

<https://eventos.utfpr.edu.br/sei/sei2018>

Regionalização da vazão máxima da microbacia do Rio Mourão

Regionalization of the maximum flow of the micro-basin of the Rio Mourão.

Rosinaldo de Souza Rodrigues Junior

rosinaldojunior@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Eudes José Arantes

eudesarantes@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

RESUMO

A regionalização trata-se da transferência de informações de um local para o outro, seu uso vem como forma de suprir a carência de informações hidrológicas. A vazão máxima pode ser utilizada na regionalização, sendo associada a previsão de enchentes, obras hidráulicas e gestão urbana da água. O objetivo do presente estudo foi regionalizar a vazão máxima de três estações fluviométricas para a bacia do Rio Mourão utilizando os métodos de Gumbel, Log-Normal e Log-Pearson Tipo III para um tempo de retorno de 1000 anos. No estudo utilizou-se uma série de vazão média diária de 1964 a 2017 do SIH, através da vazão máxima anual de cada estação foi encontrada a vazão para 1000 anos utilizando os métodos de distribuição, com esse resultado e dados dos locais foi possível realizar a regionalização da vazão máxima utilizando o suplemento solver. Através da correlação foi obtido um valor de R^2 de 0,999 para todos os métodos de distribuição, para Quinta do Sol e Salto Natal a diferença entre vazão máxima regionalizada e real enquanto a ETA obteve uma diferença alta pelos dois métodos, em Log-Pearson Tipo III as três estações obtiveram diferença menor que $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Conclui-se que a regionalização apresentou resultados de correlação satisfatórios, enquanto a utilização da área como variável explicativa se adequou ao estudo.

PALAVRAS-CHAVE: métodos, série histórica, gestão.

ABSTRACT

ABSTRACT: Regionalization is about the transfer of information from one place to another, its use comes as a way to fill the lack of hydrological information. The maximum flow can be used in the regionalization, being associated with prediction of floods, hydraulic works and urban water management. The objective of the present study was to regionalize the maximum flow of three fluviometric stations to the Rio Mourão River basin using the Gumbel, Log-Normal and Log-Pearson Type III methods for a 1000 year return time. In the study, a series of daily average flow from 1964 to 2017 of the SIH was used, through the maximum annual flow of each station, the flow was found for 1000 years using the distribution methods, with this result and data of the sites it was possible to perform the regionalization of the maximum flow rate using the solver supplement. Through correlation, a R^2 value of 0.999 was obtained for all distribution methods, for Quinta do Sol and Salto Natal, the difference between regionalized and real maximum flow, while the ETA obtained a high difference for the two methods, in Log-Pearson Type III the three stations obtained a difference smaller than $4 \text{ m}^3/\text{s}$. It was concluded that the regionalization presented satisfactory correlation results, while the use of the area as an explanatory variable was adequate to the study.

KEYWORDS: methods, historical series, management.

Recebido: 27 ago. 2018.

Aprovado: 12 set. 2018.

Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O estudo da vazão tem relação direta com o comportamento de uma bacia, seus rios e afluentes e se torna um aliado na gestão de recursos hídricos, seja este recurso utilizado para o abastecimento público quanto para a geração de energia. Porém, devido à grande extensão hidrológica se torna difícil um gerenciamento adequado o que possibilita a ocorrência de falhas e escassez de informações fluviométricas.

Nesse contexto a utilização da regionalização vem como uma forma de suprir a carência de informações hidrológicas em locais com pouca ou nenhuma disponibilidade de dados, sendo considerada uma ferramenta útil no planejamento e gerenciamento hídrico (AMORIM et al., 2005).

De acordo com Tucci (2002), o termo regionalização tem sido utilizado em hidrologia para denominar a transferência de informações de um local para o outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante. Essa transferência de informações é baseada em métodos que analisam as características físicas e climáticas da bacia possibilitando assim através dessa relação a transferência.

Na regionalização deve ser considerada as características da bacia que podem ser facilmente mensuráveis, sendo a área de drenagem a principal variável explicativa em diversos estudos de regionalização de vazões, em função da sua influência na disponibilidade de água ao longo da hidrografia (AZEVEDO, 2004; EUCLYDES et al., 2005).

