

Vazões de referência do Rio São Miguel em Arcos (MG)

Marina Soares Rossi¹

Michael Silveira Thebaldi²

Resumo

O estudo do comportamento da vazão de um curso d'água é de suma importância para se prever épocas de secas e cheias, implementar planos de gestão dos recursos hídricos, incluindo a outorga, além de dar subsídios ao dimensionamento de obras hidráulicas. Portanto, o presente trabalho executou um estudo estatístico das vazões médias mínimas de sete dias consecutivos anuais (Q_7) e da curva de permanência de vazões do Rio São Miguel, em Arcos (MG). A série histórica de vazão foi obtida no banco de dados Hidroweb, gerido pela Agência Nacional das Águas. Os dados avaliados contemplaram os anos civis entre 1968 e 2014, com exceção dos anos de 1991, 1992, 2009 e 2012, devido aos dados de vazões desses anos estarem incompletos. Foram ajustadas as Funções Cumulativas de Probabilidade modelos log-Normal 2 parâmetros, log-Normal 3 parâmetros, Gumbel para mínimos, Weibull e Gama para Q_7 ; a aderência dessas funções aos dados observados foi testada usando os testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado. Pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado, o modelo Log-Normal a 2 parâmetros foi o que melhor aderiu à série de Q_7 . O valor obtido de $Q_{7,10}$ foi de $0,131014 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, enquanto que os valores de Q_{50} , Q_{90} e Q_{95} , estimados a partir da curva de permanência, foram $1,4207 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $0,4853 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $0,35885 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos. Outorga pelo uso da água. Distribuições Estatísticas.

Introdução

A Bacia do Rio São Miguel, com uma área de aproximadamente 505 km^2 , está localizada no extremo meridional da bacia do Rio São Francisco, no estado de Minas Gerais, em região com predominância de rochas carbonáticas, onde há um carste com feições como: cavernas, dolinas, sumidouros, surgências, torres, entre outros (DIAS; VELÁSQUES, 2015).

O Rio São Miguel é considerado um afluente do Rio São Francisco e, segundo o IGAM (2015), a Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) SF1, denominada Alto São Francisco, possui uma área de 14.203 km^2 , o que corresponde a 2,41 % da área total do território mineiro. Localizada nas regiões central e oeste de Minas Gerais, a bacia abrange 29 municípios, representando 2 % da área da bacia do Rio São Francisco.

O balanço hídrico-climatológico da Bacia do Rio São Miguel foi feito por Menegasse, Gonçalves e Fantinel (2000), a partir de dados das estações pluviométricas de Iguatama, Arcos e Fazenda Olhos D'água. Os resultados indicam a existência de dois períodos distintos: um com excedente hídrico, de novembro a abril, e outro com deficiência hídrica, de maio a setembro, com reposição no mês de outubro.

1 Centro Universitário de Formiga (MG), graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária. Formiga, Minas Gerais, Brasil. marina_soares_rossi@hotmail.com. Avenida Doutor Arnaldo de Senna, 328, Água Vermelha, Formiga (MG), CEP 35570-000.

2 Centro Universitário de Formiga (MG), professor titular. Formiga, Minas Gerais, Brasil. msthebaldi@uniformg.edu.br. Avenida Doutor Arnaldo de Senna, 328, Água Vermelha, Formiga (MG), CEP 35570-000.

Diante da grande importância da água disponível no Rio São Miguel, visto que é consumida pela população, principalmente dos municípios de Pains e Arcos, em Minas Gerais, utilizada nas indústrias e comércios, além de abastecer várias áreas rurais, faz-se necessário um estudo hidrológico com o objetivo de analisar e computar dados referentes às alterações nas vazões nessa bacia.

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, impedindo que os volumes outorgados venham a comprometer as condições necessárias à manutenção dos ecossistemas terrestres e aquáticos (GRANZIERA, 2013).

Assim, este trabalho teve como objetivo estudar o comportamento da vazão do Rio São Miguel, pelo uso de séries históricas provenientes de dados de monitoramento realizado no município de Arcos (MG), elaborando a série histórica de vazões médias mínimas de sete dias consecutivos anuais e por meio da construção e análise da curva de permanência das vazões do Rio São Miguel.

