

# REGIONALIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE UM MODELO CONCEITUAL CHUVA VAZÃO

<sup>1</sup>Tiago Francisco Celaro, <sup>2</sup>Thais Marques, <sup>3</sup>Álvaro Ribeiro, <sup>4</sup>Lucas Giacomelli  
e <sup>5</sup>Vitor Souza Viana Silva

<sup>1,2,3,4</sup> Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária na Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Professor do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre,  
Ms. pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, RS, Brasil.

E-mail: celarti@hotmail.com, thaisg.marques@hotmail.com, alvaro.fl@gmail.com, luverino@hotmail.com, vitorsvs83@hotmail.com

## Relevância

Os dados de séries temporais de vazões em uma bacia hidrográfica são inexistentes ou insuficientes, em termos de qualidade e quantidade. Uma alternativa para os casos em que não se dispõe de medidas fluviométricas, pode ser pelo uso da técnica da regionalização, a qual consiste na extrapolação de parâmetros, ou de variáveis hidrológicas, de uma bacia hidrográfica para outra (Masih et al., 2010, Silva et al., 2014).

As técnicas de regionalização segundo Kokkonen et al. (2003) podem ser provenientes da estimativa e transferência dos parâmetros do modelo chuva-vazão. Esta regionalização de parâmetros consiste no fornecimento de valores dos parâmetros obtidos do processo de calibração na sub-bacia com dados, para as demais sub-bacias sem dados de vazões. Nesta consideração, admite-se a hipótese da uniformidade espacial do comportamento das variáveis hidrológicas como visto nos trabalhos de Masih et al. (2010), e Silva et al. (2014).

Neste estudo, o modelo chuva-vazão IPH II, na versão WIN\_IPH 2 foi calibrado na menor sub-bacia, e os seus parâmetros resultantes do processo de calibração foram cedidos para simulação das vazões das demais sub-bacias com áreas de drenagem superiores, com a finalidade de se obter séries de dados fluviométricas para locais sem medições.

Os parâmetros do modelo foram obtidos no processo de calibração na sub-bacia do rio Ijuí, denominada de Ponte Nova do Potiribu, com área de drenagem 629 km<sup>2</sup>, e os parâmetros resultantes do processo de calibração, no período de 1989-1992 foram aplicados em 6 sub-bacias hidrográficas com áreas de drenagem entre 805 a 9426 Km<sup>2</sup>. As séries temporais de vazões destas foram posteriormente utilizadas para avaliar a eficiência da técnica de regionalização de parâmetros mediante o desempenho do modelo com o uso do coeficiente de Nash-Sutcliffe ( $NS$ ) e do erro em volume ( $\Delta V$ ).

## Descrição da bacia e do dados

A bacia do rio Ijuí situa-se na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil), entre as coordenadas 28°00' e 29°00' de latitude Sul e 53°00' e 56°00' de longitude Oeste, possui área de drenagem de 10.703 km<sup>2</sup>, enquanto que as suas sub-bacias apresentam uma faixa de área de drenagem entre 629 a 9426 km<sup>2</sup> (Figura 1).

A série de vazões utilizada foi no período entre 1989 a 1992 para calibração do modelo IPH II, na sub-bacia Ponte Nova do Potiribu. E as demais séries dos 5 postos com áreas de drenagem superiores, no mesmo período, foram utilizadas para verificar o desempenho do modelo hidrológico na técnica de regionalização de parâmetros. Os 6 postos são monitorados pelo sistema de informações hidrológicas da Agência Nacional de Águas (Figura 2). As informações dos postos fluviométricos estão disponíveis na tabela 1.

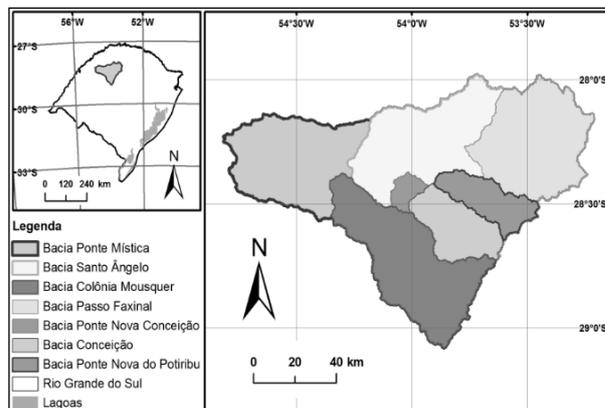


Figura 1.- Localização da bacia do rio Ijuí e sub-bacias.

