

TENDÊNCIA DA QUADRA CHUVOSA (FMAM) NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

Bruno Claytton Oliveira da Silva¹; Daniel Oliveira de Lima²;
Ranyére Silva Nóbrega³

¹Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU) e Secretaria de Estado da Educação e da Cultura do RN (SEEC-RN), brunoclaytton@yahoo.com.br; ²Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU), danielolimaxi@yahoo.com.br; ³ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ranyere.nobrega@yahoo.com.br

Resumo: O presente trabalho buscou avaliar a tendência dos totais anuais acumulados na quadra chuvosa – fevereiro, março, abril e maio (FMAM) – para o período de 1998-2017 (últimas duas décadas), especialmente, a partir de dados provenientes de Estações Climatológicas Principais (ECPs) localizadas no Semiárido do estado do Rio Grande do Norte (RN). Para tanto foram empregadas Normais Climatológicas Provisórias (NP_s), tidas como médias de curto período, baseadas em observações que se estendam sobre um período mínimo de 10 anos. Ademais, empregou-se a técnica de Mann-Kendall. Ela é considerada um teste não-paramétrico e foi recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), em 1988, para avaliação da tendência em séries temporais de dados meteorológicos/climatológicos, dentre eles, dados de precipitação pluvial. Além disso, foi empregado o sistema computacional ‘Action Stat’, versão ‘Pro’, como uma ferramenta específica para realização das etapas de codificação, tabulação, processamento e análise dos dados. Quanto aos resultados, observou-se que todas as ECPs estudadas apresentaram valores positivos para o somatório de ‘S’ – ou seja, para a Estatística do teste –, dados por: Apodi-RN (10), Caicó-RN (8), Cruzeta-RN (4), Florânia-RN (6) e Macau-RN (10). O sinal positivo obtido, a partir do emprego do teste, indica que, em linhas gerais, os dados cresceram com o tempo. Portanto, conclui-se que nas últimas duas décadas (especificamente entre 1998-2017) o padrão observado da precipitação acumulada na estação chuvosa, relativo as ECPs, avaliadas, foi de aumento. Ou seja, no período avaliado, houve uma tendência de aumento do volume de chuvas na quadra chuvosa (FMAM) do Semiárido do RN.

Palavras-Chave: Tendência, Mann-Kendall, Quadra Chuvosa, Semiárido, Rio Grande do Norte.

Introdução

Atualmente, segundo o IBGE (2017), o Brasil possui 5.570 municípios. Desses, 1.262 (cerca de 22,7% do total) estão inseridos na região do Semiárido Brasileiro (SAB). Ainda segundo a última supramencionada fonte, o estado do Rio Grande do Norte (RN) possui 147 municípios, de um total de 167 (ou seja, aproximadamente, 88% do seu total), enquadrados no SAB, que, por sinal (em sua totalidade), foi redefinido, em 2017, pelo grupo de trabalho Interministerial do Ministério da Integração Nacional (MI) e pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Historicamente, a precipitação pluvial sempre figurou, dentre as variáveis climáticas, como de grande interesse à observação. Tal fato justifica-se devido a sua relevância, seja direta ou indiretamente, em inúmeros processos que norteiam as ações e/ou atividades humanas, tais como: abastecimento doméstico e/ou industrial, atividades agrícolas, dessedentação de animais,

preservação da flora e da fauna, geração de energia elétrica, navegação, diluição de despejos, recreação ou lazer e, sobretudo, consumo humano (DERÍSIO, 2012).

Tanto em relação ao Semiárido brasileiro, quanto potiguar, as justificativas para realização de estudos/pesquisas sobre o comportamento das precipitações pluviais na quadra chuvosa fevereiro, março, abril e maio (FMAM) se dão em função (MARENGO, 2008, p.149-150):

1. De sua elevada variabilidade espaço-temporal, além da ocorrência, frequente, de ‘veranicos’;
2. Dela se configurar como o período em que ocorre, dentre o ano, o maior cômputo e, portanto, acúmulo de precipitação pluviométrica;
3. Da relevância que tal estação possui para recarga dos recursos hídricos (principalmente os superficiais) e, conseqüentemente, para o abastecimento e dinamismo das atividades econômicas da área;
4. Do impacto econômico das Secas Meteorológicas, Hidrológicas e Agrícolas sobre as ‘Secas Sociais’, acima de tudo, sobre parcela significativa da população residente na área que dependente, quase que exclusivamente, de atividades ligadas à agricultura de sequeiro, e da ‘pecuária rudimentar’ (sobretudo, a bovina) para sua subsistência;
5. Recentemente, das (ameaças das) Mudanças Climáticas Globais (MCGs), e seus diversos impactos negativos previstos;
6. Das lacunas, ainda existentes, a despeito das técnicas de análise empregadas em tais trabalhos.