Material e métodos

Obtenção dos dados de vazão do Rio São Miguel

Os dados referentes às vazões do Rio São Miguel foram obtidos no serviço web Hidroweb, gerido pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2015). Os dados foram adquiridos em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ da estação fluviométrica código 40053000. A área de drenagem do corpo d'água é de 296 km^2 , segundo as informações do serviço web supracitado. Os dados avaliados contemplaram os anos civis entre 1968 e 2014, com exceção dos anos de 1991, 1992, 2009 e 2012, devido aos dados de vazões estarem incompletos nesses anos.

Os dados brutos foram trabalhados a fim de obter a série de vazões médias mínimas de sete dias consecutivos anuais (Q_7).

As frequências observadas das vazões foram obtidas pela fórmula de Weibull (Equação 1).

$$f_{\text{obs}} = \frac{i}{N + 1} \quad (1)$$

Em que:

i – posição que o dado ocupa dentro da série histórica;

N – tamanho da série histórica.

Os dados que compuseram a série de Q_7 foram ordenados de modo crescente, obtendo-se assim a frequência de não excedência desses.

Distribuições de probabilidade contínuas ajustadas às séries históricas estudadas

Foram ajustadas as Funções Cumulativas de Probabilidade modelos log-Normal 2 parâmetros, log-Normal 3 parâmetros, Gumbel para mínimos, Weibull e Gama para Q_7 . A distribuição log-Normal 2 parâmetros é descrita pela Função Densidade de Probabilidade (FDP), como apresentado na Equação 2.

$$f(x) = \frac{1}{X \cdot \sigma n \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-0.5 \left(\frac{\text{Ln}(x) - \mu n}{\sigma n} \right)^2} \quad (2)$$

Em que μn e σn são os parâmetros da distribuição, correspondendo à média e ao desvio-padrão dos logaritmos dos dados. A equação base para estudos hidrológicos, utilizando a distribuição

log-Normal 2 parâmetros, é adaptada da equação geral de Ven Te Chow (HAAN, 1979), conforme a Equação 3.

$$X_{TR} = e^{\mu n + \sigma n \cdot K_{TR}} \quad (3)$$

Em que X_{TR} é o valor da variável hidrológica associada a um tempo de retorno e K_{TR} é a variável reduzida da distribuição Normal.

A distribuição log-Normal 3 parâmetros é descrita pela Função Densidade de Probabilidade, como apresentado na Equação 4 (MELLO; SILVA, 2013).

$$f(x) = \frac{1}{(X - \beta) \cdot \sigma n \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-0.5 \left(\frac{\ln(x-\beta) - \mu n}{\sigma n} \right)^2}, \text{ com } X \geq \beta \quad (4)$$

Para determinar os parâmetros da distribuição log-Normal 3 parâmetros, são aplicadas as Equações 5, 6, 7, 8 e 9.

$$\varphi = \frac{[-\gamma + (\gamma^2 + 4)^{0.5}]}{2} \quad (5)$$

$$\eta y = \frac{(1 - \varphi^3)^{\frac{2}{3}}}{\varphi^{\frac{1}{3}}} \quad (6)$$

$$\beta = \bar{X} - \frac{S}{\eta y} \quad (7)$$

$$\mu n = \text{LN} \left(\frac{S}{\eta y} \right) - 0,5 \cdot \text{LN}(\eta y^2 + 1) \quad (8)$$

$$\sigma n = \sqrt{\text{LN}(\eta y^2 + 1)} \quad (9)$$

Em que γ é o coeficiente de assimetria, \bar{X} o coeficiente de média e S de desvio-padrão dos dados da série histórica.

A equação utilizando a distribuição log-Normal 3 parâmetros também é adaptada da equação geral de Ven Te Chow (HAAN, 1979), como apresentado pela Equação 10.

$$X_{TR} = e^{\mu n + \sigma n \cdot K_{TR}} + \beta \quad (10)$$

Nessa, X_{TR} é o valor da variável hidrológica, associada a um tempo de retorno e K_{TR} é a variável reduzida da distribuição Normal.