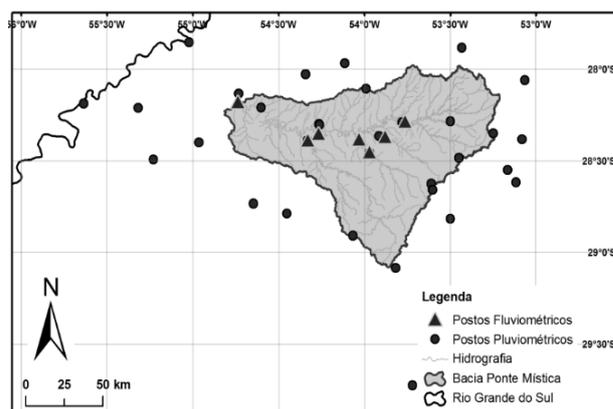


Figura 2.- Localização pluviômetros da bacia do rio Ijuí.

Tabela 1.- Dados dos postos fluviométricos do rio Ijuí.

Sub-Bacia	Área	Lat. (sul)	Long. (Oeste)
Ponte Mística	9.426	28°10'53''	54°44'18''
Santo Ângelo	5.414	28°21'19''	54°16'06''
Colônia Mousquer	2.131	28°23'23''	54°19'51''
Passo Faxinal	2.003	28°17'13''	53°45'51''
Ponte Nova Conceição	966	28°23'05''	54°01'53''
Conceição	805	28°27'18''	53°58'15''
Ponte Nova do Potiribu	629	28°22'15''	53°52'45''

Utilizou-se a série de chuva diária de 22 postos pluviométricos localizados no interior e nas adjacências da área de drenagem da bacia do rio Ijuí da ANA no período de 1989 a 1992 para o cálculo da chuva média nas 6 sub-bacias usando uma grade regular. Os valores nodais foram obtidos por interpolação espacial das chuvas nos postos com o Vizinho Natural utilizando o algoritmo disponível no SURFER 8.0 (Silva 2014). Os dados diários de evapotranspiração foram estimados pela relação de proporcionalidade entre calculados pela equação de

Penman-Montheith, com a série de registros diários de um evapômetro de Piché, obtidos da estação climatológica da INMET, localizada em Cruz Alta (longitude 53°36'00" e latitude 28°38'00").

## Descrição do WIN\_IPH2

O WIN\_IPH 2 é uma versão que possui o modelo IPH II implementado. O IPH II é um modelo que simula o processo de transformação de chuva-vazão com os seguintes algoritmos (Bravo et al., 2007): Perdas por interceptação e por evapotranspiração que possui o parâmetro  $R_{max}$ , o qual representa a capacidade de armazenamento máximo em um reservatório hipotético de interceptação pela vegetação; Separação de escoamento representados pelos parâmetros  $I_0$ ,  $I_b$  e  $h$ , que são, respectivamente, as capacidades inicial e mínima de infiltração e o parâmetro de decaimento de infiltração de água no solo, são característicos da equação de infiltração de Horton; Propagação dos escoamentos superficiais e subterrâneos é feito mediante o método de Clark, o qual é uma combinação do histograma tempo-área (HTA) com um modelo de reservatório linear simples, os quais representam a translação da chuva pelo deslocamento sobre a superfície da bacia, e os efeitos de armazenamento das partículas de água no percurso até o ponto da saída da bacia. Os parâmetros de propagação do escoamento superficial é o  $k_{sup}$  e o parâmetro de propagação do escoamento subterrâneo é o  $k_{sub}$ ; Fornecimento de parâmetros das características físicas da bacia como a área de drenagem (A), a porcentagem de área impermeável (AIMP), o coeficiente de forma da bacia ( $n$ ), e o tempo de concentração ( $t_c$ ), juntamente com as condições iniciais estimadas, que são a vazão de percolação ( $Q_p$ ), a vazão subterrânea ( $Q_{sub}$ ) e a vazão superficial ( $Q_{sup}$ ); Calibração de parâmetros do modelo com otimização baseadas em algoritmos evolutivos com função monobjetivo (algoritmo SCE-UA, Duan et al., 1992). Os dados de entrada são as séries de chuvas médias na bacia, as estimativas de evapotranspiração e as vazões observadas para a calibração dos parâmetros do modelo.

## O processo de regionalização de parâmetros

A aplicação do método consistiu, primeiramente, na estimativa dos valores dos parâmetros ( $R_{max}$ ,  $I_0$ ,  $I_b$ ,  $h$ , Alfa,  $K_{sup}$ ,  $K_{sub}$ ) para a menor sub-bacia do rio Ijuí, em Ponte Nova do Potiribu sub-bacia, através do processo de calibração automático, utilizando o algoritmo SCE-UA com a função objetivo NS. São executadas diversas calibrações, para evitar o estacionamento em um ótimo local e mais provavelmente chegar a um ótimo global.

