

NOTA TÉCNICA

ESTIMATIVA E REGIONALIZAÇÃO DAS VAZÕES MÍNIMAS E MÉDIA NA BACIA DO RIO PARACATU

Luana Lisboa¹, Michel Castro Moreira², Demetrius David da Silva³, Fernando Falco Pruski⁴

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo estimar e regionalizar, pelo método Tradicional, as vazões mínimas associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}), a vazão de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) e a vazão média anual de longa duração (Q_{mld}) da bacia do rio Paracatu. Analisaram-se os dados de 21 estações fluviométricas pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas. As equações de regressão regionais foram obtidas a partir da identificação das regiões hidrológicamente homogêneas e do ajuste de regressões regionais entre as vazões mínimas e média e a área de drenagem da bacia. A estimativa das vazões mínimas e média da bacia permitiu verificar descontinuidades entre as estações fluviométricas. Foram definidas três regiões homogêneas e obtidas equações de regressão regionais para a representação das vazões mínimas e média da bacia. Embora o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados ter sido o potencial, verificou-se que os expoentes foram próximos da unidade, fato que caracteriza um comportamento semelhante ao linear. A análise dos valores estimados e obtidos com o uso das equações permitiu verificar a ocorrência de maiores erros nas regiões de cabeceira. As estimativas e as equações de regionalização obtidas fornecem subsídios para a tomada de decisão no processo de gestão de recursos hídricos.

Palavras-chave: vazões mínimas de referência, outorga, gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

Estimation and regionalization of the minimum and average discharge in Paracatu river basin

This study was done to estimate and regionalize the minima discharges associated with permanence of 90 (Q_{90}) and 95% (Q_{95}), the minimum weekly discharge, a 10-year return period ($Q_{7,10}$) and the long-duration annual average discharge (Q_{mld}) in the Paracatu river basin, by the use of the traditional method. Data from 21 fluviometric stations of the hydrometeorological network of the Agência Nacional de Águas were analyzed. The regional regression equations were calculated from the identified hydrologically homogenous regions and adjustment of the regional regressions among the minima and average discharges and the drainage area in basin. The estimate of the minima and average discharges showed discontinuities among fluviometric stations. Three homogenous regions were defined and regional regression equations were calculated to represent minima and average discharges in this basin. Although the regression model that better adjusted to the data was the potential, the exponents approached the unit, a fact that characterizes a near linear behavior. The analysis of the estimated values and those obtained with the use of the equation showed the occurrence of higher errors at the headwater regions. Both estimates and regionalization equations can help decision making in the water resource management.

Keywords: reference discharge, water use rights, water resource management.

Recebido para publicação em 29.06.2007

¹ Graduanda em Eng. Agrícola e Ambiental. DEA, UFV, Viçosa (MG). Bolsista da FAPEMIG. luanaeaufv@yahoo.com.br

² Bel. em Ciência da Computação, Doutorando em Eng. Agrícola. DEA, UFV. Bolsista do CNPq.

³ Engº. Agrônomo, Professor adjunto. DEA, UFV. Bolsista do CNPq.

⁴ Engº. Agrícola, Professor titular. DEA, UFV. Bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

O aproveitamento adequado dos recursos hídricos requer o uso de técnicas de planejamento, que dependem de estimativas confiáveis das vazões mínimas e média, assim como suas distribuições espacial e temporal na bacia hidrográfica (Baena, 2002).

A bacia do rio Paracatu, com área de drenagem de aproximadamente 45.600 km², é a principal responsável pela formação das vazões do rio São Francisco, contribuindo com cerca de 19,5% do volume escoado em sua foz (Pereira, 2004).

O principal uso da água na bacia do rio Paracatu é a irrigação, cuja vazão consumida representa 86,6% do total demandado na bacia, seguida pelo abastecimento animal, com 10,7%, pelo abastecimento urbano, com 1,5% e rural com 1,2% (Rodríguez, 2004). O sistema de irrigação predominante é o pivô central (88%), sendo que em 42% da área sob este sistema de irrigação (13.730 ha) já ocorrem limitações ao uso da água, o que tem gerado conflitos quanto a seu uso (Brasil, 1996).

Segundo ANA (2004) esses conflitos tendem a acirrar-se em função de uma série de fatores, como o crescimento da agricultura irrigada e a necessidade de maior produção de energia elétrica para atender o crescimento da demanda.