Apesar de existirem variáveis climáticas que podem ser aplicadas a regionalização como a precipitação, a influência não é tão significativa quanto as variáveis físicas. Isso foi constatado por Silva et al. (2003) e Euclides et al. (1998) que verificaram que a inserção da variável precipitação não resultou melhora significativa nos modelos de regressão.

Para a regionalização os principais dados fluviométricos utilizados para a transferência são a vazão mínima, média e máxima. Sendo que o conhecimento da vazão máxima está particularmente associado a gestão de urbana da água (bueiros, galerias e abastecimento), projeto de vertedores de barragens, riscos de inundação em uma bacia e à definição das vazões de projeto de obras hidráulicas de controle de enchentes, se tornando indispensável (BARBOSA et al., 2005).

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi regionalizar a vazão máxima de três postos fluviométricos de Campo Mourão para a bacia do Rio Mourão em um tempo de retorno de 1000 anos. Para isso, foram utilizados os métodos analíticos de Log-Normal, Log-Pearson Tipo III e Gumbel para comparar o resultado de cada posto fluviométrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O local de estudo se encontra na microbacia hidrográfica do Rio Mourão e abrange os municípios de Campo Mourão, Luiziana e Mamborê. Sua área de drenagem é de aproximadamente 572 km², pertencendo a bacia do Rio Ivaí e Rio Mourão.

A bacia do Rio Mourão compreende a Mesorregião Geográfica Centro Ocidental Paranaense e Microrregião Geográfica Campo Mourão (CAVIGLIONE et al., 2000). Este rio é afluente do Rio Ivaí e possui uma área de drenagem de

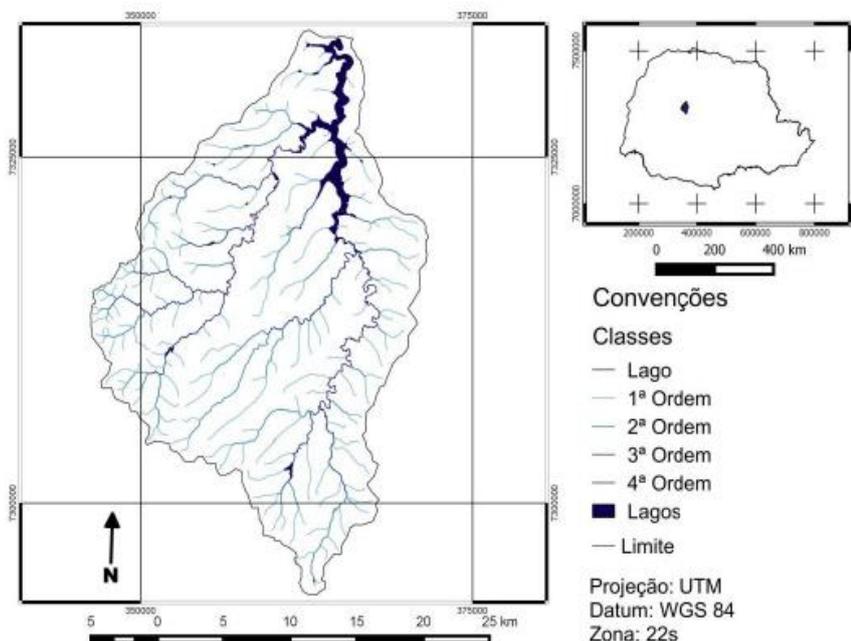
aproximadamente 1534 km², sendo inseridos nessa bacia seis municípios: Quinta do Sol, Campo Mourão, Luiziana, Peabiru, Mamborê, Engenheiro Beltrão.

O clima na região de acordo com Caviglione et al. (2000) é o subtropical úmido mesotérmico, caracterizado por ser um clima subtropical com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C. O regime pluviométrico anual é de 1600 a 1800 mm, com maiores concentrações nos meses de novembro a fevereiro.

Como atividades econômicas desenvolvidas na região, têm-se principalmente a agricultura e a pecuária. Na agricultura, destacam-se na cultura temporária a produção de soja e milho (em grãos) e, na cultura permanente a produção de laranja e de café (em grãos).

