

ANÁLISE DE TENDÊNCIA EM DADOS HIDROLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ

MARIA PAULA FEITOSA TORMAM¹; MARCELLE MARTINS VARGAS²; ARYANE
ARAÚJO RODRIGUES³; MATHEUS DA SILVA FAGUNDES¹; DANIELE DE
ALMEIDA BRESSIANI⁴, TAMARA LEITZKE CALDEIRA⁵

¹Engenharia Civil, Universidade Federal de Pelotas – mariaptormam@gmail.com;
matheus.sf9@gmail.com

²PPG em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas – marcellevarg@gmail.com

³PPG em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Pelotas – aryane03.2@gmail.com

⁴Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas –
danibressiani@gmail.com

⁵Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas – tamaraleitzkecaldeira@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Camaquã (BHRC) está localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, abrangendo parcial ou totalmente 28 municípios, para os quais a população em 2010, último censo demográfico, era de 365.000 habitantes (CGBHRC, 2019).

Com uma área de drenagem de cerca de 21.600 km², a BHRC tem como curso d'água principal o rio Camaquã, cujas nascentes encontram-se à oeste, em Dom Pedrito e Lavras do Sul, e a foz encontra-se à leste, na Laguna dos Patos, entre Camaquã e São Lourenço do Sul. Trata-se de uma bacia predominantemente rural, com desenvolvimento econômico e social atrelado à agricultura, que enfrenta conflitos pelo uso d'água devido à relação entre demanda e disponibilidade hídrica, e que tem buscado ações mitigatórias, conforme relatado no Plano de Bacia (SEMA, 2016; CGBHRC, 2019).

Dado o contexto, a compreensão acerca dos processos hidrológicos, especialmente com relação à entrada (chuva) e à saída (vazão) de água da bacia, é essencial na BHRC. Tal compreensão pode auxiliar tanto no planejamento e na prática de ações mitigatórias dos conflitos existentes, como na gestão antecipada aos conflitos que venham a surgir à longo prazo, em decorrência, por exemplo, de alterações de uso e cobertura do solo ou das mudanças climáticas.

A avaliação dos processos hidrológicos numa bacia hidrográfica parte da quantificação destes através de variáveis hidrológicas, como a vazão média diária, observadas ao longo do tempo. São essas observações – também chamadas de séries históricas – que permitem avaliar, dentre outros, a forma com que essas variáveis flutuam e se, excluídas as flutuações, elas se mantêm estacionárias ou tendem a aumentar ou diminuir com o passar do tempo (NAGHETTINI, 2017). Testar a hipótese de estacionariedade de séries históricas é algo corriqueiro na engenharia hidrológica, sendo comum para tal finalidade a aplicação de testes de tendência não-paramétricos (ASFAW et al., 2018).

Levando em consideração a relevância da BHRC, bem como a necessidade de subsidiar estudos hidrológicos que visem à gestão dos recursos hídricos, este trabalho objetivou avaliar a ocorrência de tendência em suas séries históricas de vazão e de precipitação.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram empregados dados diários disponíveis no HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência

Nacional de Águas (ANA). Foram encontrados 3 postos fluviométricos no rio Camaquã e, por esta razão, empregou-se aquele de maior área de drenagem (Passo do Mendonça). Com relação aos postos pluviométricos, foram encontrados 18 (Figura 1).

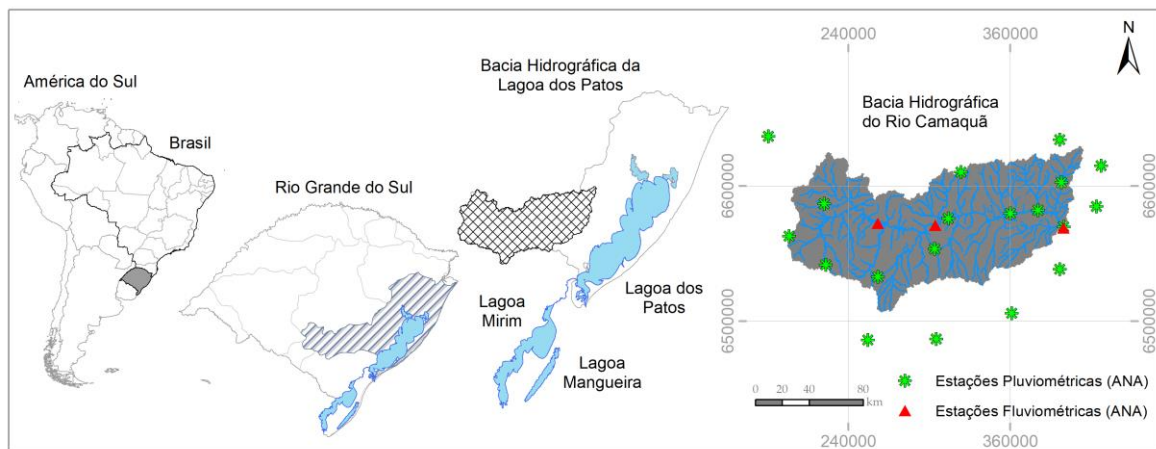


Figura 1 – Localização da BHRC delimitada a montante do posto fluviométrico “Passo do Mendonça” e distribuição espacial dos demais postos fluviométricos e pluviométricos empregados neste estudo.

Com o auxílio do software SYHDA (Vargas et al., 2019), foram constituídas, a partir dos dados diários, as séries históricas de vazão média anual, vazão média mensal, precipitação total anual e precipitação total mensal. Foram considerados, para tal, os anos que tiveram até 31 dias de falhas, no caso das séries anuais, e os meses que tiveram até 5 dias de falhas, no caso das séries mensais.

