



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration** - guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

APSIM – Agricultural Production Systems simulator. **Growth**. Disponível em: <www.apsim.info>. Acesso em 20 de maio de 2015.

ARAÚJO, L.C.; SANTOS, P.M.; RODRIGUEZ, D.; PEZZOPANE, J.R.M.; OLIVEIRA, P.P.A.; CRUZ, P.G. Simulating Guinea Grass production: empirical and mechanistic approaches. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 1, p. 61-69, 2013.

ARNOLD, C.Y. The development and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, p. 430–445, 1959.

HOLZWORTH, D.P. et al. APSIM - Evolution towards a new generation of agricultural systems simulation. **Environmental Modelling & Software**, Amsterdã, v. 62, p. 327-350, 2014.

HUTH, N.I.; SNOW, V.O.; KEATING, B.A. Integrating a forest modelling capability into an Agricultural production systems modelling environment - current applications and future possibilities. **Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation**, Australia National University, pp. 1895-1900, 2001.

MILES, J.W.; VALLE, C.B.; RAO, I.M.; EUCLIDES, V.P.B. Brachiariagrasses. In: MOSER, L.E.; BURSON, B.L.; SOLLENBERGER, L.E. (Ed.). **Warm-season (C4) grasses**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 2004. p.745-783.

PEQUENO, D.N.L.; PEDREIRA, C.G.S.; BOOTE, K.J. Simulating forage production of Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) with the CROPGRO-Perennial Forage model. **Crop & Pasture Science**, 65, 1335-1348.

SANTOS, P.M.; CRUZ, P.G.; ARAÚJO, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; VALLE, C.B.; PEZZOPANE, C.G. Response mechanisms of *Brachiaria brizantha* cultivars to water deficit stress. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 42, n. 11, p. 767-773, 2013.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000. Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p.21-64.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Identificação de tendências temporais em séries de vazões mínimas nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) GD1 e GD2, Minas Gerais¹

Vinícius Augusto de Oliveira²; Marcelo Linon Batista³; Gilberto Coelho⁴; Carlos Rogério de Mello⁵

¹Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23 a 28 ago. 2015

² Eng. Agrícola, Doutorando em Rec. Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA, Lavras – MG, Fone: (35) 9964-1617, aovinicius@gmail.com

³ Eng. Agrícola, Doutorando em Rec. Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA, Lavras – MG, marclinon@yahoo.com.br

⁴ Eng. Agrícola, Professor Adjunto, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras – MG, coelho@deg.ufla.br

⁵ Eng. Agrícola, Professor Associado, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras – MG, crmello@deg.ufla.br

RESUMO: A identificação de tendências temporais em dados hidrológicos tem recebido grande atenção nas últimas três décadas, especialmente com relação à interação das mudanças no clima e na paisagem por causas naturais ou antrópicas. As vazões mínimas tem importância fundamental na dinâmica dos recursos hídricos no ambiente, pois regem fenômenos como a recarga de nascentes e do aquífero subterrâneo, responsáveis pela manutenção do equilíbrio natural. Assim, objetivou-se neste trabalho identificar tendências temporais em séries anuais de vazões mínimas médias de sete dias consecutivos ($Q_{7 \text{ min}}$) das estações fluviométricas localizadas nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH's) GD1 e GD2, no estado de Minas Gerais. Para tal, foram utilizados os testes estatísticos não-paramétricos de Spearman e Mann-Kendall, os quais identificam a existência de tendência temporal nas séries históricas. Além disso, foi adotado o teste não-paramétrico de Pettitt a fim de identificar o ponto de descontinuidade das séries de $Q_{7 \text{ min}}$ não-estacionárias. Dados de precipitação total anual também foram utilizados com o objetivo de investigar fatores climáticos e antrópicos que possam ter contribuído para tais tendências. De acordo com o teste de Spearman, das 39 estações fluviométricas analisadas 16 apresentaram tendência temporal, porém somente nove apresentaram tendências significativas a nível de 5% de significância pelo teste de Mann-Kendall. Além disso, não foi possível identificar de maneira precisa as causas das descontinuidades nas séries históricas de $Q_{7 \text{ min}}$ devido à escassez de informações referentes às mudanças de uso e ocupação do solo ao longo do tempo na região estudada.

