s}{\sqrt{\frac{1-r_s^2}{n-2}}} \quad (\text{Eq. 11})$$

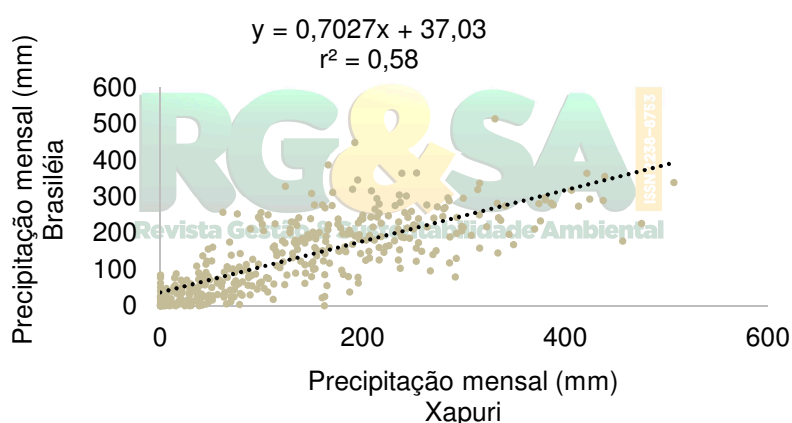
Segundo Silveira et al. (2017), o valor de t_{calc} . obtido deve ser comparado com o t de Student crítico, em que se $|t_{\text{calc}}|$ for igual ou superior ao $t_{\text{crít.}}$, a correlação é estatisticamente significativa. Nesta pesquisa, os cálculos estatísticos foram realizados nos softwares BioEstat 5.0 e XLSTAT.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Preenchimento de falhas

Com base na Figura 2, observa-se que a expressão da reta que estabelece a relação entre as estações Xapuri (X) e Brasília (Y) que mais adequadamente se ajusta aos pontos do diagrama de dispersão é dada pela fórmula $\hat{y}=0,7027x+37,03$.

Figura 2. Aplicação de regressão linear simples para determinar a correlação entre a estação Brasília (Cód.01168001) com a estação de Xapuri (Cód. 0106800).



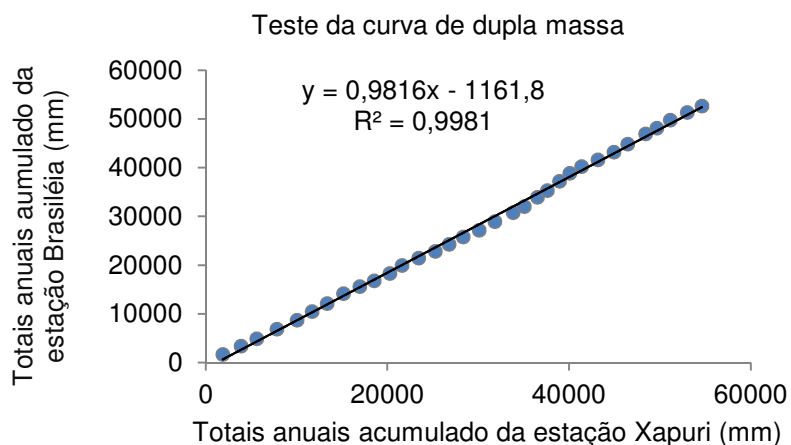
O coeficiente de correlação (r) foi de 0,76, indicando uma forte relação positiva. Para um nível de significância de 5%, o coeficiente de determinação (r^2) foi de 0,5848. Esse valor obtido foi superior aos valores encontrados em trabalhos realizados por Carvalho e Ruiz (2016), que variaram de 0,434 a 0,581, e por Silveira et al. (2016) que encontrou r^2 igual a 0,32, para um nível de significância também de 5%.

O percentual da variação da estação (Cód. 01168001) que é explicado pela variação da estação (Cód. 01068000) foi de 58,48%. Enquanto, que 41,52% da variação da estação (Cód. 01168001) podem ser explicados por outros fatores diferentes da variação da estação (Cód. 01068000).

Posteriormente o preenchimento das falhas dos dados anuais de precipitação da estação (Cód. 01168001), utilizou-se o teste da curva de dupla massa, empregado

por (BERTONI; TUCCI, 2013; MELLO; SILVA, 2013) para analisar a qualidade dos dados (Figura 3).