Posteriormente, com o conjunto de parâmetros definidos na calibração. Estes foram fornecidos para as demais sub-bacias maiores. Tendo-se em conta as características particulares de cada uma, representadas pelos parâmetros específicos destas, os quais são a área (A), a porcentagem de área impermeável (AIMP), o coeficiente de forma igual a 1,5, que corresponde a uma elipse, e o tempo de concentração de 24 horas para bacias com área superior a 2.500 km<sup>2</sup> e um valor de 12 horas para bacias com áreas entre 250 e 2.500 km<sup>2</sup> (Silva, 2014). A avaliação do desempenho do modelo chuva-vazão consistiu na verificação da resposta mediante o comparativo dos resultados simulados com os dados observados com o índices estatísticos de ( $NS$ ) e o erro em volume  $\Delta V$ , expresso em porcentagem foram os índices utilizados para avaliar o desempenho do modelo chuva-vazão.

## Resultados e conclusões

A calibração automática foi realizada em 10 aplicações

sucessivas do algoritmo SCE-UA com a função objetivo de  $NS$ , na sub-bacia do Ijuí, em Ponte Nova do Potiribu (629 km<sup>2</sup>), no período de 02/01/1989 a 31/01/1992. As 10 execuções de calibração foram no intuito de evitar o estacionamento de parâmetro que leva a função objetivo a um ótimo local, buscando-se um ótimo global, segundo recomendações de (Bravo et al., 2007). Resultando nos parâmetros nos seguintes parâmetros:  $I_0 = 75.7146$  mm h<sup>-1</sup>;  $I_b = 3.4535$  mm h<sup>-1</sup>;  $h = 0.57999$  (adimensional);  $K_{sup} = 2.9377$  horas;  $K_{sub} = 31.9962$  horas;  $R_{max} = 8.8709$  horas e Alfa = 0.6727 %. Os índices estatísticos desta da calibração, resultou um  $NS = 0.82$  e o erro em volume  $\Delta V = 1.02$ . Ao substituir este conjunto de parâmetros nas sub-bacias maiores os índices estatísticos de desempenho resultante foram em Conceição (805 km<sup>2</sup>),  $NS = 0.83$ ,  $\Delta V = -8,25$  %, Ponte Nova Conceição (966 km<sup>2</sup>),  $NS = 0.81$ ,  $\Delta V = -5,64$  %, Passo Faxinal (2.003 km<sup>2</sup>),  $NS = 0,79$ ,  $\Delta V = -1,59$  %, Colônia Mousquer (2131 Km<sup>2</sup>),  $NS = 0,77$ ,  $\Delta V = -0,64$  %, Santo Ângelo (5.414 km<sup>2</sup>),  $NS = 0,69$ ,  $\Delta V = 6,71$  %, e Ponte Mística (9426 Km<sup>2</sup>),  $NS = 0,65$ ,  $\Delta V = 9,64$  %.

Os resultados da técnica de regionalização de parâmetros foram satisfatórios, pois os valores apresentaram intervalos  $0,65 \leq NS \leq 0,83$  e  $-8,25 \% \leq \Delta V \leq 9,64$  %, estando de acordo com os critérios de Moriasi et al. (2007). Nota-se uma perda de eficiência do modelo com a aplicação da técnica em função do aumento da escala das sub-bacias analisadas. Isso se deve ao fato da região ser relativamente pequena, geograficamente bastante homogênea. Silva Junior et al. (2003) apresentaram resultados na regionalização de vazões e similaridades espaciais foram evidenciadas, a partir da pequena variabilidade espacial das variáveis e funções obtidas na mesma bacia do rio Ijuí. Os resultados mostram a possibilidade de regionalização de parâmetros de modelos chuva-vazão de bacias menores para maiores nesta bacia.

## Referências bibliográficas

- Bravo, J. M., Allasia, D.; Collischonn, W., Tassi, R., MELLER, A., Tucci, C., (2007). "Avaliação visual e numérica da calibração do modelo hidrológico IPH II com fins educacionais". In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo. v. 1.
- Duan, Q.; Sorooshian, S.; Gupta, V. (1992). Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models. Water Resources Research 28(4), pp. 1015-1031.
- Kokkonen, T.S., Jakeman, A.J., Young, P.C., Koivusalo, H. J., (2003), "Predicting daily flows in ungauged catchments: model regionalization from catchment descriptors at the Coweeta". Hydrologic Magette.
- Masih, I., Uhlenbrook, S., Maskey, S., Ahmad, M.D., (2010) "Regionalization of a conceptual rainfall-runoff model based on similarity of the flow duration curve: A case study from the semi-arid Karkheh basin, Iran", Journal of Hydrology.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L. (2007). "Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations". American Society of Agricultural and Biological Engineer.
- Silva, V. S. V., Pedrollo, O. C., Castro, N. M. R., (2014), "Estudo de regionalização por transferência de parâmetros do modelo IPH II na bacia do rio Ijuí/RS". Revista de Gestão de Águas da América Latina, REGA, Vol. 10, no. 2, pp. 65-75.