

## REGIONALIZAÇÃO DA VAZÃO MÍNIMA $Q_{90}$ PARA BACIA DO RIO IBICUÍ: COMPARAÇÃO DE MÉTODOS

MYLENA FEITOSA TORMAM<sup>1</sup>; MOZZARA OLIVEIRA DA FONSECA<sup>2</sup>; CARINA KRÜGER BORK<sup>3</sup>; HUGO ALEXANDRE SOARES GUEDES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Discente UFPEL/Engenharia Civil – [tormam.mylena@gmail.com](mailto:tormam.mylena@gmail.com)

<sup>2</sup>Discente UFPEL/Engenharia Civil – [mozzarafonseca@gmail.com](mailto:mozzarafonseca@gmail.com)

<sup>3</sup>Mestre em Recursos Hídricos UFPEL/PPG Recursos Hídricos – [borkcarina@gmail.com](mailto:borkcarina@gmail.com)

<sup>4</sup>Docente UFPEL/Engenharia Civil – [hugo.guedes@ufpel.edu.br](mailto:hugo.guedes@ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das séries temporais de vazões diárias é necessário para prever a magnitude e a frequência das vazões mínimas. A obtenção das vazões mínimas é importante para uma variedade de estudos, podendo-se citar o gerenciamento da qualidade da água, a determinação do requisito mínimo de vazão a jusante para necessidades hidrelétricas e ecológicas, os projetos de sistemas de irrigação e tratamento de águas residuais e o planejamento do abastecimento de água para determinar as transferências e as retiradas admissíveis (NOSRATI et al., 2015).

No Brasil, as vazões mínimas são utilizadas como as vazões de referência nos processos de outorga. A vazão referencial é um critério no qual são estabelecidos percentuais que serão disponibilizados para outorga referentes a uma vazão mínima pré-fixada obtida através de séries históricas (ALMEIDA; CURI, 2016). Neste contexto, a determinação das vazões de referência para um curso d'água faz-se importante, já que essas têm como objetivo oferecer uma base técnica para garantir os usos múltiplos e proteger os corpos hídricos (GRANZIERA, 2013).

Contudo, esta tarefa pode tornar-se árdua, já que a rede de monitoramento hidrológico atual pode não ser suficientemente adequada para realização desses estudos. Nesse viés, a técnica de regionalização é uma alternativa para obtenção de vazões em locais sem dados de medições ou com insuficiência de dados, onde se pressupõe que a similaridade espacial das regiões permite que dados hidrológicos de locais sem informações possam ser estimados através de ferramentas de regressão (MELATI; MARCUZZO, 2016).

Inúmeros métodos de regionalização foram testados ao longo dos anos. Dentre esses métodos, destacam-se alguns como o método Tradicional, proposto por Eletrobrás (1985), o qual é um dos mais difundidos para regionalização de vazões no Brasil. Consiste na identificação de regiões hidrologicamente homogêneas e no ajuste de equações de regressão regionais entre as diferentes variáveis a serem regionalizadas e as características das bacias hidrográficas para cada região homogênea.

Outro método que vem sendo aplicado é a análise de agrupamento, integrante da análise estatística multivariada, a qual é utilizada para investigar, interpretar e classificar os dados apresentados em grupos ou conjuntos semelhantes. Na regionalização de vazões, esta análise vem sendo aplicada internacionalmente e proporcionando resultados satisfatórios (NOSRATI et al. 2015).

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar se há ganho de desempenho na utilização da Análise de Agrupamento em relação ao método Tradicional na regionalização da vazão mínima  $Q_{90}$  na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí.

## 2. METODOLOGIA

Segundo a Secretaria Estadual de Meio Ambiente, a Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí (BHRI) situa-se entre as coordenadas geográficas 28°53' a 30°51' de latitude Sul e 53°39' a 57°36' de longitude Oeste e apresenta uma área de drenagem de 35.495,38 km<sup>2</sup> (Figura 1).

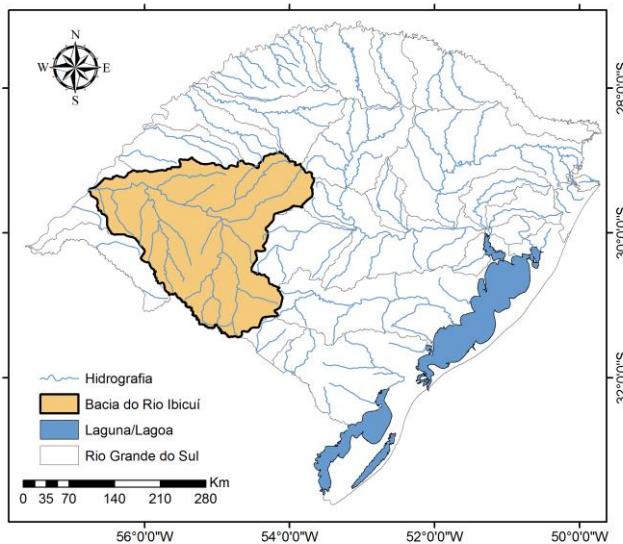


Figura 1 – Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí.

