ARTIGO ORIGINAL

Eduardo Morgan Uliana^{1*}
Lucas Gerônimo da Silva Souza¹
Demetrius David da Silva²
Adilson Pacheco de Souza¹
Frederico Terra de Almeida¹
Handrey Borges Araujo¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT,
Avenida Alexandre Ferronato, Setor Industrial,
Sinop, MT, Brasil.

² Universidade Federal de Viçosa – UFV, Avenida
Peter Henry Rolfs, Campus Universitário, Viçosa,
MG, Brasil.

*Autor Correspondente:
E-mail: morganuliana@ufmt.br

PALAVRAS-CHAVE

Disponibilidade hídrica
Outorga de uso de água
Gestão de recursos hídricos
Dados hidrológicos
Bacia hidrográfica

KEYWORDS

Water availability
Water use grant
Water resources management
Hydrological data
Hydrographic basin

Regionalização de vazões para o médio e alto Rio Teles Pires – MT

Hydrological regionalization of flows for the medium and upper Teles Pires River – MT, Brazil

RESUMO: A regionalização de vazões mínima e média fornece subsídios para a gestão de recursos hídricos, sobretudo em aspectos relacionados a outorgas de uso de água e regularização de vazões. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi regionalizar a vazão mínima associada à permanência de 95% (Q_{95}) e a vazão média de longa duração (Q_{ml}) para o médio e alto Rio Teles Pires, em Mato Grosso. Para regionalização das vazões foram utilizadas séries históricas de nove estações fluviométricas e as seguintes características físicas da bacia hidrográfica: área de drenagem (A_D); perímetro (P); comprimento axial (L); e comprimento total dos cursos de água (L_{Total}). Foram ajustados modelos de regressão linear, potencial, exponencial e logarítmico. Foi possível identificar uma única região hidrologicamente homogênea para Q_{95} e Q_{ml} no médio e alto Rio Teles Pires. Na regionalização da Q_{95} , as variáveis explicativas que possibilitaram os melhores ajustes dos modelos de regressão foram A_D e L_{Total} , enquanto que para a regionalização da Q_{ml} foram A_D e L . As equações de regionalização apresentaram bons resultados e podem ser utilizadas no processo de gestão de recursos hídricos da área em estudo.

ABSTRACT: The regionalization of minimum and medium flows provides subsidies for the management of water resources, especially in aspects related to water use grants and flow regulation. In this context, the objective of this work was to regionalize the minimum flow associated with the permanency of 95% (Q_{95}), and the long-term medium flow (Q_{ml}) for the medium and upper Teles Pires river in Mato Grosso. For regionalization of flows, we used historical series of nine fluviometric stations, and the following physical characteristics of the hydrographic basin: drainage area (DA); perimeter (P); axial length (L); and total length of water courses (L_{Total}). Linear, potential, exponential and logarithmic regression models were fitted. It was possible to identify a single hydrologically homogeneous region for Q_{95} and Q_{ml} in the medium and upper Teles Pires river. In the regionalization of the Q_{95} , the explanatory variables that allowed the best adjustments of the regression models were DA and L_{Total} , while for regionalization of the Q_{ml} were DA and L . The regionalization equations present good results and can be used in the resource management process of the studied area.

1 Introdução

A disponibilidade de informações hidrológicas em uma bacia hidrográfica, como preconizada na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) – lei 9433/1997 (Brasil, 1977), é informação primordial para a gestão de recursos hídricos, sendo utilizada para fins de planejamento de projetos como geração de energia elétrica, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, sistemas de reserva e suprimento de água para o abastecimento público.

Nesse contexto, as vazões mínima e média de longa duração destacam-se nas aplicações de engenharia, visto que a vazão média de uma bacia hidrográfica permite caracterizar a sua disponibilidade hídrica, o seu potencial energético, além de ser a maior vazão passível de ser regularizada em um curso d'água, influenciando diretamente no dimensionamento de reservatórios, enquanto que a vazão mínima permite caracterizar a disponibilidade hídrica natural de um curso d'água e pode ser considerada um dos limitantes para concessão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

A escassez ou ausência de dados fluviométricos em bacias hidrográficas, destacadamente no Brasil, tornou-se uma das principais motivações para a realização de estudos de regionalização de vazões que, segundo Tucci (2002), consistem em transferir informações de vazões de um local para outro, considerando áreas com comportamento hidrológico semelhantes.

