

DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA E A INFLUÊNCIA NA ESTACIONARIEDADE DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS

Uilson Ricardo Venâncio Aires¹, Guilherme Barbosa Reis², Demetrius David da Silva³

¹Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rollfs, S/N, uilson.aires@ufv.br; ²Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rollfs, S/N, guilherme.b.reis@ufv.br; ³Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rollfs, S/N, demetrius@ufv.br

RESUMO

As alterações climáticas e as atividades antrópicas nas bacias hidrográficas têm resultado em mudanças no regime hidrológico. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a dinâmica do uso e cobertura da terra e sua influência na variabilidade temporal nos dados fluviométricos. Foi verificado o comportamento dos dados hidrológicos (vazão e precipitação) aplicando-se os testes de Mann Kendall e Pettitt. Para avaliar a interferência antrópica na área, foram realizadas as classificações do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat utilizando o classificador *Random Forest*. O regime pluviométrico não apresentou mudanças significativas ao longo do tempo. Entretanto, a vazões mínima e média apresentaram tendências de redução. O principal fator atrelado a essas mudanças são as alterações observadas no uso da terra, em especial, um aumento de 48% nas áreas de cultivo, o que contribui para aumento da evapotranspiração e uso da água.

Palavras-chave — Testes não paramétricos, Geoprocessamento, Hidrologia.

ABSTRACT

Climate change and anthropogenic activities in river basins have been resulted in changes in hydrological regime. Thus, the aim of this work is to evaluate dynamics of land use and cover and its influence on temporal variability on stream flow data. We verify the behavior of the hydrological data (stream flow and rainfall) applying the tests of Mann Kendall and Pettitt. To evaluate the anthropogenic impacts in the area, we performed a classification of land use and land cover with Landsat images using the Random Forest classifier. The rainfall regime did not present significant changes over time. However, the low and average flow presented reduction trends over time. The main factor associated with these changes are the observed changes in land use and land cover, especially an increase of 48% in the cultivated areas, which contributes to elevate evapotranspiration and water uses.

Key words — Non-parametric tests, Geoprocessing, Hydrology.

1. INTRODUÇÃO

As alterações climáticas e a intensificação das atividades antrópicas nas bacias hidrográficas têm resultado em modificações no ciclo hidrológico, em especial na amplitude e ocorrência de eventos hidrológicos extremos [1].

Estudos recentes têm confirmado o comportamento não estacionário da precipitação em diversas partes do globo [2]–[4], no entanto, o regime de vazões apresenta maior sensibilidade, pois é influenciado, além das alterações climáticas, por ações antrópicas nas bacias hidrográficas como obras de infraestrutura, modificações nos canais do rio, em especial, alterações no uso e cobertura da terra [5].

Dentre os diversos métodos para verificação as mudanças nos padrões das séries temporais, os testes não paramétricos de Mann Kendall e Pettitt são amplamente utilizados para a verificação do comportamento hidrológico ao longo do tempo por apresentar simplicidade e robustez [6]. O teste de Pettitt além de verificar a estacionariedade nas séries de dados, também permite identificar o período em que ocorreu a mudanças.

A análise das alterações do regime de vazão é fundamental para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, uma vez que a disponibilidade hídrica pode comprometer o desenvolvimento socioeconômico de toda a bacia hidrográfica. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a dinâmica do uso e cobertura da terra e sua influência na variabilidade temporal nos dados fluviométricos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área de drenagem (2.754 km²) da estação fluviométrica Belo Vale (código: 4071000) localizada na região a montante da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba (BHRP) (Figura 1).

Foram utilizados no estudo os dados da estação fluviométrica Belo Vale, com período de observação de 50 anos (1968 a 2017) e três estações pluviométricas com período de observação de 1942 a 2017. Os dados hidrológicos de cada estação foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb), da Agência Nacional de Águas (ANA).