O pré-processamento das séries históricas dos dados de vazão foram realizadas no software SisCAH 1.0, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa/MG. As séries foram obtidas da rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb). Foram mantidas apenas as estações fluviométricas com um registro mínimo 10 anos de dados, sendo que as falhas foram limitadas a 10% para cada ano. A partir disso, foi possível obter a curva de permanência de cada estação e a série de vazão Q<sub>90</sub> observada.

Neste trabalho foram avaliados dois métodos de regionalização de vazões. O primeiro consiste no método Tradicional e, nesta etapa, foi utilizado o software SisCORV 1.0 (Sousa, 2009). A determinação das regiões hidrológicamente homogêneas foi realizada com base na verificação do desempenho das equações de regressão.

O segundo método consiste na Análise de Agrupamento hierárquica, aplicada para identificação das regiões homogêneas. Inicialmente, as variáveis foram padronizadas, com propósito de evitar os efeitos das diferentes escalas; posteriormente foi aplicada a distância Euclidiana de dissimilaridade e o agrupamento pelo método de Ward. Esta combinação foi aplicada neste estudo por indicações de Nosrati et al. (2015). Após definidas as regiões homogêneas, o método de regressão stepwise foi aplicado para definição das variáveis que geram os melhores ajustes das equações. O modelo potencial de regressão foi o escolhido para ambas as metodologias de regionalização.

No presente estudo, a vazão Q<sub>90</sub> foi considerada como variável dependente. As variáveis independentes foram: área de drenagem (A em km<sup>2</sup>); perímetro (P em km); precipitação total anual (p em mm) e declividade (D em %). As variáveis independentes buscaram representar as características físicas e climáticas da bacia em estudo. Para delimitação das bacias hidrográficas e levantamento das

variáveis foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) TOPODATA com resolução espacial de 30 metros. A variável precipitação total anual foi calculada pelo método dos polígonos de Thiessen.

O desempenho das equações de regionalização foi avaliado a partir dos resultados dos seguintes indicativos estatísticos: coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_a$ ) e logaritmo do índice de eficiência de Nash-Sutcliffe ( $CNS_{log}$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o pré-processamento das séries históricas dos dados de vazão, foram selecionadas 12 estações fluviométricas, as quais atendiam os critérios estabelecidos. As regiões homogêneas identificadas por cada método são apresentadas na tabela 1 e na figura 2.

Tabela 1. Regiões homogêneas para o método Tradicional

Região	Código estação	Região	Código estação
1	76360001	2	76085000
	76380000		76100000
	76550000		76120000
	76650000		76440000
	76742000		76460000
	76750000		76490000

Observa-se que as regiões se diferem entre os grupos, no qual o método Tradicional separou em duas regiões com seis estações em cada e a Análise de Agrupamento separou a Região 1 com sete estações e a Região 2 com 5 estações.