O método mais utilizado para regionalização de vazões é o tradicional, proposto por Eletrobrás (1985), que consiste no ajuste de equações de regressão em regiões hidrológicamente homogêneas, nas quais a variável dependente é a vazão de interesse e as independentes são as características climáticas e fisiográficas da área de drenagem (Novaes et al., 2007; Li et al., 2010).

A implantação de empreendimentos hidrelétricos e o rápido crescimento do agronegócio, da população e das atividades industriais do Estado de Mato Grosso têm aumentado a demanda por água, requerendo-se, assim, gestão e uso sustentável dos recursos hídricos (Alves et al., 2009).

No caso específico das unidades de planejamento do médio e alto Teles Pires, o estudo de regionalização de vazões assume importância ainda maior, visto que a região está entre os 16 principais polos nacionais de irrigação por pivô central e

possui potencial de aumento da área irrigada, segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2016). Esse autor ainda enfatiza que esse sistema de irrigação é o sistema mais outorgado no país, representando 30,1% do total.

Além da área irrigada, a Bacia do Rio Teles Pires possui potencial de geração de energia elétrica de aproximadamente 3.697,0 MW, compreendido em seis aproveitamentos hidrelétricos (EPE, 2009), o que requer ainda mais a quantificação da disponibilidade hídrica potencial e natural para fins de dimensionamento de reservatórios e outorga.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi regionalizar a vazão mínima associada à permanência de 95% (Q_{95}) e a vazão média de longa duração (Q_{ml}), de modo a subsidiar a obtenção de informações para a gestão dos recursos hídricos no médio e alto Rio Teles Pires, no Estado de Mato Grosso.

2 Material e Métodos

A área de estudo abrange as unidades de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos (UPG) do médio e alto Rio Teles Pires (Figura 1), que junto com o Rio Juruena formam a bacia do Rio Tapajós, afluente do Rio Amazonas.

Foram utilizadas séries históricas de nove estações fluviométricas com, ao menos, 15 anos de dados diários sem falhas (Tabela 1), cujas localizações podem ser observadas na Figura 1. As séries históricas foram obtidas no banco de dados do Sistema de Informações Hidrológicas (<http://hidroweb.ana.gov.br>), pertencente à Agência Nacional de Águas (ANA).

A vazão média de longa duração foi obtida a partir da média das vazões médias diárias anuais e as vazões mínimas, associadas à permanência de 95% (Q_{95}) com base na curva de permanência para os dados diários de vazão, como descrito por Pruski et al. (2006). Nesse caso, definiram-se 50 classes de vazões diárias, com subdivisão dos intervalos de classe (ΔX) obtidos por meio da Equação 1.

$$\Delta X = \frac{[\ln(Q_{\max}) - \ln(Q_{\min})]}{50} \quad (1)$$

em que: $Q_{\max}$ = vazão máxima diária da série histórica ($m^3 s^{-1}$); e $Q_{\min}$ = vazão mínima diária da série ($m^3 s^{-1}$).

Em seguida, obtiveram-se os limites dos intervalos, a partir da $Q_{\min}$, adicionando-se o intervalo (ΔX) calculado anteriormente

Tabela 1. Código, localização e número de anos da série histórica das estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Table 1. Code, location, and the number of years of the historical series database from the river gaging stations used in the study.

Código	Local	Cidade	Latitude	Longitude	N*
17380000	Peixoto de Azevedo	Alta Floresta	-9°38'26"	-56°01'10"	20
17350000	Cachimbo	Guar. do Norte	-9°49'02"	-54°53'09"	30
17355000	PCH Braço Norte Jusante	Guar. do Norte	-9°49'00"	-55°01'00"	17
17340000	Indeco	Carlinda	-10°06'48"	-55°34'14"	30
17300000	Fazenda Tratex	Colider	-10°57'21"	-55°33'03"	16
17280000	Cachoeirão	Sinop	-11°39'06"	-55°42'09"	29
17210000	Teles Pires	Sorriso	-12°40'27"	-55°47'34"	23
17230000	Lucas do Rio Verde	L. do Rio Verde	-13°03'08"	-55°54'21"	24
17200000	Porto Roncador	Sorriso	-13°33'27"	-55°20'05"	32

*número de anos da série histórica.