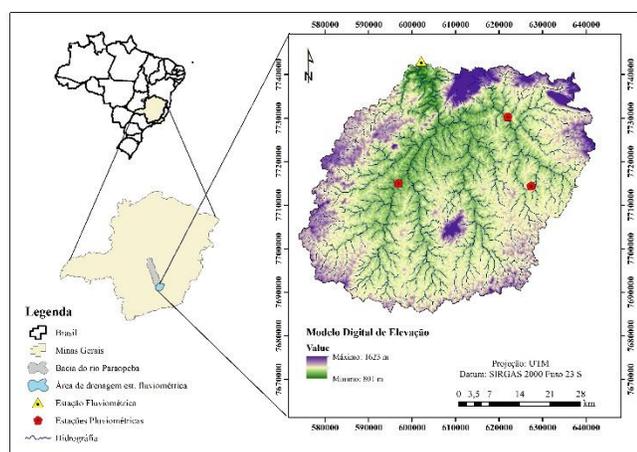


Figura 1 – Localização da área de drenagem da estação fluviométrica em estudo na bacia do rio Paraopeba.

2.1. Análise da estacionariedade das séries de vazão e precipitação

Para verificação do comportamento dos dados hidrológicos ao longo do tempo, foram aplicados os testes não paramétricos de Mann Kendall e Pettitt, considerando-se o nível de significância de 5%. Os testes foram realizados utilizando o software R, sendo que para o teste de Mann Kendall utilizou-se a biblioteca Kendall e para o Teste de Pettitt a biblioteca Trend.

Foi verificada a hipótese de estacionariedade, considerando para as séries de vazões médias, e para as vazões máximas e mínimas. Para as séries de precipitação foram aplicados os testes para a precipitação total anual, em cada uma das três estações pluviométricas com influência na área de estudo.

2.3 Obtenção e classificação das imagens

Foram utilizadas imagens Landsat 5 sensor Thematic Mapper (TM) e Landsat 8 sensor Operational Land Imager (OLI) com intuito de verificar se as alterações temporais do uso e cobertura da terra influenciaram nas modificações do regime de vazões.

A obtenção e o processamento das imagens Landsat foram realizados na plataforma computacional de processamento de dados em nuvem Google Earth Engine (GEE), o qual trabalha com linguagem de programação JavaScript. O script utilizado para obtenção das informações foi adaptado de Google Earth Engine API [7], que apresenta diversos exemplos de scripts para manipulação de dados no GEE, sendo possível a edição desses para obtenção de informações de uma área específica.

Para este estudo foram utilizadas uma imagem mediana compreendendo o período de 01/1985 e 12/1986 do satélite Landsat 5 TM, período no qual foi possível remover de forma satisfatória as nuvens. Foi utilizada também outra

imagem mediana utilizando o Landsat 8 OLI do período de 01/2017 a 12/2017.

A classificação do uso e cobertura da terra foi feita utilizando o classificador Random Forest com apoio do software R, em que se empregou a biblioteca Labgeo, obtida utilizando a Função 1.

```
devtools::install_github("elpidiofilho/labgeo")
```

 (1)

Foram coletadas amostras em formato de polígonos contendo de 9 a 12 pixels das imagens Landsat com apoio do software ArcGis Desktop® 10.1. A quantidade de amostras para treinamento e os usos da terra abordados foram: Floresta (50 amostras), Área de cultivos (40 amostras), Pastagem (50 amostras), Área urbana (20 amostras), Recursos hídricos (20 amostras), Solo exposto (20 amostras). Do total amostrado, foram utilizados 75% para treinamento e 25% para validação, sendo que a métrica de avaliação da acurácia do classificador utilizada foi o índice Kappa (K)

Para verificação da alteração do uso e cobertura da terra entre os dois períodos analisados foi utilizada a ferramenta Land Change Modeler (LCM) do software Idrisi Selva®, a qual tem sido empregada para fins de estimativa das mudanças do uso e cobertura do solo e previsões de cenários futuros em decorrência da possibilidade de construções de empreendimentos na área, como rodovias, reservatórios, desmatamento, dentre outros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do comportamento hidrológico das séries de vazão e precipitação

O resultado da aplicação dos testes de Mann Kendall e Pettitt, considerando o nível de significância de 5%, pode ser verificado na Tabela 2

Tabela 1 – Resultado da aplicação dos testes de Mann Kendall e Pettitt nos dados Fluviométricos e pluviométricos da área de estudo.