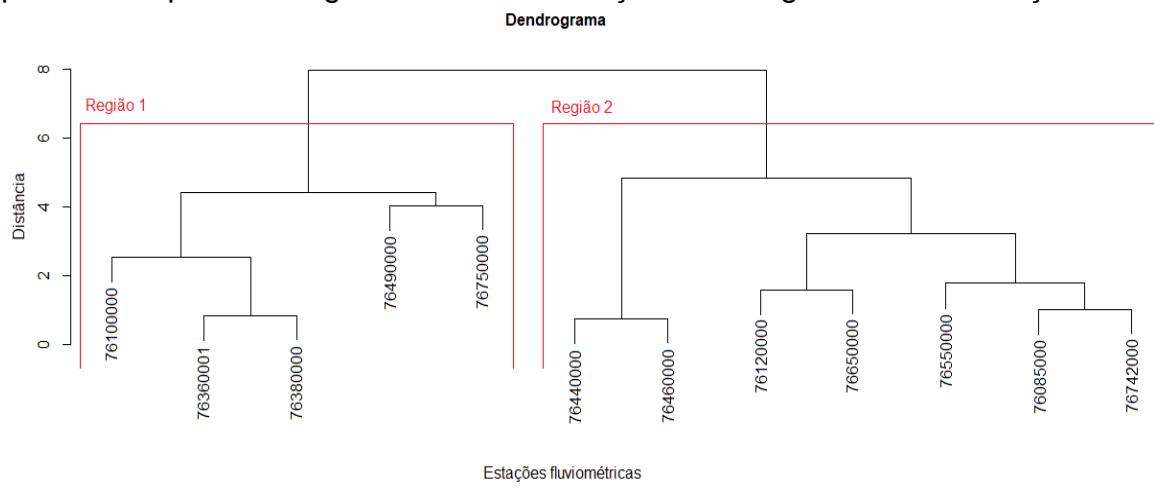


Figura 2. Regiões homogêneas obtidas pela Análise de Agrupamento

A tabela 2 apresenta as equações potencias de regressão de cada região homogênea para os dois métodos aplicados neste estudo. Observa-se que no método Tradicional a Região 1 apresentou resultado satisfatório com a inclusão de apenas uma variável (perímetro), já a Região 2 obteve resultados satisfatório com a inclusão de todas as variáveis independentes. Já na Análise de Agrupamento as variáveis com entrada no modelo foram declividade (D) e precipitação (p) para Região 1 e apenas a variável declividade para Região 2.

Tabela 2. Equações de Regionalização para o Método Tradicional e Análise de Agrupamento.

Método	Região	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	CNS <sub>log</sub>	Equação de Regionalização
Tradicional	1	0,88	0,91	$Q_{90}=0,0026 \cdot (P^{1,29})$
	2	0,99	0,89	$Q_{90}=4,18 \cdot 10^{-50} \cdot (A^{3,99} \cdot P^{-6,37} \cdot D^{1,25} \cdot p^{16,05})$
Análise de Agrupamento	1	0,90	0,90	$Q_{90}=1,39 \cdot 10^{-17} \cdot (D^{-4,18} \cdot p^{6,65})$
	2	0,62	0,50	$Q_{90}=-3,471 \cdot (D^{2,263})$

Em relação a eficiência dos modelos, para o método Tradicional, as equações potenciais de regressão apresentaram valores de R<sup>2</sup><sub>aj</sub> maiores que 0,8 e valores de CNS<sub>log</sub> maiores que 0,75 e, portanto, foram considerados adequados e bons conforme classificação de Motovilov et al. (1999). Já para Análise de Agrupamento e método stepwise os valores de R<sup>2</sup><sub>aj</sub> foram 0,90 para Região 1 e 0,62 para região 2. Já os valores de CNS<sub>log</sub> foram 0,90 para Região 1, considerado adequado e bom, e 0,50 para Região 2 considerado aceitável conforme classificação de Motovilov et al. (1999).

Observa-se uma redução de desempenho do modelo na Região 2 obtida por Análise de Agrupamento. Portanto, para a bacia hidrográfica do Rio Ibicuí o método Tradicional é mais satisfatório para obtenção da vazão mínima Q<sub>90</sub>. Esse resultado pode ser atribuído ao fato do conjunto de dados analisado ser relativamente pequeno e a análise multivariada ser mais adequada em casos de grandes conjuntos de dados.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que, para bacia em análise, não há ganho de desempenho na utilização de um método mais robusto como a Análise de Agrupamento em relação ao Método Tradicional na regionalização da vazão mínima Q<sub>90</sub>.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA M. A.; CURI W. F. Gestão do uso de água na bacia do Rio Paraíba, PB, Brasil com base em modelos de outorga e cobrança. **Revista Ambiente e Água**, Tabuá, v. 11, n. 4, p. 989-1005, 2016.
- ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro, 1985a. 202 p.
- GRANZIERA, M. L. M. A fixação de vazões de referência. **Revista de Direito Ambiental**, v. 18, n. 70, p. 127–148, 2013.
- MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F.N. Regressões simples e robusta na regionalização da vazão Q95 na Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas. **Ciências e Natura**, Santa Maria, v.38, n.2, p. 722 – 739, mai./ago. 2016.
- MOTOVILOV, Y. G.; GOTTSCHALK, L. ENGELAND, K. RODHE, A. Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 98-99, n. 1-4, p. 257-277, 1999.
- NOSRATI et al. Regional low flow analysis in Sefidrood Drainage Basin, Iran using principal component regression. **Hydrology Research**, v. 46, n. 1, p. 121-135, 2015.
- SOUSA, H. T. et al. **SisCAH 1.0 Sistema Computacional para Análises Hidrológicas**. Brasília, DF: ANA; Viçosa, MG: UFV, 2009, 60p.