PALAVRAS-CHAVE: tendências temporais, vazões mínimas, testes estatísticos não-paramétricos

Identification of trends in time series of low flows in the Water Resources Planning and Management Units (UPGRH) GD1 and GD2, Minas Gerais

ABSTRACT: The identification of temporal trends in hydrological data has received great attention in the last three decades, especially concerning the interaction of changes in climate and in the landscape due to natural or anthropogenic causes. The low flows are critical for the dynamics of the water resources in the environment because they govern phenomenon such as recharge of springs and aquifers, which are responsible for the maintenance of the natural balance. Thus, the aim of this work was to identify temporal trends in annual series of average minimum flow of seven consecutive days ($Q_{7 \text{ min}}$) of gauged stations located in the Water Resources Planning and Management Units (UPGRH's) GD1 and GD2, in the state of Minas Gerais. For this purpose, we used the non-parametric statistical tests of Spearman and Mann-Kendall, which identify the existence of temporal trend in historical series. Furthermore, the non-parametric Pettitt test was adopted in order to identify the point of discontinuity of the non-stationary time series of $Q_{7 \text{ min}}$. Annual rainfall data were also used in order to investigate climatic and anthropogenic factors that may have contributed to these trends. According to Spearman's test, 16 of 39 gauged stations analyzed presented temporal trend, but only nine presented significant trends at 5% of significance according to the Mann-Kendall test. Moreover, it was not possible to identify precisely the



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

causes of the discontinuities in the time series of $Q_{7 \text{ min}}$ due to lack of information concerning land use change and land use cover throughout the time in the study area.

KEYWORDS: temporal trend, low flows, non-parametrical statistical tests

INTRODUÇÃO

A identificação de mudanças em séries hidrológicas tem recebido bastante atenção nos últimos anos. Tais mudanças podem ser causadas por diversos fatores relacionados ao clima, como precipitação, temperatura e evapotranspiração. Outros fatores como a intervenção humana na ocupação e uso do solo e da água, como construções de reservatórios, barragens, produção de energia elétrica, abastecimento e irrigação, podem causar impactos sobre os recursos hídricos, podendo aumentar os riscos de eventos extremos, como erosão hídrica e enchentes, entre outros problemas, prejudicando sua qualidade, gerando prejuízos ambientais e econômicos para a sociedade.

O crescente interesse acerca de questões ambientais e mudanças climáticas tem chamado a atenção para estudos de análises de tendência em séries temporais, especialmente em séries de vazões, pois estas são consideradas um dos principais fatores no planejamento e gestão de recursos hídricos. Esses dados possuem características de dependência temporal e são afetadas por vários fatores como mudanças climáticas e atividades antrópicas (Yenigünet al., 2008).

As vazões mínimas tem importância fundamental na dinâmica dos recursos hídricos no ambiente, pois regem fenômenos como a recarga de nascentes e do aquífero subterrâneo, responsáveis pela manutenção do equilíbrio natural. Também são importantes na gestão e no planejamento dos recursos naturais, visto que elas fornecem subsídios importantes para estudos e projetos relacionados à demanda hídrica e abastecimento.

Os dados hidrológicos partem do pressuposto de que eles sejam estacionários, ou seja, que suas características estatísticas, como as medidas de posição e variabilidade, permanecem constantes ao longo do tempo. Quando essa situação não é verificada, faz-se necessária uma avaliação mais aprofundada do comportamento temporal dessas variáveis, com a finalidade de se obter informações sobre os fatores responsáveis por alterações dessas características nas séries hidrológicas.

Neste contexto, objetivou-se neste trabalho identificar e caracterizar tendências em séries temporais de $Q_{7 \text{ min}}$ anual por meio dos testes de Spearman e Mann-Kendall, bem como investigar fatores que possam ter contribuído para tais tendências, por meio da identificação dos pontos de mudança pelo teste de Pettitt e análise de séries de precipitação total anual, nas estações fluviométricas das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) GD1 e GD2, em Minas Gerais. Além do mais, objetivou-se conhecer até que ponto essas mudanças foram influenciadas por fatores climáticos, antrópicos e sua interação.

MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Grande está situada na região sudeste do Brasil, na região hidrográfica Paraná que, em conjunto com as regiões hidrográficas Paraguai e Uruguai, compõe a bacia do rio da Prata. As Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) do Rio Grande GD1 e GD2 se encontram na região do Alto Rio Grande, no sul de Minas Gerais, entre as coordenadas 20° 40' 0" S e 23° 0' 0" S e 43° 30' 0" W e 45° 40' 0" W, abrangendo uma área de, aproximadamente, 9.000 km² e 10.500 km², respectivamente. A localização geográfica das UPGRH's em estudo está representada na Figura 1.