A minimização dos conflitos pelo uso da água nesta bacia requer a adoção de um adequado programa de gestão de recursos hídricos. Neste sentido, o conhecimento da disponibilidade hídrica é a informação básica para a tomada de decisão neste processo, sendo que as limitadas séries de dados fluviométricos disponíveis e a necessidade de conhecer a vazão, ao longo da rede hidrográfica, dificultam ou, muitas vezes, impedem a realização de uma

adequada gestão de recursos hídricos. Visando superar essa dificuldade, tem-se utilizado a técnica de regionalização de vazões para transferir espacialmente as informações (Moreira, 2006).

Entre os métodos de regionalização de vazões mais difundidos encontra-se o método Tradicional, que é descrito em Eletrobras (1985) e 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 físicas e climáticas das bacias de drenagem para cada região homogênea (Novaes, 2005).

Considerando os conflitos pelo uso da água e a necessidade do conhecimento das vazões para auxiliar no processo de gestão de recursos hídricos, o presente trabalho teve como objetivo estimar e regionalizar, pelo método Tradicional, as vazões mínimas e média da bacia do rio Paracatu.

MATERIAL E MÉTODOS

Visando à estimativa e espacialização das vazões mínimas e média na bacia do rio Paracatu (Figura 1), foram analisados os dados, correspondentes ao período de 1970 a 2000, de 21 estações fluviométricas (Quadro 1) pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizados no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb). As áreas de drenagem das estações fluviométricas foram calculadas, utilizando-se o modelo digital de elevação da bacia, após o posicionamento das mesmas a partir das coordenadas geográficas e croqui de localização, disponibilizadas nas suas respectivas fichas descritivas, as quais foram fornecidas pela ANA, não sendo, portanto, obtidas no HidroWeb. A localização das estações fluviométricas é apresentada na Figura 2.



Figura 1. Mapa de localização da área em estudo.

Quadro 1. Estações fluviométricas utilizadas no estudo

Código	Estação	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Área de drenagem (km ²)	Curso d'água
42250000	Fazenda Limoeiro	17° 54' 56"	47° 00' 38"	464	Rio Claro
42251000	Fazenda Córrego do Ouro	17° 36' 48"	46° 51' 31"	1.836	Rio Escuro
42255000	Fazenda Nolasco	17° 13' 48"	47° 01' 20"	249	Ribeirão Santa Isabel
42257000	Barra do Escurinho	17° 30' 45"	46° 38' 46"	1.997	Ribeirão Escurinho
42290000	Ponte da BR-040	17° 30' 10"	46° 34' 18"	7.744	Rio Paracatu
42395000	Santa Rosa	17° 15' 19"	46° 28' 26"	12.791	Rio Paracatu
42435000	Fazenda Barra da Égua	16° 52' 28"	46° 35' 12"	1.591	Ribeirão Barra da Égua
42440000	Fazenda Poções	17° 02' 31"	46° 49' 04"	550	Ribeirão São Pedro
42460000	Fazenda Limeira	16° 12' 35"	47° 13' 58"	4.164	Rio Preto
42490000	Unaí	16° 20' 58"	46° 52' 48"	5.413	Rio Preto
42540000	Santo Antônio do Boqueirão	16° 31' 47"	46° 43' 16"	5.963	Rio Preto
42545500	Fazenda o Resfriado	16° 30' 10"	46° 39' 46"	679	Ribeirão Roncador
42546000	Fazenda Santa Cruz	16° 08' 06"	46° 44' 52"	550	Rio Salobro
42600000	Porto dos Poções	16° 50' 23"	46° 21' 26"	9.459	Rio Preto
42690001	Porto da Extrema	17° 01' 49"	46° 00' 49"	30.181	Rio Paracatu
42750000	Caatinga	17° 08' 45"	45° 52' 49"	31.362	Rio Paracatu
42840000	Veredas	18° 08' 19"	45° 45' 32"	215	Rio Santo Antônio
42850000	Cachoeira das Almas	17° 21' 02"	45° 31' 57"	4.391	Rio do Sono
42860000	Cachoeira do Paredão	17° 07' 16"	45° 26' 08"	5.701	Rio do Sono
42930000	Porto do Cavalo	17° 01' 50"	45° 32' 22"	40.818	Rio Paracatu
42980000	Porto Alegre	16° 46' 29"	45° 22' 55"	41.481	Rio Paracatu



Figura 2. Localização das estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Na análise de consistência dos dados fluviométricos, foi utilizado o método de preenchimento de falhas, baseado na regressão linear para estimativa dos dados inexistentes ou considerados inconsistentes, a partir da análise de continuidade das vazões entre os postos fluviométricos.