A distribuição Weibull é aplicada a séries históricas de valores mínimos. Tem sua Função Densidade de Probabilidade (FDP) representada pela Equação 11.

$$f(x) = \lambda \cdot \beta \cdot x^{\beta-1} \cdot e^{-\lambda \cdot x^\beta} \quad (11)$$

Em que, λ é o parâmetro da distribuição associado à média dos dados e β à variância amostral. A função cumulativa de probabilidade é dada pela Equação 12.

$$P(x \leq x_i) = 1 - e^{-\lambda \cdot x_i^\beta} \quad (12)$$

O ajuste dos parâmetros λ e β são dados pelas Equações 13 e 14, respectivamente.

$$\bar{X} = \left(\frac{1}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\beta}} \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (13)$$

$$S^2 = \left(\frac{1}{\lambda}\right)^{\frac{2}{\beta}} \cdot \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left(\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right)^2 \right] \quad (14)$$

O valor da variável X associada ao tempo de retorno (TR) pode ser calculado pela Equação 15.

$$X = \left[\frac{\text{Ln}\left(1 - \frac{1}{\text{TR}}\right)}{-\lambda} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (15)$$

A distribuição Gumbel para mínimos tem sua Função Densidade de Probabilidade (FDP) representada pela Equação 16 (MELLO; SILVA, 2013).

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot e^{\left[\frac{(x-\mu)}{\alpha} - e^{\frac{(x-\mu)}{\alpha}} \right]} \quad (16)$$

Em que α e μ são os parâmetros da distribuição. A função cumulativa de probabilidade é dada pela Equação 17.

$$P(x \leq x_i) = 1 - e^{-e^{\alpha(x-\mu)}} \quad (17)$$

Os parâmetros α e μ dados pelo método dos momentos são apresentados nas Equações 18 e 19, em que o parâmetro α é calculado a partir da média (\bar{X}) e μ a partir do desvio-padrão (S) amostral.

$$\alpha = \frac{1,2826}{S} \quad (18)$$

$$\mu = \bar{X} + 0,451 \cdot S \quad (19)$$

Para estimativa de uma variável hidrológica x em função do tempo de retorno (TR), aplica-se a Equação 20.

$$X_{\text{TR}} = \frac{\text{LN}\left[-\text{Ln}\left(1 - \frac{1}{\text{TR}}\right)\right]}{\alpha} + \mu \quad (20)$$

A função densidade de probabilidade da distribuição Gama é dada pela Equação 21 (MELLO; SILVA, 2013).

$$\text{FDP} = \frac{1}{\beta^v \cdot \Gamma(v)} \cdot x^{v-1} \cdot e^{\frac{-x}{\beta}} \quad (21)$$

Os parâmetros da distribuição Gama são dados pelas Equação 22 e 23.

$$\beta = \frac{S^2}{\bar{X}} \quad (22)$$

$$v = \frac{(\bar{X})^2}{S^2} \quad (23)$$

Em que S^2 é a variância e \bar{X} a média amostral da série histórica.

Testes de aderência

Com o objetivo de testar a aderência das distribuições contínuas aos dados observados nas três séries históricas estudadas, foram efetuados os testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado nas diferentes distribuições descritas acima. Foi considerado um nível de significância de 5 % de probabilidade estatística para ambos os testes.

Para se obter o modelo estatístico que melhor representa a série, adotou-se como critério aquele que fosse significativo a ambos os testes e que apresentasse o menor valor de Qui-Quadrado calculado. Se o critério supracitado não fosse atendido por nenhuma distribuição, apenas a significância ao teste de Kolmogorov-Smirnov seria utilizada, observando o menor valor obtido de Qui-Quadrado.

Cálculo da $Q_{7,10}$

Após obtenção da distribuição estatística que melhor representa a série de Q_7 , do Rio São Miguel, pelo uso dos testes de aderência estatística, foi obtido o valor de vazão nessa série, com tempo de retorno de 10 anos, associado a uma frequência de não excedência.

Curva de permanência

Para confecção da curva de permanência das vazões do Rio São Miguel, todas as vazões obtidas para a estação fluviométrica consultada foram ordenadas em ordem crescente e, então, obtidas as frequências de excedência para cada uma dessas com o uso da equação 1. Ao plotar o gráfico vazão versus frequência de excedência, tem-se a curva de permanência. Com o uso dessa, foram obtidos os valores das vazões Q_{50} , Q_{90} e Q_{95} .