	Dados Fluviométricos		
	Mann Kendall		Pettitt
	Tau de Kendall	P - value	P-value
Vazão Máxima	0,0939	0,3403	0,4811
Vazão Mínima	-0,351	0,0003	0,0001
Vazão Média	-0,159	0,1046	0,0382
	Dados Pluviométricos		
	Mann Kendall		Pettitt
	Tau de Kendall	P - value	P-value
Estação 02043005	-0,0589	0,45387	0,7480
Estação 02043013	-0,0979	0,21247	0,2597
Estação 02044007	-0,0983	0,21082	0,5470

Pode-se observar na Tabela 1 que no teste de Mann Kendall verificou-se tendência ($P\text{-value} < 0,05$) de redução (τ de Kendall < 0) apenas para o regime de vazões mínima, enquanto que o teste de Pettitt indicou que há tendências nas séries tanto para a vazões mínimas quanto para a vazões médias.

Em relação à precipitação, nota-se que não houve tendências nas séries de dados, indicando que as tendências observadas nos regimes de vazões mínimas e médias podem estar atreladas as atividades antrópicas na bacia.

A Figura 2 apresenta o período em que ocorreram as mudanças nas séries fluviométricas de dados, por meio da aplicação do teste de Pettitt.

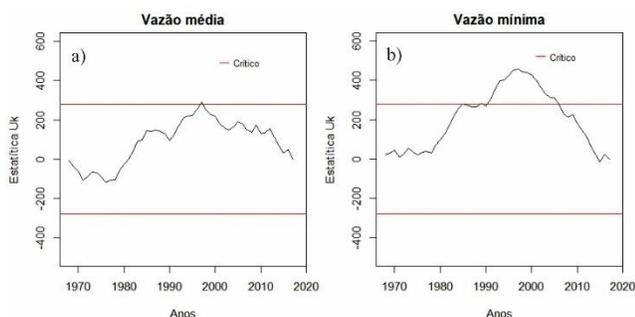


Figura 2 - períodos em que ocorreram as modificações nas séries de dados Fluviométricos identificados com a aplicação dos testes de Pettitt.

Nota-se na Figura 2 que ocorreu uma mudança nos padrões das vazões médias próximo ao ano de 2000, em que os dados ultrapassam levemente o valor crítico. A pequena diferença observada no comportamento da série pode ter sido o motivo do teste de Mann Kendall não acusar tendência neste regime de vazões.

Observa-se também na Figura 2 que as vazões mínimas apresentaram dois picos de mudanças no comportamento das séries de dados, sendo que o primeiro período ocorreu próximo ao ano de 1990, com tendência de crescimento dos valores deste regime fluviométrico. Por outro lado, verifica-se também uma tendência de diminuição da vazão próximo a 2010.

3.2 Análise da modificação do uso e cobertura da terra na área de estudo

O índice Kappa obtido para a classificação de 1985/ 86 foi de 0,91 e a do período correspondente a 2017 foi de 0,98, considerado como excelente. Apesar de grande parte da classificação ter acertado o uso atual da área, especialmente da imagem mais recente, a qual foi comparada com as imagens do Google Earth®, é possível verificar alguns erros, principalmente em relação a solo exposto e cidade. Desta forma, um maior número de amostragem poderia melhorar a classificação já que traria maiores parâmetros para treinamento e validação do classificador.

A Figura 3 apresenta o uso e cobertura da terra para o período de 1985/86 (Figura 3 (a)) e 2017 (Figura 3 (b)) para a área de drenagem da estação fluviométrica utilizada neste estudo.