Na microbacia (Figura 1) está presente uma média central hidrelétrica que teve o início operação no ano de 1964 pela COPEL (Companhia Paranaense de Energia), está utiliza como área de reservatório o Rio Mourão. A usina tem capacidade de geração de 8500 KW e foi construída para ter uma potência efetiva de 7,5 KW. O vertedouro possui descarga máxima de 594 m³/s e o reservatório analisado para se fazer as análises e medições possui nível d'água máxima e normal de 609 e 540,6 metros respectivamente, contando com uma área de 11.3 m² (COPEL, 1999).

Figura 1 - Localização da microbacia do Rio Mourão – Paraná.



Fonte: STIER (2015).

Para desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados dados de série histórica do Sistema de Informações Hidrológicas (SIH), que disponibiliza relatórios de vazões fluviométricas médias diárias no AGUASPARANÁ. A partir da bacia hidrográfica do Ivaí foi possível encontrar as estações fluviométricas para Campo Mourão, estas apresentando uma série de dados de 1974 a 2017, variando a quantidade de anos da série conforme a estação analisada.

Para Campo Mourão foram encontradas cinco estações fluviométricas, sendo que a escolha das estações de maior relevância levou em conta Vezza et al. (2010),

que considera como uma das condições de confiabilidade existir no mínimo 10 anos de registro de vazões diárias, apresentando assim um espaço de tempo que pode apresentar variações nas vazões.

Após organização da série histórica de vazão foram encontradas as vazões máximas anuais de cada estação fluviométrica e aplicado os métodos de distribuição Log-Normal, Log-Pearson Tipo III e Gumbel para estabelecer a vazão máxima para o tempo de retorno de 1000 anos.

O método Log-Normal é uma distribuição flexível, podendo ser útil para a modelagem de dados mais ou menos simétrico ou assimétricos. Para determinar essa distribuição utiliza-se a equação (1).

$$\text{Log}(x) = \overline{\log(x)} + K \cdot s_{\log(x)} \quad (1)$$

Onde: $\text{Log}(x)$ é o logaritmo da vazão máxima, $\overline{\log(x)}$ = média dos logaritmos das vazões máximas anuais observadas, K = fator de frequência e $s_{\log(x)}$ = desvio padrão dos logaritmos das vazões máximas anuais observadas.

A distribuição de Log-Pearson Tipo III é comumente utilizada para determinar a vazão máxima de acordo com a equação (2).

$$\text{Log}(x) = \overline{\log(x)} + K_{(T,G)} \cdot s_{\log(x)} \quad (2)$$

Onde: $\text{Log}(x)$ é o logaritmo da vazão máxima, $\overline{\log(x)}$ é a média dos logaritmos das vazões máximas anuais observadas, $s_{\log(x)}$ é o desvio padrão dos logaritmos das vazões máximas anuais observadas e $K_{(T,G)}$ é o fator de frequência que depende do fator de assimetria.

O método de Gumbel é mais utilizado para determinar a máxima enchente de um rio e relacionar com a frequência de ocorrência ou período de retorno. A probabilidade de que uma determinada vazão venha a ser igualada ou excedida em um ano qualquer pode ser estimada usando a distribuição de Gumbel, de acordo com a equação (3).

$$P = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (3)$$

Onde: P é a probabilidade, e é a base dos logaritmos naturais e y é dado pela equação (4).

$$y = (x - \bar{x} + \sigma_x \cdot \frac{y_n}{\sigma_n}) \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \quad (4)$$

Onde: x é a vazão, \bar{x} = média das vazões anuais, σ_x = desvio padrão das vazões máximas anuais e σ_x e y_n são o desvio padrão e a média da variável Gumbel tabelados.