Diante do exposto, o presente trabalho buscou avaliar a tendência dos totais anuais acumulados na quadra chuvosa (FMAM) no Semiárido do estado do RN. Ou seja, intentou-se identificar o padrão recente do comportamento da estação chuvosa (FMAM).

Metodologia

Quanto aos dados, foram empregadas Normais Climatológicas Provisórias (NP_s), que, segundo o INMET (2018, p.3), “... são tidas como são médias de curto período, baseadas em observações que se estendam sobre um período mínimo de 10 anos”.

Quanto a técnica, empregou-se o teste de Mann-Kendall (1953); considerado um teste não-paramétrico e recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1998) para

avaliação da tendência em séries temporais de dados meteorológicos/climatológicos, dentre eles, dados de precipitação pluvial (LIMEIRA *et al.*, p.105; 2012, p.105; SOUSA e SILVA, 2013, p.443).

Acrescenta-se, ainda, que o teste tem sido amplamente utilizado para se testar a aleatoriedade contra tendência de séries temporais climatológicas (SOUSA, MORAIS E SILVA, 2011, p.138).

Operacionalmente, o teste compara cada dado de uma série temporal com os seus demais dados, sempre mantendo uma ordenação sequencial (SILVA *et. al.*, 2010, p.503).

No teste são levantadas duas hipóteses (SOUSA, MORAIS E SILVA, 2011, p.138):

1. H_0 : os dados dessazonalizados (x_1, x_2, \dots, x_n) são uma amostra de 'n' variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas;
2. H_1 : testada bilateralmente, afirma que as distribuições de x_k e x_j não são idênticas para todo $k; j \leq n$, e $k \neq j$.

Mencionado por Silva e Sousa (2013, p.443), citando Yevjevich (1972), é importante destacar que a tendência de uma série histórica está associada à “uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas”.

A estatística do teste é dada por (*Ibidem*):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{ sinal } (x_i - x_j) \quad (1)$$

Onde:

x_j = dados estimados da sequência de valores;

n = número de elementos da série temporal.

Destaca-se que o sinal ($x_i - x_j$) se dará a partir do seguinte (*Ibidem*):

- Igual a -1, para $(x_i - x_j) < 0$;
- 0, para $(x_i - x_j) = 0$;
- 1, para $(x_i - x_j) > 0$.

Kendall (1975) mostrou que S é normalmente distribuída com média $E(S)$ e variância $Var(S)$, que para uma situação na qual pode haver valores iguais de x , são calculadas pelas equações (SILVA, *et al.*, 2009, p.503):

$$E[S] = 0 \quad (2)$$

$$Var [S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^q T_p(T_p-1)(2T_p+5)}{18} \quad (3)$$

Onde:

n = tamanho da série temporal;

T_p = número de passos até o valor 'p';

q = número de valores iguais.

Segundo Silva *et al.* (2010, p.503):

“... tem-se que o valor positivo de S indica tendência também positiva dos dados que crescem com o tempo; por outro lado, o valor negativo indica tendência decrescente. Sabendo-se que S é normalmente distribuída e que tem média zero e variância... pode-se testar se a tendência positiva ou negativa é significativamente diferente de zero; se S é significativamente diferente de zero, a hipótese nula H_0 pode ser rejeitada para certo nível de significância apontando para a existência de tendência; inversamente, a hipótese alternativa (H_1) é aceita”.

O teste estatístico parametrizado (Z_{mk}) é computado pela seguinte equação (*Ibidem*):

$$Z_{mk} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var [S]}}, & \text{para } S > 0 \\ 0, & \text{para } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var [S]}}, & \text{para } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Finalizando, o mesmo autor afirma que:

“A presença de uma tendência estatisticamente significativa é avaliada usando-se o valor de Z ; tal estatística é empregada para testar a hipótese nula, isto é, que nenhuma tendência existe. Um valor positivo de ZMK indica um aumento da tendência e, quando negativa, aponta tendência decrescente. Para testar a tendência monotônica crescente ou decrescente no nível de significância de p , a hipótese nula será rejeitada se o valor absoluto de Z for maior que $Z_{1-p/2}$, utilizando-se a tabela da distribuição normal cumulativa padrão (*Ibidem*, p.504)”.