Figura 3. Resultado do teste de curva dupla massa para estação Brasília (Cód. 01168001).



Verifica-se, na Figura 3, um excelente grau de homogeneidade (99,8%) entre a série histórica obtida para estação (Cód. 01168001) (1981-2013) com valores preenchidos pelo método de regressão linear simples quando analisados com as normais climatológicas da estação (Cód. 01068000) (1981-2013) por meio do método da curva de dupla massa.

Segundo Sanches et al. (2014), o alinhamento dos pontos indica uma consistência satisfatória do conjunto de dados, rejeitando a eventualidade de existirem erros sistemáticos, modificação nas condições de observação e possíveis alterações nas condições climatológicas regionais.

3.2 Estatística Descritiva

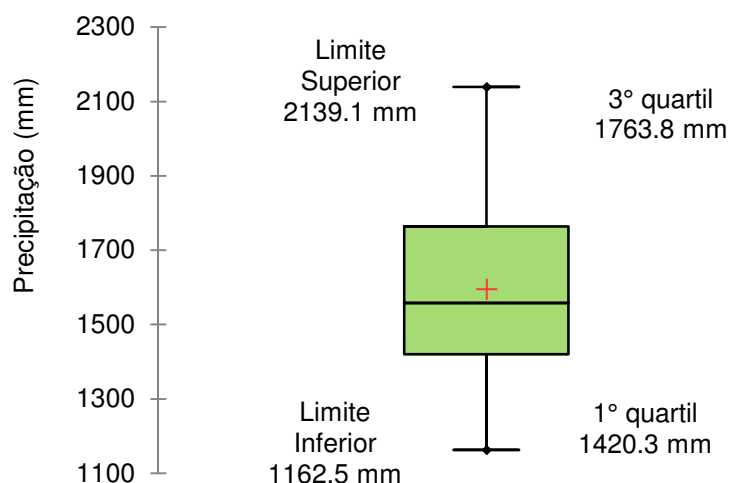
A estatística descritiva empregada para analisar o comportamento do regime pluviométrico registrado na estação climatológica (Cód. 01168001) mostra que a média observada ao longo dos 33 anos foi de 1.595,85 mm, com um desvio padrão de 245,96 mm e mediana de 1.557,6 mm (Tabela 3).

Tabela 3. Estatística descritiva dos dados de precipitação anual da estação pluviométrica (Cód. 01168001)

Estatística Descritiva	Dados da Série Histórica de Precipitação (Anual)
Número de observações	33
Mínimo	1.162,5
Máximo	2.139,1
Amplitude	976,6
1° Quartil	1.420,3
Mediana	1.557,6
3° Quartil	1.763,8
Média	1.595,8
Variância	6.0499,3
Desvio-padrão	245,9

Apresenta-se na Figura 4 o box plot referente a série histórica analisada.

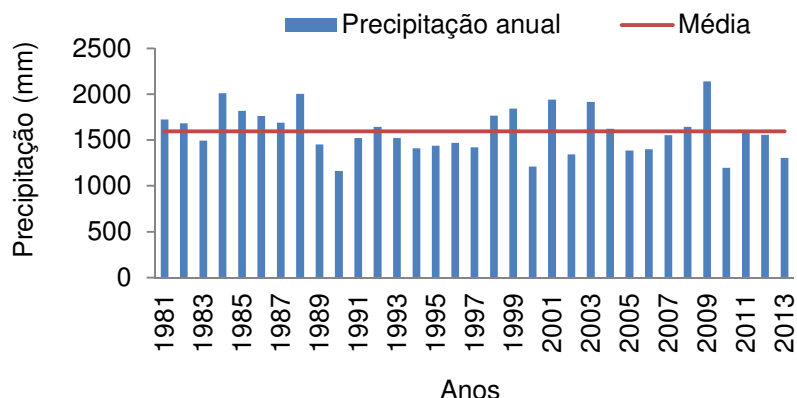
Figura 4. Box plot dos quartis da série de precipitação anual da estação Brasília (cód. 01168001).