Para calcular a estimativa a vazão pelo método da regionalização foram definidos os coeficientes a e b , a obtenção desses coeficientes foi possível através da realização dos mínimos quadrados para cada estação analisada, o que faz com que a vazão máxima regionalizada de Q seja mais próxima do real. Através do software Excel se utilizou o suplemento solver para minimizar o valor da somatória dos mínimos quadrados tendendo a zero, variando os valores de a , b para

minimizar a diferença. A relação da equação (5) leva em conta os coeficientes encontrados para a vazão e a área de drenagem (A) dos locais para regionalização.

$$Q = aA^b \quad (5)$$

Para verificar a confiabilidade dos dados foi realizado uma correlação da vazão resultante da regionalização das estações e da vazão real, assim foi possível obter um valor de R^2 , que dá uma resposta sobre o quanto de variação ocorreu. O intervalo de resposta do R^2 varia de 0 a 1 e explica o quanto o modelo consegue explicar os valores observados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos critérios utilizados para a escolha das estações ficaram definidas três estações fluviométricas (Quadro 1) para o desenvolvimento do estudo.

Quadro 1 - Dados das estações fluviométricas presente no Relatório do SIH.

Código	Estação		
	64671950	64671000	64673000
Nome	CAMPO MOURÃO ETA SANEPAR	SALTO NATAL	QUINTA DO SOL
Latitude	-24° 03' 55''	-24° 01' 59''	-23° 49' 25''
Longitude	-52° 24' 59''	-52° 16' 00''	-52° 10' 43''
Altitude (m)	620	617	315
Área de Drenagem (km ²)	79	853	1530

Fonte: Autoria própria (2018).

Com base nos cálculos realizados para a estimativa de vazão dessas estações obteve-se as seguintes equações para Gumbel (6) Log-Normal (7) e Log-Pearson Tipo III (8), com período de retorno de 1000 anos.

$$Q = 0.16324A^{1.22403} \quad (6)$$

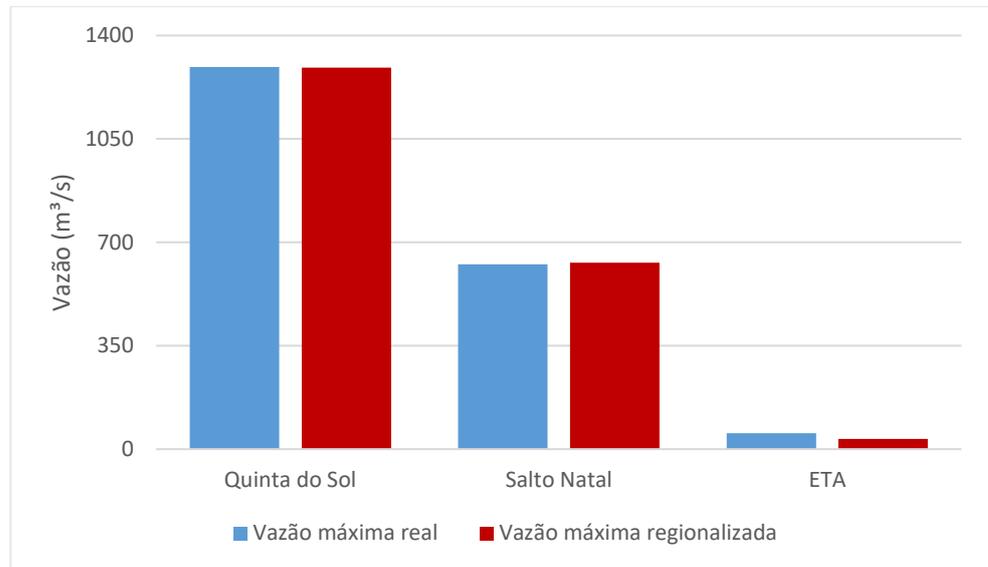
$$Q = 0.01219A^{1.59769} \quad (7)$$

$$Q = 0.94220A^{1.04102} \quad (8)$$

Através da correlação da vazão máxima regionalizada e a vazão máxima real foi obtido um valor de R^2 de 0,999 para todas os métodos analisados, isso mostra que existe pouca variação entre os dados obtidos do tempo de retorno.

Os resultados obtidos através do método de Gumbel (Figura 2) apresentam grande similaridade entre a vazão real e regionalizada das estações, sendo que a ETA apresentou a maior diferença entre as estações de aproximadamente de 19,67 m³/s, enquanto que para Quinta do Sol e Salto Natal essa diferença não ultrapassou 6 m³/s.

Figura 2 - Comparação da vazão máxima real e regionalizada pelo método de Gumbel.