Figura 1. Unidades de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos (UPG) do Estado de Mato Grosso, Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires e localização das estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Figure 1. Units of Planning and Management of Water Resources (UPGRHs) for the Teles Pires river basin, in the state of Mato Grosso, and location of the river gaging stations used in the study.

e definindo-se assim a vazão do limite superior do intervalo i (Equação 2).

$$Q_{i+1} = \exp[\ln(Q_i) + \Delta X] \quad (2)$$

Posteriormente foi realizada a determinação da frequência (f_i) associada ao limite inferior de cada intervalo, com base nos dados de vazão da série histórica de cada estação fluviométrica e no número de vazões classificadas em cada intervalo (Equação 3).

$$f_i = \frac{N_{qi}}{NT} \cdot 100 \quad (3)$$

em que: N_{qi} = número de vazões de cada intervalo; e NT = número total de vazões.

A curva de permanência foi obtida pela plotagem dos limites inferiores dos intervalos de classe de vazão no eixo das ordenadas e da frequência de ocorrências acumuladas no eixo das abscissas.

O método escolhido para a regionalização das vazões foi o método tradicional, proposto por ELETROBRÁS (1985), que emprega a análise de regressão, linear ou não linear, para investigar como as variações nas variáveis independentes afetam a variação da variável dependente. Os valores das vazões mínimas Q_{95} e das vazões médias de longa duração (Q_{ml})

foram as variáveis dependentes, enquanto que os valores das características fisiográficas das áreas de drenagem a montante das estações fluviométricas (Figura 1) foram considerados as variáveis independentes.

As características fisiográficas foram determinadas por meio de um sistema de informação geográfica com auxílio do modelo digital de elevação (MDE) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 90 metros, disponibilizado pela Embrapa e da hidrografia disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1/250.000.

Utilizou-se o *software* ArcGis para obtenção das características fisiográficas, sendo feita a subdivisão em cinco etapas: obtenção do MDEHC e preenchimento das depressões espúrias; obtenção da direção de fluxo; obtenção da direção de fluxo acumulado; determinação da hidrografia numérica; e delimitação automática das bacias hidrográficas. Descrições detalhadas podem ser obtidas no trabalho de Elesbon et al. (2011).

Neste trabalho utilizaram-se as seguintes características fisiográficas das bacias hidrográficas: área de drenagem (A , km²); perímetro (P , km); comprimento axial (L , km); comprimento total dos cursos de água (L_{Total} , km). Essas características são descritas detalhadamente por Oliveira et al. (2010).

De posse das variáveis dependentes e independentes foram avaliadas as relações entre elas por meio dos seguintes modelos de regressão: linear (Equação 4), potencial (Equação 5), exponencial (Equação 6); e logarítmico (Equação 7).

$$Q = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 P + \beta_3 L + \beta_4 L_{\text{Total}} \quad (4)$$

$$Q = \beta_0 A^{\beta_1} P^{\beta_2} L^{\beta_3} L_{\text{Total}}^{\beta_4} \quad (5)$$

$$Q = e^{\beta_0 A^{\beta_1} P^{\beta_2} L^{\beta_3} L_{\text{Total}}^{\beta_4}} \quad (6)$$

$$Q = \beta_0 + \beta_1 \ln A + \beta_2 \ln P + \beta_3 \ln L + \beta_4 \ln L_{\text{Total}} \quad (7)$$

em que: Q é a vazão estimada ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$); β_0 , β_1 , β_2 , β_3 e β_4 são coeficientes das equações de regressão; e A , P , L e L_{Total} são as variáveis independentes, que neste trabalho foram as características fisiográficas das bacias hidrográficas a montante de cada uma das nove estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Para verificar o desempenho das equações de regressão na estimativa das vazões Q_{95} e Q_{ml} foram utilizados os seguintes indicadores estatísticos: erro absoluto médio (Equação 8); raiz do erro quadrático médio (Equação 9); viés (Equação 10); teste t pareado ao nível de 5% de significância (Equação 11); índice de concordância de Willmot (Equação 12); e o índice de eficiência de Nash-Sutcliffe (Equação 13) (Willmott, 1982; Stone, 1993; Krause et al., 2005; Pereira et al., 2014), obtidos respectivamente por:

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |O_i - P_i| \quad (8)$$

$$\text{RMSE} = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2 \right]^{0.5} \quad (9)$$

$$\text{Viés} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i) \quad (10)$$

$$t = \sqrt{\frac{(n-1) \text{viés}^2}{\text{RMSE}^2 - \text{viés}^2}} \quad (11)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (12)$$

$$\text{ENS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O)^2} \quad (13)$$

em que: P_i é a vazão estimada; O_i , a vazão observada; O , a média das vazões observadas; e n é o número de valores da amostra.