Neste, observa-se que 50% das precipitações se concentram entre 1.420,3 a 1.763,8 mm. Contudo, 25% dos dados de precipitação são superiores a 1.763,8 mm e 25% inferior a 1.420,3 mm. Pode-se constatar também que, a amplitude de variação de precipitação total acumulado anual foi de 976,6 mm.

Na Figura 5, observa-se que a precipitação total anual apresentou uma variabilidade durante o período analisado. É possível constatar que mais de 57,57% (18) dos anos apresentaram precipitação abaixo da média observada para série histórica. Enquanto, que 42,43% (15) dos anos tiveram uma precipitação superior à média registrada. A menor precipitação registrada na estação, para o total acumulado anual da série histórica foi de 1.162,5 mm em 1990 e a maior de 2.139,1 mm no ano de 2009 (Figura 5).

Figura 5. Distribuição da precipitação pluviométrica anual na estação Brasília (Cód. 01168001), entre o período de 1981 a 2013.

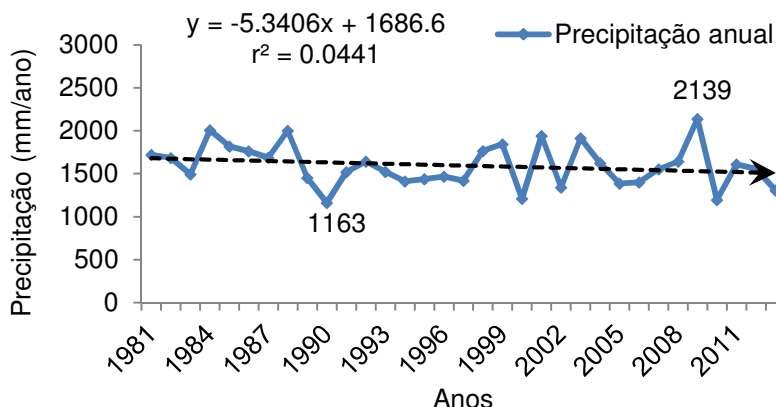


Delgado et al. (2012) em um estudo realizado na bacia hidrográfica no rio do Rôla, Amazônia Ocidental, identificaram a ocorrência de variabilidade nas precipitações totais anuais, em que 47% da série temporal de precipitação foi superior à média histórica calculada para o período analisado, enquanto 53% ficaram abaixo. Também se observou um comportamento semelhante no município de Cruzeiro do Sul - AC, em uma pesquisa realizada por Moreira et al. (2016), uma variação nos valores registrados para o período em estudo, no qual 48% dos totais anuais da precipitação ficaram acima da média da série histórica, enquanto 51,16% ficaram abaixo. Desse modo, constata-se que esses resultados convergem com os encontrados nesta pesquisa.

Com relação aos totais anuais de precipitação durante o período analisado (1981-2013), observou-se uma diminuição discreta na série histórica por meio do teste de regressão para o município de Brasília-AC (Figura 6). Porém, para confirmar a existência ou não de tendência na série de precipitação total anual foram aplicados dois testes não paramétricos, Mann-Kendall e Spearman, com intenção de verificar a significância da tendência discreta.

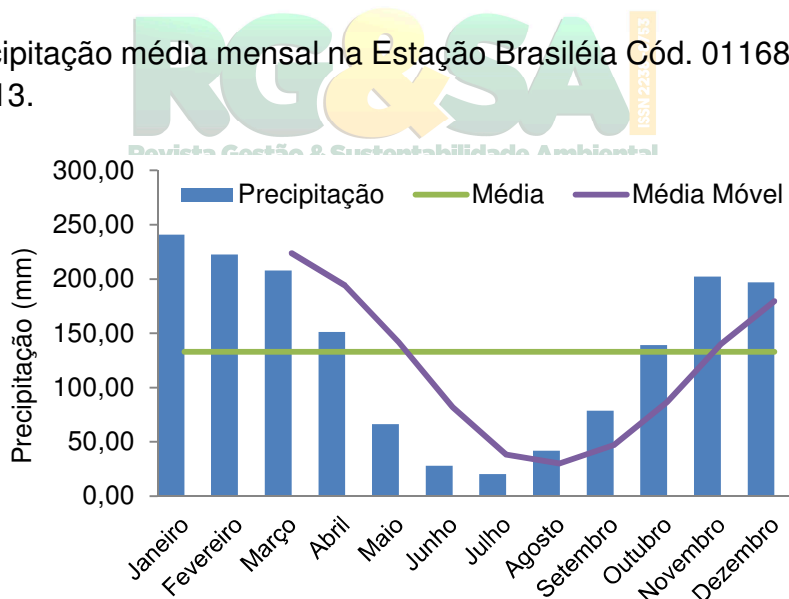
Em estudos realizados por Delgado; Souza (2014) na região de Cruzeiro do Sul, AC, e por Delgado et al. (2012) na Amazônia Ocidental, não foram identificadas tendências significativas na série temporal de precipitação utilizando o teste de regressão. Esses resultados são semelhantes ao obtido nesta pesquisa.