Resultados e discussão

A série histórica de vazão Q_7 , em $m^3 s^{-1}$, do Rio São Miguel, nos anos civis entre 1967 e 2014, com exceção dos anos de 1991, 1992, 2009 e 2012, é mostrada na tabela 1.

Tabela 1. Série histórica de vazão Q_7 , em $m^3 s^{-1}$, do Rio São Miguel, nos anos civis entre 1968 e 2014, com exceção dos anos de 1991, 1992, 2009 e 2012.

Ordem	Q_7 ($m^3 s^{-1}$)	$F_{n\grave{a}oexc}$	Ordem	Q_7 ($m^3 s^{-1}$)	$F_{n\grave{a}oexc}$	Ordem	Q_7 ($m^3 s^{-1}$)	$F_{n\grave{a}oexc}$
1	0,0563142	0,022222	16	0,30555714	0,355556	31	0,5280428	0,688889
2	0,0803571	0,044444	17	0,3067714	0,377778	32	0,5381	0,711111
3	0,0883714	0,066667	18	0,3169	0,400000	33	0,5393142	0,733333
4	0,0952571	0,088889	19	0,3323857	0,422222	34	0,566328	0,755556
5	0,1068	0,111111	20	0,3655142	0,444444	35	0,5681	0,777778
6	0,1302285	0,133333	21	0,3763428	0,466667	36	0,575477	0,800000
7	0,1682	0,155556	22	0,4009428	0,488889	37	0,592842	0,822222
8	0,1687428	0,177778	23	0,4098	0,511111	38	0,762428	0,844444
9	0,1914857	0,200000	24	0,4132428	0,533333	39	0,769257	0,866667
10	0,2039142	0,222222	25	0,4468428	0,555556	40	0,783028	0,888889
11	0,2166571	0,244444	26	0,4736	0,577778	41	0,845371	0,911111
12	0,2711	0,266667	27	0,4742285	0,600000	42	1,004828	0,933333
13	0,2759	0,288889	28	0,4853	0,622222	43	1,971714	0,955556
14	0,293342	0,311111	29	0,4853	0,644444	44	2,8075	0,977778
15	0,3017	0,333333	30	0,5206	0,666667			

$F_{n\grave{a}oexc}$: Frequência de não excedência.

Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com os valores obtidos das vazões médias mínimas de sete dias consecutivos anuais (Q_7) registradas nessa série histórica, o menor valor foi de $0,0563142 m^3 s^{-1}$, enquanto o maior foi de $2,8075 m^3 s^{-1}$.

Os parâmetros ajustados das distribuições de frequência aplicadas à série histórica de Q_7 do Rio São Miguel são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores obtidos dos parâmetros de ajuste das funções avaliadas com os dados da série histórica de Q_7 do Rio São Miguel.

log-Normal 2 parâmetros	log-Normal 3 parâmetros	Gumbel para mínimos	Gama	Weibull
$\mu n = -0,79948$	$\beta = -74,6703$	$\alpha = 2,662898$	$\beta = 835,0049$	$\beta = 1,645078$
$\sigma n = 1,378948$	$\mu n = 4,024368$	$\mu = 0,707973$	$\nu = 0,023913$	$\lambda = 1,273855$
	$\sigma n = 1,025364$			

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os valores de $|\Delta F|$ calculado máximo e λ^2 obtidos na avaliação da aderência dos modelos ajustados à distribuição de probabilidades da série histórica de vazão Q_7 do Rio São Miguel são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores obtidos das estatísticas dos testes de aderência de Kolmogorov- Smirnov e Qui-Quadrado na avaliação do ajuste das funções à série histórica de vazão Q_7 do São Miguel.

Modelo	ΔF Crítico	$ \Delta F $ calculado máximo	λ^2 teórico	λ^2 Calculado
log-Normal 2 parâmetros		0,091789*		2,171828333*
log-Normal 3 parâmetros		0,114989*		3,425402806*
Gumbel para Mínimos	0,202	0,301268 ^{NS}	5,991	69,11026519 ^{NS}
Gama		0,150627*		7,662788813 ^{NS}
Weibull		0,405554 ^{NS}		36,40553432 ^{NS}

* Significativo a 5 % de probabilidade; NS: Não significativo.
 Fonte: Elaborada pelos autores.