A análise de tendência nessas séries foi realizada através do teste estatístico não-paramétrico de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975), o qual é amplamente aceito e empregado para tal finalidade (ASFAW et al., 2018). Neste estudo, o teste foi executado no software MATLAB (LEE, 2019), considerando a hipótese nula (H_0) de ausência de tendência na série de dados avaliada, ao nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através do teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5% apontam para a estacionariedade da série histórica de vazões médias anuais observadas na seção de controle da BHRC entre 1965 e 2018. Isso significa que as vazões médias anuais da BHRC, fluando em torno da média de $328,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, não apresentam tendência significativa de aumento ou diminuição ao longo do período. O mesmo não ocorre quando analisadas, entre 1965 e 2018, as vazões médias mensais de agosto e outubro, tendo a primeira apresentada tendência estatisticamente significativa de redução e, a segunda, de aumento.

No que tange à precipitação total anual, a estacionariedade foi verificada para todas as 18 séries analisadas, o que não ocorreu quando analisadas as precipitações totais mensais de janeiro, abril, maio, julho, agosto, outubro, novembro e dezembro. Na Tabela 1 é possível visualizar o número de postos para os quais o teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5% indicou tendência de aumento ou diminuição da precipitação total mensal, assim como o período de dados que foi avaliado.

Tabela 1 – Número de postos cujos dados de precipitação total mensal apresentaram tendência estatisticamente significativa de aumento ou diminuição ao longo do período avaliado.

Mês	Número de postos cujos dados apresentaram tendência de		Período das observações
	aumento	diminuição	
Janeiro	1	0	2000-2017
Fevereiro	0	0	
Março	0	0	
Abril	2	0	1944-2017; 1945-2017
Maio	1	0	1944-2017
Junho	0	0	
Julho	1	2	1967-2017; 1968-2017
Agosto	1	0	1981-2017
Setembro	0	0	
Outubro	5	0	1977-2017; 1970-2017; 1986-2017; 1968-2017; 1945-2017
Novembro	1	1	1944-2017; 1977-2017
Dezembro	1	0	1944-2017

Dos resultados apresentados na Tabela 1, destaca-se o fato de que 5 das 18 séries de precipitação total de outubro apresentaram tendência estatisticamente significativa de aumento ao longo dos períodos analisados. Visto que a precipitação é a principal forma de entrada de água na bacia, e que as vazões médias de outubro apresentaram tendência de aumento, esse resultado era, portanto, esperado. De modo análogo, a tendência de redução da precipitação total de julho, constatada a partir de dados de 2 postos pluviométricos, pode ter relação direta com a tendência de redução das vazões médias de agosto, mês subsequente.

Outro fato a ser destacado concerne à quantidade substancialmente maior de meses para os quais se verificou tendência de aumento da precipitação total, quando comparados aos meses com tendência de diminuição, embora, em sua grande maioria, estes resultados tenham indicado não-estacionariedade para dados de apenas 1 posto pluviométrico.

Frente ao exposto, a análise de tendência nos dados de vazão e de precipitação da BHRC, ainda que incipiente, sugere uma tendência de aumento da disponibilidade hídrica no mês de outubro. Uma vez que a irrigação, especialmente de lavouras de arroz, é o uso consuntivo de águas superficiais de maior expressão na BHRC (98,1%) (SEMA, 2016), e que, geralmente, as lavouras começam a ser inundadas no mês de novembro, uma medida de mitigação dos conflitos pelo uso da água existentes hoje poderia ser a antecipação do cultivo. Porém, cabe destacar que esta é uma análise preliminar que tem como objetivo subsidiar estudos de modelagem hidrológica na BHRC, os quais permitirão avaliar com a tendência ao aumento ou diminuição da disponibilidade hídrica ao longo do século XXI com base em projeções do clima futuro.

4. CONCLUSÕES

Com este trabalho, pôde-se concluir que as séries históricas de vazão média e precipitação total anual são estacionárias e que tendências somente são verificadas quando analisadas tais variáveis na escala mensal. Conclui-se também que testes de tendência, como o de Mann-Kendall, são ferramentas

valiosas para uma análise preliminar de dados hidrológicos e uma compreensão inicial sobre a dinâmica dos processos na bacia hidrográfica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASFAW, A.; SIMANE, B.; HASSEN, A.; BANTIDER, A. Variability and time series trend analysis of rainfall and temperature in northcentral Ethiopia: A case study in Woleka sub-basin. **Weather and Climate Extremes**, v. 19, p. 29-41.

CGBHRC. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. **A bacia hidrográfica**. Acesso em: 15 de abril de 2019. Disponível em: <<http://www.comitecamaqua.com/index.php/a-bacia-hidrografica/caracterizacao-geral>>.

KENDALL, M. Rank correlation methods (4th edn.) charles griffin. **San Francisco, CA**, v. 8, 1975.

LEE, Taesam. Mann-Kendall with Missing Values and Same Values. **MATLAB Central File Exchange, 2019**. Acessado em 26 de ago. de 2019. Online. Disponível em: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/70408-mann-kendall-with-missing-values-and-same-values>

MANN, Henry B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 245-259, 1945.

NAGHETTINI, M. **Fundamentals of Statistical Hydrology**. Cham: Springer, 2017.

SEMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Plano da Bacia Hidrográfica do Camaquã 2015-2035**: Relatório Executivo. Porto Alegre, 2016. 58 p.

VARGAS, M. M.; BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; CORREA, L. L.; CUNHA, Z. A. SYHDA. (2019). System of Hydrological Data Acquisition and Analysis. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** 24 (11).