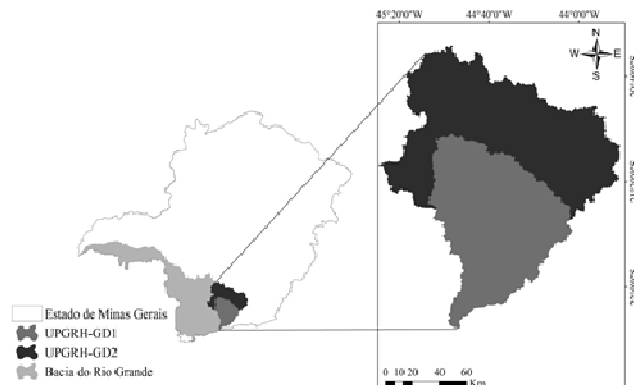


Figura 1. Mapa da localização das UPGRH's

As observações diárias de vazão das estações fluviométricas das UPGRH's GD1 e GD2 foram obtidas por meio de estações fluviométricas presentes no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA/HIDROWEB). Após a obtenção destas, foram adotados alguns critérios de seleção de estações fluviométricas, como: apresentar no mínimo dez anos consecutivos de observação e não apresentar falhas no período de estiagem.

Depois de conferidos estes critérios, foram selecionadas 39 estações fluviométricas, das quais foram extraídas séries de vazões mínimas anuais médias de sete dias consecutivos (Q_{7min}).

Para a análise da estacionariedade foi adotado o teste não-paramétrico de Spearman (Siegel, 1956). A hipótese H_0 do teste de Spearman é de que os dados não apresentam tendência temporal, ou seja, que a série é estacionária. Assim, a hipótese nula (H_0) pode ser rejeitada se $T > Z_{(1-\alpha/2)}$. Considerando-se um nível de significância (α) de 5% tem-se $z = 1,96$.

Após verificada a não-estacionariedade das séries históricas adotou-se o teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendal, 1975) com a finalidade de se conhecer se a série de dados apresenta uma tendência negativa (decréscimo), positiva (aumento) ou nula (não apresenta tendência significativa) da vazão Q_{7min} . A estatística Z do teste de Mann-Kendall é então comparada aos valores de z_α obtidos pela tabela de z da distribuição normal padronizada. A um nível de significância de 5%, o qual representa um valor de z_α de 1,96, a hipótese de nulidade pode ser rejeitada se $Z > z_\alpha$, ou seja, a série histórica de Q_{7min} apresenta tendência significativa.

A presença de tendência nas séries de Q_{7min} representam uma provável mudança climática ou antrópica, porém o teste MK não é capaz de representar o momento dessa mudança, sendo impossível a investigação de fatores responsáveis por essa descontinuidade. Para este propósito foi adotado o teste de Pettitt (Pettitt, 1979). Após a caracterização dos pontos de mudança, foram feitas investigações com o propósito de identificar fatores que causaram tais descontinuidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados sinalizam que das 18 estações fluviométricas da UPGRH-GD1, apenas 4 apresentaram tendência temporal. Já na UPGRH-GD2, 8 das 21 estações foram consideradas não-estacionárias. A distribuição espacial da estacionariedade das séries históricas de Q_{7min} nas UPGRH's GD1 e GD2 está apresentada na Figura 2.

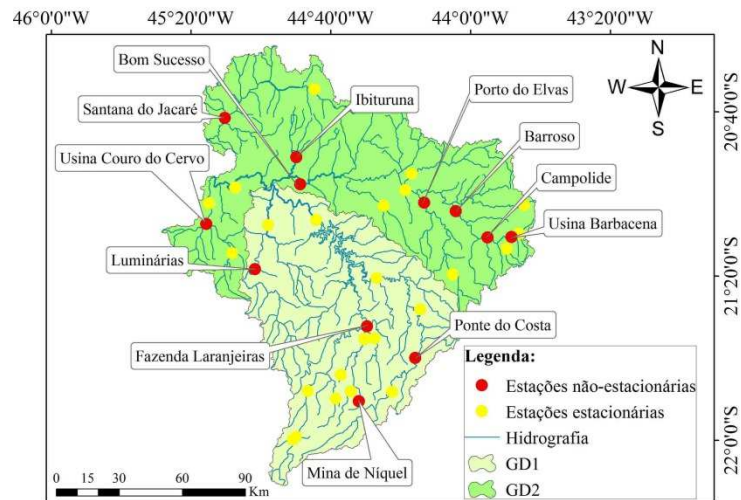


Figura 2. Mapa da distribuição espacial da estacionariedade das estações analisadas