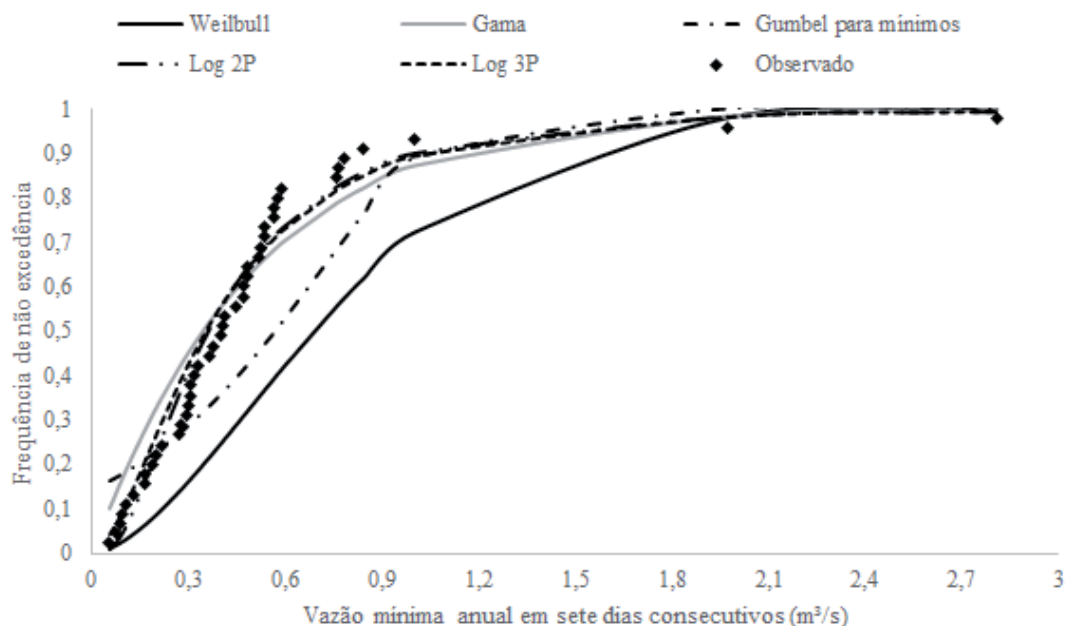
Com os resultados encontrados nos testes de aderência, o modelo Log-Normal a 2 parâmetros foi o que melhor aderiu à série de Q_7 do Rio São Miguel, por ser significativa em ambos os testes e apresentar menor valor de Qui-Quadrado calculado.

Silva et al. (2006), em trabalho que avaliou as Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande (MG), obtiveram que o modelo Log-normal 3 parâmetros produziu ajustes de melhor qualidade ao testarem os modelos Log-normal 3 parâmetros, Weibull e Gumbel, sendo seus resultados evidenciados pelos menores valores de qui-quadrado calculados.

Da mesma forma, Euclides (1992), analisando dados de vazão mínima em sub-bacias do Rio Juatuba, avaliou que o modelo Log-normal 3 parâmetros foi o mais adequado para estimativa dessa variável, após avaliar as distribuições Gumbel, Log-normal a 2 e 3 parâmetros e Fuller-Coutagne. Ambos os trabalhos diferem do encontrado neste estudo, em que o modelo Log-Normal 2 parâmetros foi o mais adequado para representar a frequência da série de Q_7 , porém, há de se salientar que o modelo Log-Normal 3 parâmetros produziu bons resultados.

Os dados da série histórica de Q_7 Rio São Miguel bem como as funções cumulativas de probabilidade ajustadas são mostrados na Figura 1.

Figura 1. Dados da série histórica de vazão Q_7 do Rio São Miguel e funções cumulativas de probabilidade dos modelos testados.