Figura 6. Análise de regressão da série climática de precipitação para estação pluviométrica (Cód. 01168001).



Na Figura 7, verifica-se que as médias mensais dos 33 anos analisados evidenciam duas estações bem definidas na área pesquisada, uma menos chuvosa que vai de maio a setembro, e outra chuvosa que ocorre entre os meses de outubro a abril.

Figura 7. Precipitação média mensal na Estação Brasília Cód. 01168001, do período de 1981 a 2013.



Ao verificar os resultados acima, observa-se que existe uma sazonalidade da precipitação média mensal no período analisado. Os resultados do comportamento da precipitação mensal nesta pesquisa são semelhantes aos alcançados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (2016), que realizou um estudo sobre o panorama hídrico no estado do Acre.

Outro estudo com descobertas semelhantes nesta pesquisa foi realizado por Macêdo et al. (2013) que fizeram um estudo a respeito da precipitação pluviométrica

e vazão na bacia hidrográfica no rio do Rôla, Amazônia Ocidental, em que foram identificadas a ocorrência de um comportamento sazonal das variáveis climáticas, evidenciando duas estações distintas, uma chuvosa e outra seca.

Silva et al. (2016) constataram que no município de Rio Branco – AC, ocorrem duas estações diferentes: uma chuvosa que começa a partir do mês de dezembro e vai até abril, caracterizada por chuvas contínuas e abundantes. Enquanto, que a estação seca, ou seja, menos chuvosa inicia no mês de maio e estende-se até novembro.

3.3 Testes de tendências

Com base na análise estatística (Z), observa-se que os resultados obtidos por meio do teste de MK e o teste t-Student bilateral para as séries de 33 anos (1981-2013), 20 anos (1994-2013) e 10 anos (2004-2013), respectivamente, estão dentro da região de aceitação da hipótese nula (H_0), para o nível de significância de $(\alpha) = 0,05$. Assim, estes resultados indicam que não existe tendência de crescimento ou decréscimo da precipitação na estação estudada (Tabela 4).

Tabela 4. Testes não-paramétricos da série histórica da Estação Brasília (Cód. 01168001), entre o período de 1981 a 2013

Testes Não - Paramétricos	Resultados	Índices de tendência
Mann Kendall (1981-2013) - 33 anos	$Z_{MK} = -1,49$	S^0
Mann Kendall (1994-2013) - 20 anos	$Z_{MK} = 0,0$	S^0
Mann Kendall (2004-2013) - 10 anos	$Z_{MK} = -0,27$	S^0
Spearman (1981 - 2013) - 33 anos	$r_s = -0,26$	S^0
	$t_{crit.} = -1,45$	
	$t_{calc.} = -1,50$	
Spearman (1994 - 2013) - 20 anos	$r_s = -0,04$	S^0
	$t_{crit.} = -0,17$	
	$t_{calc.} = -0,15$	
Spearman (2004 - 2013) - 10 anos	$r_s = -0,18$	S^0
	$t_{crit.} = -0,51$	
	$t_{calc.} = -0,51$	

Nota: S^+ indica tendência positiva significativa; S^- Indica tendência negativa significativa; e S^0 mostra uma tendência nula.

Por meio do teste de Spearman (Tabela 4), considerando o grau de significância de 5%, constatou-se que a hipótese nula (H_0) foi aceita, demonstrando a

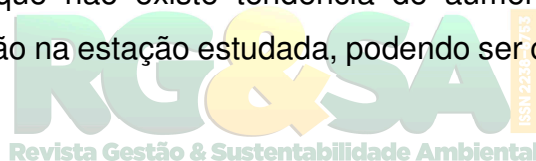
inexistência de tendência de aumento ou redução na precipitação para os períodos de 30, 20 e 10 anos.