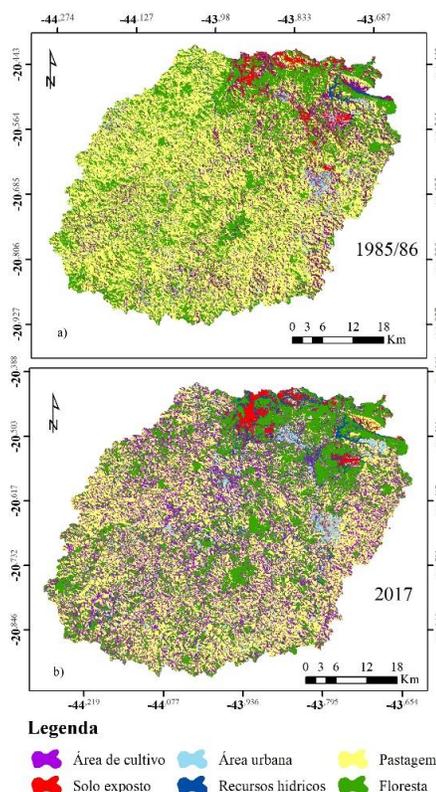


Figura 3 - Uso e cobertura da terra

Em termos quantitativos, as alterações do uso e cobertura da terra, utilizando-se a ferramenta LMC, foi verificada a perda de área em km^2 (Figura 4 (a)) e a porcentagem das alterações do uso e cobertura do solo de uma classe para outra (Figura 4 (b)).

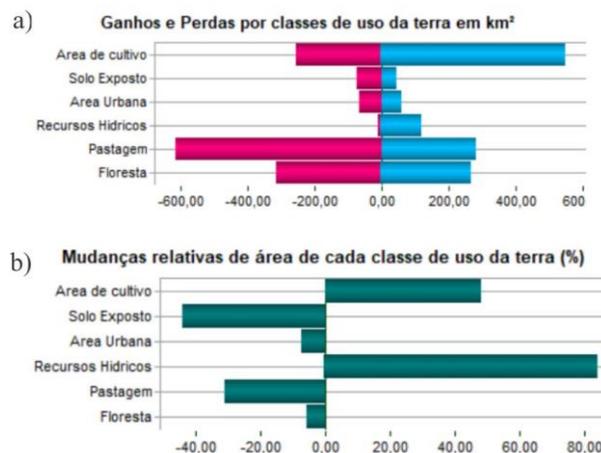


Figura 4 - Mudanças no uso da terra entre 1985/86 a 2017

Observando-se a Figura 3 e Figura 4 (b) que a área de recursos hídricos teve um crescimento de 85% em relação a sua área no período de 1985/86. Esta expansão foi motivada pela construção de um barramento na região próxima à área de mineração e também pela qualidade da imagem, sendo que a mais recente (2017) foi capaz de detectar melhor os cursos de água. As áreas de cultivo apresentaram um crescimento de 48% em relação a sua área no período anterior. Já o solo exposto foi o que mais apresentou redução, com 44%, motivado principalmente pela recuperação das áreas destinadas a mineração.

O aumento nas áreas de cultivo pode ter influenciado na redução das vazões mínimas e médias observadas na estação fluviométrica utilizada neste estudo. Além do aumento da demanda por água, as áreas de cultivo tendem a apresentar uma área foliar maior em relação às áreas de pastagens. Diversos estudos apontam redução destas vazões devido ao aumento da cobertura vegetal [8]. Este comportamento é explicado pelo fato de o reflorestamento gerar um aumento substancial da evapotranspiração (ET) [9], além da maior capacidade de retirada da água do solo devido à profundidade das raízes [10].

Os resultados indicam a importância de estudos sobre a variação do comportamento hidrológico ao longo do tempo para o planejamento e gestão de recursos hídricos, principalmente em relação às vazões mínimas, que são utilizadas para fins de outorga de direito do uso da água e fundamentais para minimizar conflitos entre os usuários múltiplos da água em bacias hidrográficas [11].