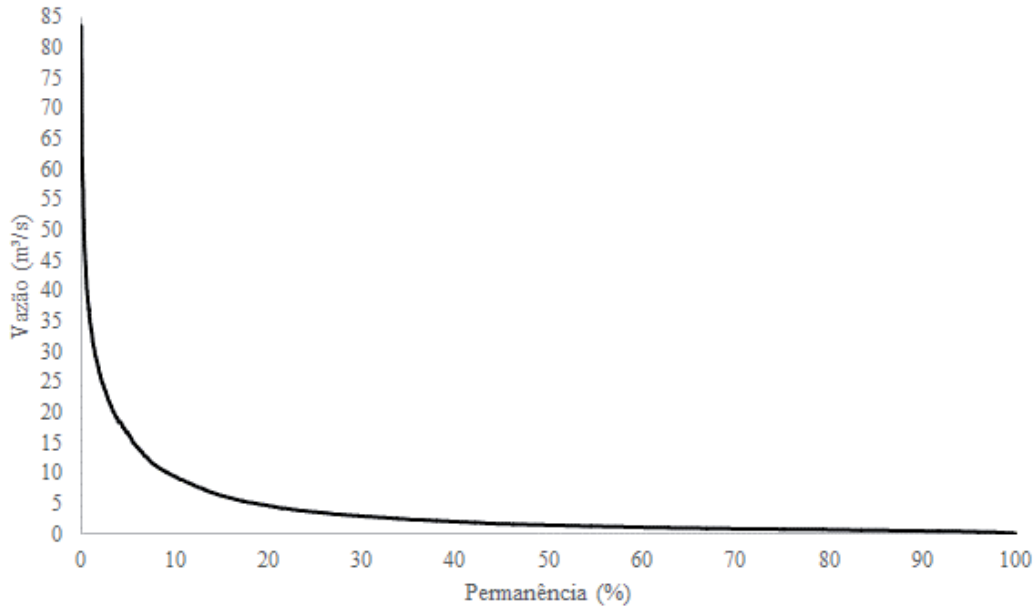


Fonte: Elaborada pelos autores.

Corroborando os resultados apresentados na Tabela 3, pode-se verificar, pela análise da Figura 1, a não aderência dos modelos Weibull e Gumbel para Mínimos, enquanto que as distribuições estatísticas Log-Normal a 2 e 3 parâmetros e Gama representaram melhor as frequências observadas de Q_7 .

A curva de permanência das vazões diárias do Rio São Miguel é mostrada na Figura 2.

Figura 2. Curva de Permanência das vazões diárias do Rio São Miguel, em Arcos (MG).



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 4, a partir da análise da curva de permanência e da série histórica de Q_7 , são apresentadas as vazões de referência Q_{95} , Q_{90} e $Q_{7,10}$ para o Rio São Miguel, bem como as vazões máxima e mínima diária e vazão mediana (Q_{50}).

Tabela 4. Valores obtidos pelas vazões Q_{50} , Q_{90} , Q_{95} , $Q_{7,10}$, vazão máxima e vazão mínima diária do Rio São Miguel.

Parâmetro	Vazão ($m^3 s^{-1}$)
Q_{50}	1,4207
Q_{90}	0,4853
Q_{95}	0,35885
$Q_{7,10}$	0,131014
Vazão Máxima	83,5514
Vazão Mínima	0,01777

Fonte: Elaborada pelos autores.

Verifica-se, com a análise da Tabela 4, que 50 % das vazões do Rio São Miguel são superiores a $1,4207 m^3 s^{-1}$, sendo o valor máximo $83,5514 m^3 s^{-1}$, o que mostra uma maior amplitude de valores acima da mediana ($82,1307 m^3 s^{-1}$). Em relação aos valores abaixo da mediana, a amplitude é pequena, $1,40293 m^3 s^{-1}$. Assim, pode-se inferir que as vazões de cheia escoadas pela calha do Rio São Miguel foram muito superiores ao que normalmente é escoado, relacionando, então, as vazões de pico a eventos extremos de precipitação.

Em relação às vazões de referência, a $Q_{7,10}$ é a menor delas, sendo, portanto, mais restritiva quando usada para gerenciamento dos recursos hídricos e outorga pelo uso da água. O Estado de Minas Gerais

estabelece a vazão outorgável em 30 % da $Q_{7,10}$ (SCHVARTZMAN; MEDEIROS; NASCIMENTO, 1999), fixando, assim, a vazão ecológica (a vazão que deve permanecer no rio) não inferior a 70 % do $Q_{7,10}$ (SILVA et al., 2006). Assim, no Rio São Miguel, pode ser explorada uma vazão de até $0,42621 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Conclusão

Analisando os resultados encontrados nos testes de aderência à série de vazões médias mínimas de sete dias consecutivos anuais (Q_7), o modelo que melhor ajustou-se a série foi o Log-Normal a 2 parâmetros, sendo significativo em ambos os testes.