O critério utilizado para a identificação das regiões hidrologicamente homogêneas foi baseado na análise do ajuste dos modelos de regressão, de forma semelhante ao que foi realizado por Lisboa et al. (2008). Nesse método, caso a equação apresente bons resultados, a região é definida como hidrologicamente homogênea, caso contrário existiria a necessidade de subdividir as estações dentro de regiões e reiniciar o processo de identificação das regiões homogêneas.

3 Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão apresentadas as vazões mínimas associadas à permanência de 95% (Q_{95}), as vazões médias de longa duração (Q_{ml}), bem como as características fisiográficas das bacias hidrográficas das nove estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Na Tabela 3 estão os modelos e as equações que apresentaram melhor desempenho para a estimativa das vazões mínimas associadas à permanência de 95% (Q_{95}) e médias de longa duração (Q_{ml}). O modelo logarítmico não apresentou ajuste para as estimativas das vazões e, por esse motivo, não foi explicitado na Tabela 3.

Na análise do ajuste das equações de regressão utilizadas na regionalização da Q_{ml} pode-se observar que os coeficientes de determinação (R^2) obtidos foram considerados satisfatórios para os modelos: linear; potencial; e exponencial, sendo de 0,995; 0,999; e 0,999, respectivamente. Para os modelos linear e exponencial, a variável explicativa que proporcionou o melhor ajuste foi a A_D . Já o modelo potencial apresentou melhores resultados com as variáveis independentes A_D e L (Tabela 3).

Tabela 2. Vazão mínima associada à permanência de 95% (Q_{95}), vazão média de longa duração (Q_{ml}) e características fisiográficas da área de drenagem das estações fluviométricas usadas na regionalização.

Table 2. Low flow associated with a permanence of 95% (Q_{95}), long-term mean flow (Q_{ml}), and physiographic characteristics of the catchment area of each gaging station used for regionalization.

Código	Q_{95} ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Q_{ml} ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	A_D	P	L_{Total}	L
17380000	571,9	2.050,7	81.748,2	3.843,72	42.447,60	603,25
17350000	2,5	30,1	1.013,3	278,82	560,03	59,37
17355000	29,2	114,1	3.046,5	425,70	1651,82	81,40
17340000	437,1	1.170,6	52.311,2	3.089,16	25.817,43	541,15
17300000	418,3	948,1	40.812,7	2.572,20	18.286,81	449,17
17280000	354,0	828,7	34.689,6	2.197,26	15.265,43	380,73
17210000	94,5	346,8	14.030,9	1.488,60	7.104,22	290,16
17230000	65,4	114,2	5.490,7	634,86	1.840,16	149,78
17200000	48,3	269,7	10.823,3	1.076,04	5.472,41	191,05

Área de drenagem em km^2 (A_D); Perímetro da bacia em km (P); Comprimento total de cursos d'água em km (L_{Total}); Comprimento axial da bacia em km (L).

Para a estimativa da Q_{95} das estações fluviométricas também foram obtidos ajustes apropriados com os modelos linear, potencial e exponencial, sendo que o modelo linear apresentou melhor resultado com a variável A_D e os modelos potencial e exponencial, com variáveis explicativas A_D e L_{Total} (Tabela 3).

Na Tabela 4 estão apresentadas as medidas quantitativas do desempenho estatístico da estimativa de Q_{95} e da Q_{ml} para as equações apresentadas na Tabela 3. O índice de ajustamento (d) indicou concordância perfeita entre as vazões (Q_{ml} e Q_{95}), observadas e estimadas independentemente do tipo de modelo. Os valores do coeficiente de Nash e Sutcliffe (E) demonstraram ajuste perfeito dos dados preditos pelos modelos e, com isso, é possível afirmar que todos apresentaram exatidão (Tabela 4).

Com relação ao teste t pareado ao nível de 5% de significância, percebe-se que todos os modelos de regressão ajustados apresentaram valores de t não significativo, ou seja, pode-se afirmar com 95% de probabilidade que a diferença entre os valores observados e estimados pelos modelos é estatisticamente nula (Tabela 4).

O viés (MBE) indicou superestimativa das vazões Q_{ml} pelos modelos linear e exponencial e subestimativa pelo potencial. Para a estimativa das vazões Q_{95} , o viés indicou superestimativa pelos modelos linear, potencial e exponencial (Tabela 4).

A proximidade entre o MAE e o RMSE (Tabela 4) indica que a variância dos erros individuais é pequena em todos os casos. No entanto, o modelo potencial apresentou erros menores (MAE e RMSE) para a estimativa das vazões Q_{ml} e Q_{95} .