O comportamento das vazões médias em relação ao aumento da cobertura vegetal segue a mesma lógica das vazões mínimas, ou seja, no curto prazo, o aumento da cobertura florestal tende a resultar em uma redução neste regime de vazões [10], [12], [13]. Desta forma, a tendência de redução da observada na estação utilizada neste estudo pode ter sido influenciada pelo aumento da cobertura vegetal.

4. CONCLUSÕES

Foi constatado comportamento não estacionário em dois regimes de vazões (vazões médias e mínimas) com tendência de redução, as quais podem estar relacionadas com as mudanças no uso e cobertura da terra na área de estudo.

As áreas de cultivos foi a classe de uso da terra que mais apresentou aumento na área de estudo, indicando uma intensificação das atividades agrícolas no período de análise.

5. REFERÊNCIAS

- [1] X. J. Jiang, W. Liu, J. Wu, P. Wang, C. Liu, and Z.-Q. Yuan, "Land Degradation Controlled and Mitigated by Rubber-based Agroforestry Systems through Optimizing Soil Physical Conditions and Water Supply Mechanisms: A Case Study in Xishuangbanna, China," *L. Degrad. Dev.*, vol. 28, no. 7, pp. 2277–2289, Oct. 2017.
- [2] K. Ishida, M. Gorguner, A. Ercan, T. Trinh, and M. L. Kavvas, "Trend analysis of watershed-scale precipitation over Northern California by means of dynamically-downscaled CMIP5 future climate projections," *Sci. Total Environ.*, vol. 592, pp. 12–24, Aug. 2017.
- [3] M. F. Salviano, J. D. Groppo, and G. Q. Pellegrino, "Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil," *Rev. Bras. Meteorol.*, vol. 31, no. 1, pp. 64–73, Mar. 2016.
- [4] S. Westra and S. A. Sisson, "Detection of non-stationarity in precipitation extremes using a max-stable process model," *J. Hydrol.*, vol. 406, no. 1–2, pp. 119–128, Aug. 2011.
- [5] P. C. D. Milly *et al.*, "Climate change. Stationarity is dead: whither water management?," *Science*, vol. 319, no. 5863, pp. 573–4, Feb. 2008.
- [6] D. Zhang, Q. Zhang, J. Qiu, P. Bai, K. Liang, and X. Li, "Intensification of hydrological drought due to human activity in the middle reaches of the Yangtze River, China," *Sci. Total Environ.*, vol. 637–638, pp. 1432–1442, Oct. 2018.
- [7] GEE, "Introduction | Google Earth Engine API | Google Developers," 2017. [Online]. Available: <https://developers.google.com/earth-engine/>. [Accessed: 13-Dec-2017].
- [8] V. Andréassian, "Waters and forests: from historical controversy to scientific debate," *J. Hydrol.*, vol. 291, no. 1–2, pp. 1–27, May 2004.
- [9] I. R. Calder, "Water use of eucalypts — A review with special reference to South India," *Agric. Water Manag.*, vol. 11, no. 3–4, pp. 333–342, Sep. 1986.
- [10] K. A. Farley, E. G. Jobbagy, and R. B. Jackson, "Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy," *Glob. Chang. Biol.*, vol. 11, no. 10, pp. 1565–1576, Oct. 2005.
- [11] M. A. de Almeida and W. F. Curi, "Gestão do uso de água na bacia do Rio Paraíba, PB, Brasil com base em modelos de outorga e cobrança," *Ambient. e Agua*, vol. 11, no. 4, p. 989, Oct. 2016.
- [12] J. M. Bosch and J. D. Hewlett, "A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration," *J. Hydrol.*, vol. 55, no. 1–4, pp. 3–23, Feb. 1982.
- [13] A. Molina, V. Vanacker, V. Balthazar, D. Mora, and G. Govers, "Complex land cover change, water and sediment yield in a degraded Andean environment," *J. Hydrol.*, vol. 472–473, pp. 25–35, Nov. 2012.