O valor obtido de vazão na série Q_7 com tempo de retorno de 10 anos associado a uma frequência de não excedência foi de $0,131014 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (vazão outorgável $0,42621 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), enquanto que os valores de Q_{50} , Q_{90} e Q_{95} , estimados a partir da curva de permanência, foram $1,4207 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $0,4853 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $0,35885 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Reference flow rate of São Miguel River in Arcos (MG)

Abstract

The study of flow behavior of water bodies is very important to predict drought and flood seasons and to implement water management plans, including its grants. Besides, it gives subsidies to hydraulic structure designs. Therefore, this study performs a statistical study of average minimum annual flow in seven consecutive days (Q_7) and the flow permanence curve of São Miguel River, in Arcos (MG). The historical series of flow rate was obtained by HIDROWEB database, managed by the Agência Nacional de Águas. The evaluated data contemplated the calendar years from 1968 to 2014, except the years 1991, 1992, 2009 and 2012, because the data flows were incomplete in those years. The Cumulative Probability Functions log-Normal 2 parameters, log-Normal 3 parameters, Gumbel to minimum, Weibull and Gamma models to Q_7 were adjusted; the fit of these functions to the observed data were analyzed by Kolmogorov-Smirnov and Chi-Squared tests. Based on the Kolmogorov-Smirnov and Chi-square tests, the Log-Normal with 2 parameters was the best fit for Q_7 series. The value obtained for $Q_{7,10}$ was $0.131014 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, while the values of Q_{50} , Q_{90} and Q_{95} , estimated from the permanence curve were $1.4207 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $0.4853 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ and $0.35885 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Keywords: Water resources management. Water use grant. Statistical distributions.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb:** sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 07 ago. 2015.

DIAS, F. S.; VELÁSQUES, L. N. M. Hidrogeologia da Bacia do Rio São Miguel, municípios de Pains e Arcos – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEA, 12., 2002. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas.

EUCLYDES, H. P. **Regionalização de vazões máximas e mínimas para a bacia do rio Juatuba-MG.** 1992. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

GRANZIERA, M. L. M. **A fixação de vazões de referência.** Revista de Direito Ambiental, v. 18, n. 70, p. 127–148, 2013.

HAAN, C. T. **Statistical methods in hydrology.** Ames: The Iowa State University, 1979.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - Portal Comitês de Bacia - MG. Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco – SF1 Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais/bacia-do-rio-sao-francisco/sf1-cbh-afl-alto-s-francisco/1084-conheca-a-bacia>> Acesso em: 09 mar.2016.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia:** princípios e aplicações em sistemas agrícolas. Lavras: Editora UFLA, 2013. 455p.

MENEGASSE, L. N; GONÇALVES, J. M.; FANTINEL, L. M. Avaliação das disponibilidades hídricas da província cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, Alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., 2000, Olinda. **Anais...** Olinda: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2000.

SILVA, A. M. et al. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 374–380, 2006.

SCHVARTZMAN, A. S.; MEDEIROS, M. J.; NASCIMENTO, N. O. Avaliação preliminar do critério de outorga adotado do estado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABRH, 1999. CD Rom.

Histórico editorial:

Submetido em: 09/12/2015

Aceito em: 10/03/2016

Como citar:

ABNT

ROSSI, M. S.; THEBALDI, M. S. Vazões de referência do Rio São Miguel em Arcos (MG). **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 1, p.77-86, jan./mar. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n12017927>

APA

ROSSI, M. S. & THEBALDI, M. S. (2017). Vazões de referência do Rio São Miguel em Arcos (MG). *Revista Agrogeoambiental*, 9 (1), 77-86. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n12017927>

ISO

ROSSI, M. S. e THEBALDI, M. S. Vazões de referência do Rio São Miguel em Arcos (MG). *Revista Agrogeoambiental*. 2017, vol. 9, n. 1, pp. 77-86. eISSN 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n12017927>

VANCOUVER

Rossi MS, Thebaldi MS. Vazões de referência do Rio São Miguel em Arcos (MG). *Rev agrogeoambiental*. 2017 jan/mar; 9(1): 77-86. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n12017927>