4 CONCLUSÃO

O regime pluviométrico da estação analisada apresentou variabilidade nos padrões de precipitação, especificamente nos totais anuais acumulados da série histórica.

A distribuição da precipitação média mensal na estação apresentou variabilidade, com duas estações bem definidas no decorrer do ano, uma menos chuvosa e outra chuvosa. O período menos chuvoso ocorre entre os meses de abril a setembro, com precipitação entre 20,36 a 78,74 mm e o período com maior precipitação ocorre entre os meses de outubro a abril, com precipitação em torno de 139,28 a 240,90 mm.

Os testes não-paramétricos de Mann-Kendall e Spearman utilizados nesta pesquisa, indicaram que não existe tendência de aumento ou redução na série histórica de precipitação na estação estudada, podendo ser considerada estacionária.



STATISTICAL ANALYSIS OF RAINFALL IN THE MUNICIPALITY OF BRASILÉIA – ACRE, BRAZIL

ABSTRACT

Rainfall is widely accepted by many researchers as the most important climatological variable in the tropical region. In addition, its distribution and behavior in space and time can have an extreme influence on human activities. Like that, the objective of this study was to analyze the behavior and the trend of monthly and annual precipitation recorded in one rainfall station, located on the municipality of Brasiléia — AC. The precipitation data used in this study was obtained from the National Water Agency (NWA) information bank, for the period of (1981-2013). thus, in possession data were analyzed through descriptive statistics and to verify the existence of a trend in the historical series were applied the non-parametric tests of Mann-Kendall and Spearman. The results showed that the annual rainfall presented variability over the period under examination. The study on monthly scale evidenced the occurrence of the seasonality of precipitation, constituting two well defined seasons, a rainy season that occurs between the months of October to April, and another less rainy season

from May to September. The results obtained by the Mann-Kendall test (MK) and the bilateral t-Student test indicated that there is no positive or negative trend in the data of the studied station, that is, the series are stationary. By means of the non-parametric test of Spearman, it was observed that the null hypothesis (H_0) was admitted, proving the absence of tendency of increase or decrease of precipitation for the intervals of 30, 20 and 10 years.

Keywords: Temporal variability. Non parametric tests. Linear regression. Amazon.

REFERÊNCIAS

AHMAD, I.; TANG, D.; WANG, W. T.; WANG, M.; WAGAN, B. Precipitation Trends over Time Using Mann-Kendall and Spearman's rho Tests in Swat River Basin, Pakistan. **Advances in Meteorology**, v. 2015, p. 15, 2015.

ALEIXO, N.C.R.; SILVA NETO, J.C.A. CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO MÉDIO SOLIMÕES-AM. **Acta Geográfica**, v. 13, n. 31, p. 104-120, 2019.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, Carlos E. M.. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ufrgs, 2013. Cap. 5. p. 177-241.

CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade das chuvas na vertente paranaense da bacia do rio Paranapanema -1999-2000 a 2009-2010. **Ra'e Ga - Curitiba**, v.33, p.225-247, 2015.

CARVALHO, H. de P.; RUIZ, M. V. dos S. Avaliação da Consistência de Séries Históricas de Chuva da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, em Minas Gerais. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 12, n.06, p. 76 – 84, 2016.

CEMADEM. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Panorama hídrico no estado do Acre: diagnóstico, perspectivas e impactos potenciais relacionados à situação de seca**. 2016.

DELGADO, R. C.; SOUZA, L. P. DE. Tendência da precipitação e seu aproveitamento para fins não potáveis na Amazônia Ocidental, Acre. **Nativa**, Sinop, v. 02, n. 04, p.208-213, out./dez. 2014. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa>. Acesso em: 11 dez. 2016.

DELGADO, R. C.; SOUZA, L. P. DE.; SILVA, W. R. DA.; PESSÕA, C. DE. S.; GOMES, F. A. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v.8, n. 14, p. 665-674, 2012.

DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C. O. Climatologia da Precipitação no Município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**,

São José dos Campos, v. 24, n.1, p. 24-38, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862009000100003>. Acesso em: 10 dez. 2016.