No trabalho, o teste de Mann-Kendall foi empregado para avaliar a tendência dos totais acumulados na quadra chuvosa de cada uma das séries em estudo. Ou seja, busca-se identificar o padrão recente do comportamento das citadas séries.

Destaca-se que o nível de significância empregado para tal foi de 0,05 (5%).

Além disso, foi empregado o sistema computacional 'Action Stat', versão 'Pro', como uma ferramenta específica para realização das etapas de codificação, tabulação, processamento e análise dos dados.

Resultados e Discussão

A seguir, a partir do quadro abaixo, são apresentados, resumidamente, os resultados obtidos para Análise de Tendência, a partir do teste de Mann-Kendall (1953).

Quadro 1 – Síntese dos Resultados dos Teste de Mann-Kendall

ESTAÇÕES	S	STATUS	VAR(S)	Z_{mk}	$Z_{tab.}$	STATUS
Apodi-RN	10	Tendência Positiva	950,0	0,29	1,96	Não há Tendência
Caicó-RN	8	Tendência Positiva	950,0	0,23	1,96	Não há Tendência
Cruzeta-RN	4	Tendência Positiva	950,0	0,10	1,96	Não há Tendência
Florânia-RN	6	Tendência Positiva	950,0	0,16	1,96	Não há Tendência
Macau-RN	10	Tendência Positiva	950,0	0,29	1,96	Não há Tendência

Fonte: Próprio autor, 2018.

Como já destaque anteriormente, a análise de tendência realizada, especialmente, a partir do teste de Mann-Kendall, visa verificar a existência de tendências em dados meteorológicos; como neste caso, a precipitação pluviométrica acumulada na quadra chuvosa do Semiárido Potiguar. Para tanto, são comparados cada dado da série com os restantes, sempre em ordem sequencial (SILVA E SOUSA, 2013, p.443; SANTOS *et al.*, 2009, p.494).

A partir do quadro acima, pode-se perceber que as séries temporais de todas as estações apresentaram o mesmo comportamento: tendência positiva. Todavia, quando analisado a fundo, tal resultado se mostrará diferente daquilo que inicialmente se apresentou.

Inicialmente, como sugerem Silva *et. al.* (2010, p.503), a tendência positiva das séries temporais analisadas foi diagnosticada através, simplesmente, dos sinais dos dados de 'S' (estatística do teste); sendo esses observados para cada estação. Tais sinais como se apresentaram positivos, indicam, por conseguinte, a tendência também positiva do comportamento das séries. Ou seja, a precipitação pluvial acumulada na quadra chuvosa de todas as ECP_s avaliadas, tendeu a crescer nas últimas duas décadas (1998-2017).

Posteriormente, como também indicam os últimos mencionados autores, testou-se se as tendências positivas verificadas eram, significativamente, diferentes de zero. Isto é, se era possível rejeitar-se a Hipótese Nula (H_0), para o nível de significância de 0,05 ($\alpha = 5\%$); o que culminaria em se assumir a existência de tendência (neste caso, positiva) para as séries.

Destaca-se que tal decisão foi norteada pelos resultados parametrizados do teste de Mann-Kendall (Z_{mk}), que se mostraram, assim como os resultados de 'S', também, positivos. Portanto, diante destes resultados, sugere-se que as séries registraram tendências crescentes.

Não obstante, quando testada a presença de tendências estatisticamente significativas – por meio da comparação dos valores de Z_{mk} e Z_{tab} . – constatou-se que as tendências monotônicas crescentes (positivas) sinalizadas anteriormente não poderiam ser admitidas, haja vista que todos os Z_{mk_s} foram inferiores aos Z_{tab_s} obtidos.

A partir do exposto, concebe-se, em definitivo, que não se deve rejeitar H_0 em nenhuma das séries. Logo, conclui-se que suas observações são independentes e igualmente distribuídas; o que nos conduz a afirmar, apesar dos resultados anteriores produzidos pelos sinais de 'S' e Z_{mk} , que não há tendência (nem positiva, tão pouco negativa) nas séries.

Comparando os resultados aqui obtidos aqueles produzidos em outros trabalhos, foram observadas tanto diferenças significativas quanto convergências.