As vazões mínimas, utilizadas no estudo, foram as associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) e a mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$). Os valores de Q_{90} e Q_{95} foram obtidos das curvas de permanência de cada estação fluviométrica, com base em dados diários, retratando a parcela de tempo que determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado.

Na determinação da $Q_{7,10}$ foi identificado, para cada ano considerado no estudo e para cada estação fluviométrica, o valor da vazão mínima pertinente à duração de sete dias (Q_7), para então estabelecer o modelo probabilístico com melhor ajuste às séries de Q_7 . Os modelos probabilísticos analisados, para representar a vazão mínima, foram: Log-Normal a dois parâmetros, Log-Normal a três parâmetros, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III e Weibull.

A seleção da distribuição de probabilidade que melhor se ajustou aos dados da série histórica de Q_7 foi realizada com base no teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, em

diferentes níveis de probabilidade, e no coeficiente de variação. Escolheu-se a distribuição de probabilidade que apresentou significância em nível de 20% de probabilidade no teste de Kolmogorov-Smirnov, associada ao menor coeficiente de variação. Para obtenção da $Q_{7,10}$, foi utilizado o software RH 3.0, desenvolvido por Euclides et al. (1999).

A vazão média anual de longa duração (Q_{mld}) foi obtida para cada estação fluviométrica, pela média das vazões médias anuais.

Pereira (2004) estudando as vazões mínimas e média de 23 estações fluviométricas da bacia do rio São Francisco relata que é comum encontrar inconsistências nas vazões mínimas e média calculadas a partir de séries históricas, inclusive com reduções na magnitude dessas variáveis com o aumento da área de drenagem em situações em que esse comportamento não apresenta uma justificativa plausível. Assim, visando ao ajuste de equações de regressão regionais, foram analisadas possíveis descontinuidades de valores de vazões entre as estações.

A obtenção das equações de regionalização de vazões pelo método Tradicional foi realizada em duas etapas, que envolveram a identificação das regiões hidrologicamente homogêneas e o ajuste de regressões regionais entre as vazões mínimas e média e a área de drenagem da bacia.

A área de drenagem foi a única característica física da bacia utilizada na obtenção das equações de regressão regionais, tendo em vista o fato de ser esta a variável obtida automaticamente pelo Sistema Integrado para a Gestão de Recursos Hídricos (SINGERH), sistema computacional no qual as equações de regressão regionais serão implementadas.

Para definição das regiões hidrologicamente homogêneas foi, inicialmente, observada a distribuição geográfica das estações e, então, analisados os coeficientes de determinação da regressão (r^2 e r^2a), o erro padrão fatorial (σF), o coeficiente de variação (c.v%), a significância do modelo pelo teste F (%F), a classificação dos resíduos padronizados (r.p) e o erro percentual (%d.r) entre os valores das vazões observadas e as estimadas pelo modelo de regionalização obtido. Além disso, como critério na identificação das regiões homogêneas, adotou-se a existência de pelo menos seis estações fluviométricas por região.

Quando foram verificados resultados satisfatórios de r^2 , r^2a , σF , c.v%, %F, r.p e %d.r, a região foi definida como hidrologicamente homogênea para as vazões estudadas; entretanto, nos casos em que isso não ocorreu, houve necessidade de subdividir a região ou reorganizar as estações dentro das regiões e reiniciar o processo.

De posse dos valores de $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} , Q_{mld} e da área de drenagem correspondentes às diferentes estações fluviométricas, pertencentes a uma mesma região homogênea, foi aplicada a regressão entre as vazões e a área de drenagem, para obtenção das equações de regressão para cada região hidrologicamente homogênea, com base nos modelos apresentados:

- Modelo linear

$$Q = \beta_0 + \beta_1 A$$

- Modelo potencial

$$Q = \beta_0 A^{\beta_1}$$

- Modelo exponencial

$$Q = e^{(\beta_0 + \beta_1 A)}$$

- Modelo logarítmico

$$Q = \beta_0 + \beta_1 \ln A$$

- Modelo recíproco

$$Q = (\beta_0 + \beta_1 A)^{-1}$$

em que,

Q = vazão estimada, $m^3 s^{-1}$;

β_0 , β_1 = coeficientes de ajuste da regressão, adimensionais; e

A = área de drenagem, km^2 .