FONSECA, J. S. da.; MARTINS, G. de A.; TOLEDO, G. L. **Estatística Aplicada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=120010&search=acre|brasileia>. Acesso em: 10 dez 2016.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. 4. ed. London: Charles Griffin, 1975.

ISHIHARA, J. H.; FERNANDES, L. L. ; DUARTE, A. A. A. M. ; DUARTE, A. R. C. L. M. ; PONTE, M. X.; LOUREIRO, G. E. . Quantitative and Spatial Assessment of Precipitation in the Brazilian Amazon (Legal Amazon) - (1978 to 2007). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, p. 29-39, n. 2014.

ISHIHARA, J. H.; FERNANDES, L. L.; DUARTE, A. A. A. M.; LOUREIRO, G. E. Avaliação do monitoramento pluviométrico da Amazônia Legal. **Revista Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal**, v. 10, n. 3, p. 132-144, 2013.

MACÊDO, M. DE N. C. DE.; DIAS, H. C. T.; COELHO, F. M. G.; ARAÚJO, E. A.; SOUZA, M. L. H. DE.; SILVA, E. Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia Ocidental. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 206-221, 2013.

MANN, H. B. **Non-parametric tests against trend**. *Econometrica*, 1945. 13p.

MELLO, C. R. de; SILVA, A. M. da. **HIDROLOGIA: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES EM SISTEMAS AGRÍCOLAS**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455p.

MOREIRA, J. G. do V.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Revista Nativa**, Sinop, v.4, n.2, p.97-102, 2016.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; DELGADO, R. C.; LANNES, A.; DIAS, F. O.; SOUZA, C. J.; SOUZA, M. Análise da Precipitação e sua Relação com Sistemas Meteorológicos em Seropédica, Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.21, n.2, p.140-149, 2014.

SANCHES, F. de O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Tendência de longo prazo das chuvas diárias no sudoeste do Rio Grande do Sul: os eventos extremos e a arenização. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.07, n.06, p.1100-1109, 2014.

SANTOS, E. B.; SERGIO LUCIO, P.; SANTOS E SILVA, C. M. Análise de tendência da precipitação diária na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 08, n. 04, p.1041-1052, 2015.

SILVA, H.J.F. da; LUCIO, P. S.; BROW, I. F. Análise mensal, sazonal e interanual da Evapotranspiração potencial para o leste do estado do Acre, Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.38 n.1, p. 326 – 340, 2016.

SILVA, M. de N.A.; PESSOA, F.C.L.; SILVEIRA, R.N.P. de O.; ROCHA, G.S.; MESQUITA, D.A. Determinação da Homogeneidade e Tendência das Precipitações na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, v. 4, p.665 675, 2018.

SILVA, R. M. da; SILVA, L. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na bacia do rio Tapacurá, Pernambuco. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.22, n.2, p.357-372, 2010.

SILVEIRA, R. N. P. de O.; FERNANDES, L. L.; SILVA, M. de N. A. da. Tendência de precipitações pluviométricas e avaliação da influência dos ENOS no distrito de Abunã, Rondônia. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal - PB, v.11, n.1, p.14-20, jan-dez, 2017.

STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; GABRIEL, L. F.; PAULA, G. M. DE. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a oscilação decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1553-1561, 2009.

TOSTES, J.O.; LYRA, G.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; FRANCELINO, M.R. Assessment of gridded precipitation and air temperature products for the State of Acre, southwestern Amazonia, Brazil. **Environmental Earth Sciences (Print)**, v. 76, p. 153-171, n. 2017.

WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C.; CARVALHO, F. O. Variabilidade Espacial e Preenchimento de Falhas de Dados Pluviométricos para o Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 27, n. 3, p.347 - 353, 2012.

WANDERLEY, H.S.; SEDIYAMA, G.C.; JUSTINO, F.B.; ALENCAR, L. de L.; DELGADO, R. C. Variabilidade da precipitação no Sertão do São Francisco, estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.7, p.790–795, 2013.

ZHANG, Y.; CAI, W.; CHEN, Q.; YAO, Y.; LIU, K. Analysis of Changes in Precipitation and Drought in Aksu River Basin, Northwest China. **Advances in Meteorology**, v. 2015, p. 15, 2015.