Silva e Sousa (2013) analisaram o comportamento pluviométrico de 13 localidades no estado de Alagoas, estando duas delas (Batalha-AL e Piranhas-AL) inseridas no Semiárido do referido estado. Especificamente para os dois postos citados, os autores constataram tendência de diminuição nas séries de precipitação analisadas.

Já Limeira *et al.* (2012), analisando a tendência de chuva de nove localidades da Paraíba, identificaram tendência positiva, estatisticamente significativa, para sete dos oito postos inseridos no Semiárido do NEB, são eles: Picuí, Cabaceiras, Pedra Lavada, Sousa, Itaporanga, Pombal e Teixeira. Do contrário, a única localidade a apresentar tendência negativa foi São Sebastião do Umbuzeiro.

Nóbrega *et al.* (2014), também na Paraíba, abordando eventos extremos de precipitação pluvial e diversos índices para tal, constataram tendências de redução das chuvas nas últimas décadas, sobretudo, na Mesorregião do Sertão; que apresentou maior predomínio de tendência estatisticamente significativas sobre as demais regiões do estado.

Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Lima *et al.* (2011), sobretudo, em relação as tendências não significativas. No trabalho, das 16 localidades baianas estudadas, 14 inserem-se no SAB. Dessas, em apenas uma (Cipó-BA), foi verificada tendência (neste caso, decrescente) significativa. Já para as 13 demais as tendências (tanto positivas quanto negativas) mostraram-se não significativas.

Conclusões

Comparando-se os resultados apresentados por outros autores àqueles aqui produzidos, não se entende que seja possível traçar-se nenhum padrão espaço-temporal de tendência específica (positiva ou negativa) e, conseqüentemente, nenhuma conclusão definitiva quanto ao comportamento das precipitações pluviais – em diversas recortes e unidades temporais avaliadas – ocorridas nas várias áreas do SAB. Deste modo, apesar do esforço empreendido e, em alguns casos, das necessidades inerentes a tal processo (ex: planejamento regional), compreende-se que os diagnósticos e prognósticos na supradita escala carregam consigo grandes generalizações (em muitos casos, indevidas), quando observadas em escala local; o que reduz, sobremaneira, a representatividade e a efetividade de tais resultados para avaliações e planejamentos territoriais em nível local.

Referências

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Agência IBGE Notícias. **IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios para 2017**. 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/16131-ibge-divulga-as-estimativas-populacionais-dos-municipios-para-2017.html>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil**. 2018. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

LIMA, J. R. A; AZEVEDO, D. J. D. N; ARAÚJO, L. E; AZEVEDO, P. V. Identificação de Tendências Climáticas no estado da Bahia. **Revista de Geografia**, v.28, n.3, p.172-187, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228962>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

LIMEIRA, R. C; SOUSA, F. A. S; SILVA, V. P. R; OLIVEIRA, P. T. Tendência das chuvas no Estado da Paraíba. **Revista Hispeci e Lema On Line**, ano 3, n.3, nov. 7p. 2012.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 13, n.27, p.149-176, 2008. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/329>. Acesso em: 14 ago. 2018.

NÓBREGA, J. N; SANTOS, C. A. C; GOMES, O. M; BEZERRA, B. G; BRITO, J. I. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, p.125-138, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862014000200005&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 27 nov. de 2018.

SANTOS, R. S *et. al.* Avaliação da relação seca/produktividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, 313 - 321, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862011000200014&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 19 jul. 2018.

SILVA, D. F; SOUZA, A. B. Detecção de Tendências Climáticas no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.3 p.442-455, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232978>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

SILVA, P. C. G. *et al.* Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Cap. 1, p.18-48. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/861906?mode=full>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

SILVA, R. A; SILVA, V. P. R; CAVALCANTI, E. P; SANTOS, D. N. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.501-509, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000500007>. Acesso em 19 jul. 2018.

SOUSA, A; SILVA, D. Detecção de Tendências Climáticas no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.3, p. 442-455. 2013.

SOUSA, F. A. S; MORAIS, H. F; SILVA, V. P. R. Influência da Urbanização no Clima da Cidade de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**. n. 1, v.?, p. 134-145, 2011.

SOUSA, F. A. S; MORAIS, H. F; SILVA, V. P. R. Influência da Urbanização no Clima da Cidade de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.?, n.1, p.134-145, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232710>>. Acesso em: 19 jul. 2018.