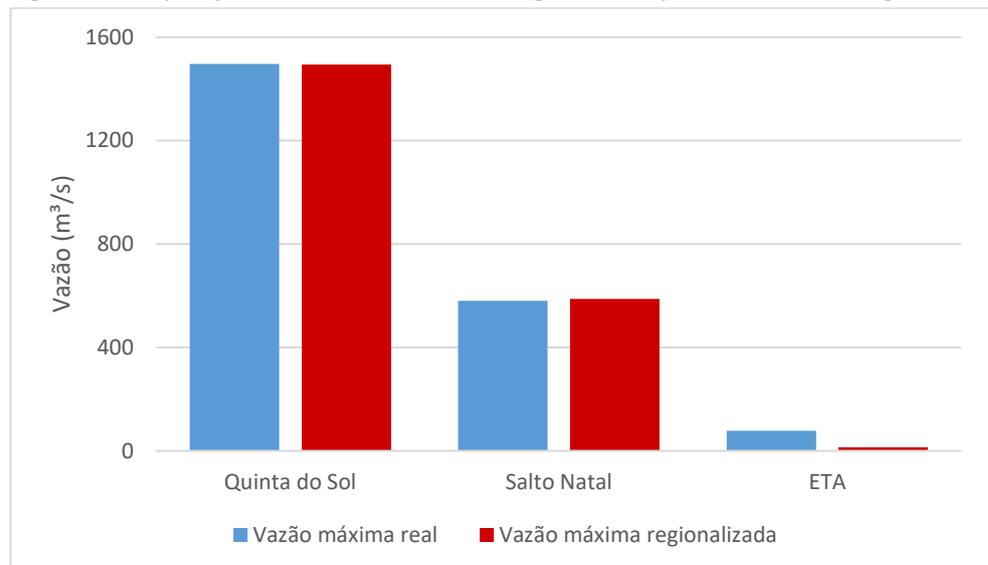


Fonte: Autória própria (2018).

Os dados observados na Figura 1 apresentam dados similares ao encontrado no método de Log-Normal (Figura 3) e Log-Pearson Tipo III (Figura 4). Para Log-Normal a diferença entre vazão máxima real e regionalizada apresentou um aumento em todas as estações analisada, sendo a maior diferença apresentada pela ETA com vazão entorno de 64 m³/s. Em Quinta do Sol e Salto Natal essa diferença não ultrapassou 8 m³/s.

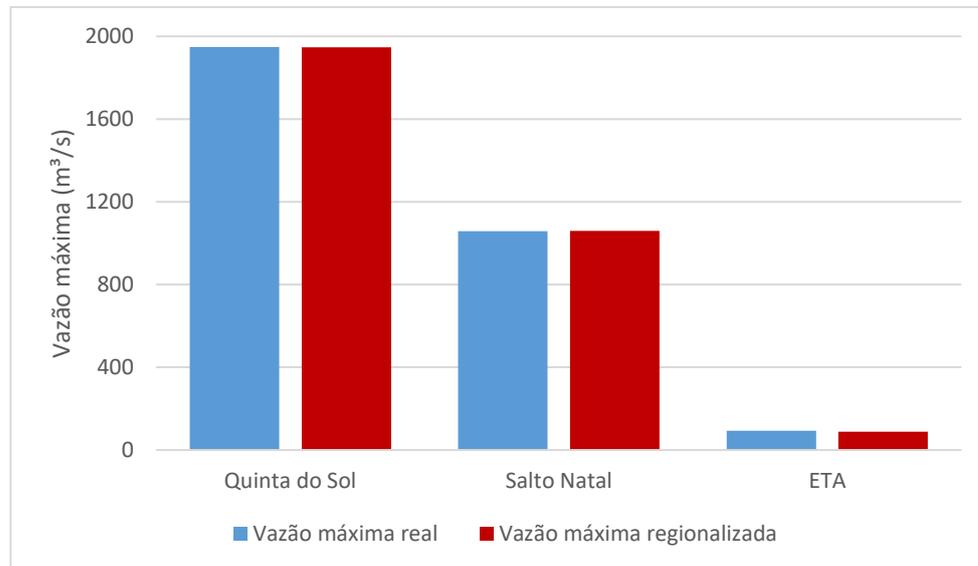
Em Log-Pearson Tipo III, todas as estações fluviométricas analisadas obtiveram valores abaixo de 4 m³/s entre vazão máxima real e vazão máxima regionalizada, o que demonstra uma alta similaridade por este método.