Como foram verificados resultados satisfatórios na avaliação quantitativa do desempenho estatístico das estimativas (erros) (Tabelas 3 e 4), a região pode ser considerada hidrologicamente homogênea.

Levando-se em conta que as medidas quantitativas do desempenho estatístico da estimativa de Q_{95} e da Q_{ml} para todos os modelos de regressão ajustados foram consideradas adequadas, faz-se na sequência uma análise crítica sobre a aplicabilidade das referidas equações visando selecionar qual delas deve ser indicada para a estimativa das vazões no médio e alto Rio Teles Pires.

Em relação à Q_{ml} , sabendo-se que todos os modelos apresentaram elevados valores de coeficiente de determinação, considera-se mais adequado que se opte pelos modelos exponencial ou linear, pois eles contemplam apenas a variável independente área de drenagem, que é uma característica física facilmente obtida em estudos hidrológicos.

Já para a Q_{95} , mesmo o modelo linear tendo apresentado resultado satisfatório utilizando apenas a A_D , o erro (MAE e RMSE)

Tabela 3. Modelos matemáticos que apresentaram os melhores ajustes estatísticos para regionalização da vazão média de longa duração (Q_{ml}) e da vazão mínima associada à permanência de 95% (Q_{95}) no médio e alto Rio Teles Pires, MT.

Table 3. Mathematical models presenting the best fits for regionalization of a long-term mean flow (Q_{ml}) and low flow associated with the 95% permanence (Q_{95}) for the medium and upper Teles Pires River - MT (Brazil).

Vazões	Modelo	Equação	R ²
Q_{ml}	Linear	$Q = -3,4163 + 0,0242(AD)$	0,995
	Potencial	$Q = 0,0263(A_D)^{1,3781}(L)^{-0,6765}$	0,999
	Exponencial	$Q = e^{1,3270(AD)^{0,1545}}$	0,999
Q_{95}	Linear	$Q = 15,6164 + 0,0077(AD)$	0,941
	Potencial	$Q = 0,00029(AD)^{3,8617}(L_{Total})^{-2,7368}$	0,993
	Exponencial	$Q = e^{0,4015(AD)^{0,7890}(L_{Total})^{-0,5778}}$	0,995

Área de drenagem em km² (A_D); Perímetro da bacia em km (P); Comprimento total de curso de água em km (L_{Total}); Comprimento axial da bacia em km (L); Vazão mínima de permanência 95% (Q_{95}) e vazão média de longa duração (Q_{ml}).

Tabela 4. Medidas quantitativas do desempenho das equações de regressão para estimativa da vazão média de longa duração (Q_{ml}) e da vazão mínima associada à permanência de 95% (Q_{95}) no médio e alto Rio Teles Pires MT.

Table 4. Quantitative measures of each regression equation performance in estimating both long-term mean flow (Q_{ml}) and low flow at 95% permanence (Q_{95}) for the medium and upper Teles Pires River - MT (Brazil).

	Modelos	ENS	MAE	viés	RMSE	d	t
Q_{ml}	Linear	0,99	33,46	$-1,11 \cdot 10^{-4}$	44,75	0,99	$7,02 \cdot 10^{-6(ns)}$
	Potencial	0,99	18,19	4,60	23,20	0,99	0,57 ^(ns)
	Exponencial	0,99	23,15	-1,34	27,79	0,99	0,13 ^(ns)
Q_{95}	Linear	0,94	41,05	$-1,11 \cdot 10^{-5}$	50,12	0,98	$6,27 \cdot 10^{-7(ns)}$
	Potencial	0,99	14,38	-0,83	17,12	0,99	0,13 ^(ns)
	Exponencial	0,99	17,42	-3,49	21,95	0,99	0,45 ^(ns)

ENS é o índice de eficiência de Nash-Sutcliffe; MAE é o erro absoluto médio (m³ s⁻¹); RMSE é a raiz do erro quadrático médio (m³ s⁻¹); d é o índice de concordância de Willmott; t é o valor da estatística de teste do teste t pareado; ns = não significativo ao nível de 5% de significância

é elevado quando comparado aos dos modelos potencial e exponencial, portanto o modelo mais adequado para estimativa dessa vazão é o potencial, com as variáveis A_D e L_{Total} . No caso desse modelo, deve-se levar em consideração que o comprimento dos cursos de água (L_{Total}) é altamente influenciado pela escala do mapa utilizado, neste caso 1/250.000, o que limita o uso da referida equação apenas para essa escala.