As séries históricas de $Q_{7 \text{ min}}$ das estações “Fazenda da Cachoeira”, “Luminárias”, “Barroso”, “Porto do Elvas” e “Ibituruna” apresentaram tendência crescente. Essa condição ilustra uma situação favorável no que diz respeito à disponibilidade hídrica, visto que o aumento de vazões mínimas evidencia uma melhor recarga do aquífero livre, o que faz com que o escoamento base aumente, fazendo com que a estiagem seja menos severa (Mello e Silva, 2013).

Por outro lado, estações Campolide, Usina Barbacena, Bom Sucesso e Santana do Jacaré apresentaram séries de $Q_{7 \text{ min}}$ com tendência decrescente, apresentando uma situação desfavorável, pois indica que, ao longo dos anos, haja um aumento gradativo do período de seca de cada ano, indicando que no futuro, haja uma possível escassez dos recursos hídricos (YENIGÜN; GÜMÜS; BULUT, 2008).

A Figura 3 ilustra a distribuição espacial das estações que apresentaram descontinuidade significativa em suas séries de $Q_{7 \text{ min}}$ anual, bem como a estatística do teste de Mann-Kendal (Z) e a identificação do ponto de mudança, obtido pelo teste de Pettitt.

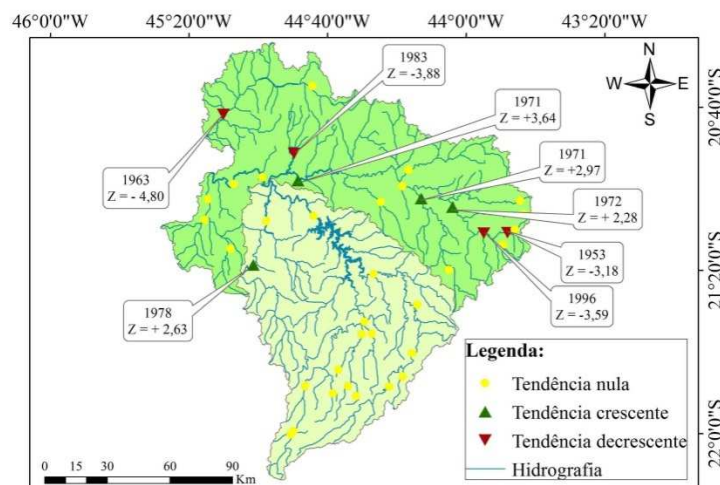


Figura 3. Distribuição espacial de tendência temporal e seus respectivos pontos de mudança

Observa-se que as estações Ibituruna e Barroso, ambas localizadas ao longo do Rio das Mortes, e a estação Porto do Elvas, localizado no Rio Elvas, afluente do Rio das Mortes, apresentaram pontos de mudança nos anos de 1971, 1972 e 1971, respectivamente. Devido à proximidade da época da



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

mudança nas séries de $Q_{7 \text{ min}}$, estes resultados podem indicar que tais mudanças possam ter ocorrido devido à mesma causa.

Devido à escassez de informações referentes às mudanças de uso e ocupação do solo ao longo do tempo na região estudada, não foi possível identificar de maneira precisa as causas das descontinuidades nas séries históricas de $Q_{7 \text{ min}}$.

CONCLUSÕES

Segundo teste de Spearman, das 39 estações fluviométricas analisadas 16 apresentaram tendência temporal, porém somente nove apresentaram tendências significativas a nível de 5% de significância pelo teste de Mann-Kendall.

Não foi possível identificar de maneira precisa as causas das descontinuidades nas séries históricas de $Q_{7 \text{ min}}$ devido à escassez de informações referentes às mudanças de uso e ocupação do solo ao longo do tempo na região estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. London: ed. Griffin, 1975. 272 p.

MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, p. 245–259., 1945.

MELLO, C.R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.

PETTITT, A. N. A Non-parametric Approach to the Change-Point Problem. **Applied Statistics**, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979.

SIEGEL, S. **Non-parametric statistics for the behavioral sciences**. New York: McGraw-Hill, 1956. 312 p.

YENIGÜN, K. et al. Trends in streamflow of the Euphrates basin, Turkey. **Water Management**, v. 161, n. 4, p. 189-198, 2008.