Figura 1 - Comparação da vazão máxima real e regionalizada para o método de Log-Normal.



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 4 - Comparação da vazão real e regionalizada para o método de Log-Pearson Tipo III.



Fonte: Autoria própria (2018).

Os resultados obtidos demonstram que a ETA obteve uma maior variação da vazão máxima em relação as outras estações fluviométricas, demonstrando uma possível variação devido a pequena área de drenagem e a série histórica com menor amplitude em comparação com as outras estações. Essa relação também é observada por Alves et al. (2017) em seu estudo, onde na comparação das vazões regionalizadas e vazões reais conclui-se que a área de uso mostra que o tamanho dessa, pode influenciar nos resultados dentro do método e também o número de estações com amostras suficientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados é possível verificar que na utilização dos métodos de Gumbel, Log-Normal e Log-Pearson Tipo III para regionalizar a vazão máxima para um período de retorno de 1000 anos foi obtido resultados satisfatórios quanto a correlação dos dados.

A utilização da variável área para a regionalização dos dados apresentou uma boa adequação quanto ao local de estudo e as estações fluviométricas utilizadas, sendo possível de ser utilizada para outros estudos futuros na área. Em relação as equações obtidas, estas podem servir de suporte no gerenciamento e planejamento de obras hidráulicas e outras atividades que necessitem de estudos relacionados a determinação da vazão máxima.

Dessa forma, a regionalização mostra-se como ferramenta útil que pode contribuir de forma significativa em estudos e planejamento dos recursos hídricos. Em estudos futuros como maneira de melhorar a avaliação e diminuir a diferença entre vazão real e vazão regionalizada propõe-se que seja utilizado uma quantidade maior de variáveis físicas e climáticas para se ter uma relação mais aproximada ao real.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pelo fomento e apoio a essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, E. L. C.; NETTO, A. P. O.; MENDIONDO, E. M. Estudo de métodos para regionalização de vazão. In: Anais do 16 Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; 2005. João Pessoa.
- ALVES, F. Z.; ARANTES, E. J.; FERREIRA, J. H. D.; MEZZOMO, M. M. I-064- Influência da área na regionalização de vazão da bacia do rio Piquiri. São Paulo. Congresso ABES/FENASAN 2017.
- AZEVEDO, A. A. Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a sub-bacia do rio Paraná. 2004. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- BARBOSA, S.; BARBOSA JÚNIOR, A.; SILVA, G.; CAMPOS, E.; RODRIGUES, V. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a bacia do rio do Carmo, Minas Gerais. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 64-71, Mar. 2005.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. CD.
- COPEL. Usina Hidrelétrica Mourão I. Relatório Ambiental ,1999.
- EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; FARIA FILHO, R. F. R. Atlas digital das águas de Minas. Viçosa, MG: UFV, RURALMINAS, IGAM, 2005. 78 p.
- EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; PINTO, F. A.; VIGODERIS, R. B. Regionalização de vazão máxima, mínima e média de longo período para a bacia do rio Paracatu, Minas Gerais. Brasília, DF: MMA. SRH; Viçosa: UFV; Belo Horizonte: RURALMINAS, 1998. 200p.
- SILVA, B. C.; TIAGO FILHO, G.L.; SILVA, A.P.M.; PAULO, R.G.F. Regionalização de vazões na bacia do Rio Grande. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba. Anais...Curitiba: ABRH, 2003, CD-ROM.
- STIER, N. P. Influência do transporte de sedimentos no aproveitamento hidroelétrico do Rio Mourão. Relatório PROREC 02/2014. 2015.
- TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. Editora da Universidade. UFRGS. 1a edição. Porto Alegre, 2002. 256 p.
- VEZZA, P.; COMOGLIO, C.; ROSSO, M.; VIGLIONE, A. Low flows regionalization in North-Western Italy. Water Resources Management, v.24, p.4049-4074, 2010.