Ressalta-se, ainda, que os modelos de regressão recomendados deverão ser utilizados com senso crítico em locais do médio e alto Teles Pires em que a área de drenagem for menor que 1.013,4 km², pois o comportamento hidrológico para essas condições não foi levado em consideração neste estudo de regionalizações. É recomendada a instalação de mais estações fluviométricas e registro de séries históricas, principalmente em cursos de água com áreas de drenagem menor que 1.000,0 km².

4 Conclusões

A vazão mínima associada à permanência de 95% (Q_{95}) e a vazão média de longa duração (Q_{ml}) foram devidamente regionalizadas e, nas condições em que o trabalho foi realizado, pode-se concluir que:

- Foi possível identificar uma única região hidrologicamente homogênea para a vazão mínima associada à permanência de 95% (Q_{95}) e para a vazão média de longa duração (Q_{ml}) no médio e alto Rio Teles Pires;
- Na regionalização da Q_{95} , as variáveis explicativas que possibilitaram os melhores ajustes dos modelos de regressão foram a área de drenagem (A_D) e o comprimento total de cursos de água (L_{Total}), enquanto que para a regionalização da Q_{ml} foram a área de drenagem (A_D) e o comprimento axial da bacia (L). As equações de regionalização das vazões mínima e média de longa duração para o médio e alto Rio Teles Pires apresentam bons resultados e fornecem subsídios para a gestão de recursos hídricos, sobretudo em aspectos relacionados à outorga de uso de água e regularização de vazões.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Levantamento da Agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil - 2014: relatório síntese*. Brasília, 2016. 33 p.

ALVES, E. C. R. F.; SILVINO, A. N. O.; ANDRADE, N. L. R.; SILVEIRA, A. Gestão dos Recursos Hídricos no Estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 14, n. 3, p. 69-80, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 8 jan. 1997.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. – ELETROBRÁS. *Metodologia para regionalização de vazões*. Rio de Janeiro, 1985.

ELESBON, A. A. A.; GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; OLIVEIRA, I. C. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus – Brasil. *Rem – Revista Escola de Minas*, v. 64, n. 3, p. 281-288, 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. *Avaliação ambiental integrada da bacia hidrográfica do rio Teles Pires: relatório final: sumário executivo*. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Documents/AAI%20Teles%20Pires/AAI%20Teles%20Pires%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final%20-%20Sum%C3%A1rio%20Executivo.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2016.

KRAUSE, P.; BOYLE, D. P.; BÄSE, F. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, v. 5, p. 89-97, 2005.

LI, M.; SHAO, Q.; ZHANG, L.; CHIEW, F. H. S. A new regionalization approach and its application to predict flow duration curve in ungauged basins. *Journal of Hydrology (Amsterdam)*, v. 389, n. 1-2, p. 137-145, 2010.

LISBOA, L.; MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. Estimativa e regionalização das vazões mínimas e média na bacia do Rio Paracatu. *Engenharia na Agricultura*, v. 16, n. 4, p. 471-479, 2008.

NOVAES, L. F.; PRUSKI, F. F.; QUEIROZ, D. O.; RODRIGUEZ, R. G.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Avaliação do Desempenho de Cinco Metodologias de Regionalização de Vazões. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 12, n. 2, p. 51-61, 2007.

OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 8, p. 819-825, 2010.

PEREIRA, D. R.; MARTINEZ, M. A.; ALMEIDA, A. Q.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; ZONTA, J. H. Hydrological simulation using SWAT model in headwater basin in southeast Brazil. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 34, n. 4, p. 789-799, 2014.

PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; KOETZ, M. *Estudo de vazão em cursos d'água*. Viçosa: AEAGRI, 2006. 151 p.

STONE, R. J. Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models. *Solar Energy*, v. 51, n. 4, p. 289-291, 1993.

TUCCI, C. E. M. *Regionalização de vazões*. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 256 p.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 63, n. 11, p. 1309-1313, 1982.

Contribuição dos autores: Eduardo Morgan Uliana - realizou a pesquisa e a redação científica. Lucas Gerônimo da Silva Souza - realizou a pesquisa e a redação científica. Demetrius David da Silva - contribuiu com a redação científica e com a avaliação do trabalho. Adilson Pacheco de Souza - contribuiu com a redação científica e com a avaliação do trabalho. Frederico Terra de Almeida - contribuiu com a redação científica e com a avaliação do trabalho. Handrey Borges Araujo - contribuiu com a revisão bibliográfica e com a avaliação do trabalho.

Fonte de financiamento: Não houve fonte de financiamento.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.