Na determinação das equações de regressão, foi necessária a retirada das estações Fazenda Barra da Égua e Veredas, pois, a utilização das mesmas implicava na obtenção de valores de r^2 inferiores a 0,70 que, segundo Baena (2002), são valores insatisfatórios para equações de regionalização representativas das vazões.

A estação Fazenda Barra da Égua, localizada no Ribeirão Entre Ribeiros, possui um expressivo uso da água pela irrigação, sendo que a vazão de retirada para este uso nos meses de maior demanda corresponde a 85,1% da $Q_{7,10}$ (Rodriguez, 2004), fazendo com que esta apresente um comportamento diferenciado daquelas situadas na mesma região hidrologicamente homogênea.

A retirada da estação Veredas está associada à sua posição, uma vez que estando numa região de cabeceira, onde as condições climáticas e de uso do solo tendem a apresentar maiores discrepâncias em relação às condições médias da bacia, faz com que esta apresente um comportamento diferenciado em relação às outras estações da região hidrologicamente homogênea.

Para fins de verificação do ajuste de determinado modelo aos dados, foram adotados o r^2a , σF e %F. Os melhores modelos resultantes da aplicação da regressão múltipla foram selecionados, observando-se: maiores valores do r^2a , menores valores de erro-padrão fatorial e resultados significativos pelo teste F.

Na identificação das regiões hidrologicamente homogêneas e no ajuste dos modelos de regressão múltipla, também, foi utilizado o software RH 3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 2, são apresentados os valores estimados das vazões mínimas e média das 21 estações fluviométricas da bacia do rio Paracatu.

Analisando estes valores e observando os valores de área da drenagem das estações (Quadro 1), verifica-se que a estação Fazenda Limeira possui vazões superiores a estação a jusante (Unaí). Por esta razão, a fim de garantir a continuidade das vazões para posterior aplicação do método Tradicional, esta estação foi desconsiderada da análise.

Considerando a estação fluviométrica mais a jusante da bacia, Porto Alegre, e o critério de outorga do Estado de Minas

Gerais (30% da $Q_{7,10}$), verifica-se que esta bacia possui uma disponibilidade hídrica para outorga de $18,53 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, valor que representa 3,9% da Q_{mld} . Observa-se, portanto, que a relação da vazão passível de outorga em relação à vazão média de longa duração apresenta pouca influência.

Na identificação das regiões hidrologicamente homogêneas da bacia do rio Paracatu foram obtidas três regiões (Figura 3). O fato de terem sido definidas, apenas, três regiões hidrologicamente homogêneas está associado ao número mínimo de estações em cada região que precisou ser respeitado, a fim de ajustar os diferentes modelos de regressão entre as variáveis a serem regionalizadas e a área de drenagem.

Quadro 2. $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} e Q_{mld} , em m^3s^{-1} , das 21 estações fluviométricas utilizadas no estudo

Código	Estação	$Q_{7,10}$	Q_{90}	Q_{95}	Q_{mld}
42250000	Fazenda Limoeiro	1,17	2,23	1,77	8,01
42251000	Fazenda Córrego do Ouro	3,08	7,49	5,97	29,87
42255000	Fazenda Nolasco	0,45	0,79	0,68	3,25
42257000	Barra do Escurinho	3,46	7,13	5,58	26,97
42290000	Ponte da BR-040	9,55	20,10	15,91	89,94
42395000	Santa Rosa	21,56	39,47	32,33	161,95
42435000	Fazenda Barra da Água	1,24	2,76	1,75	17,45
42440000	Fazenda Poções	0,97	1,90	1,51	9,56
42460000	Fazenda Limeira	13,0	22,8	19,0	63,9
42490000	Unaí	11,15	21,34	17,02	73,73
42540000	Santo Antônio do Boqueirão	12,69	24,38	19,24	86,95
42545500	Fazenda o Resfriado	0,97	1,99	1,48	9,22
42546000	Fazenda Santa Cruz	1,27	1,86	1,40	7,53
42600000	Porto dos Poções	16,41	30,22	24,50	114,22
42690001	Porto da Extrema	40,42	80,03	62,90	331,55
42750000	Caatinga	41,74	84,30	67,31	356,58
42840000	Veredas	0,81	1,41	1,13	3,39
42850000	Cachoeira das Almas	3,02	9,76	7,08	63,48
42860000	Cachoeira do Paredão	5,04	9,97	8,09	58,20
42930000	Porto do Cavalo	60,40	118,44	95,65	466,85
42980000	Porto Alegre	61,76	111,91	89,10	475,02

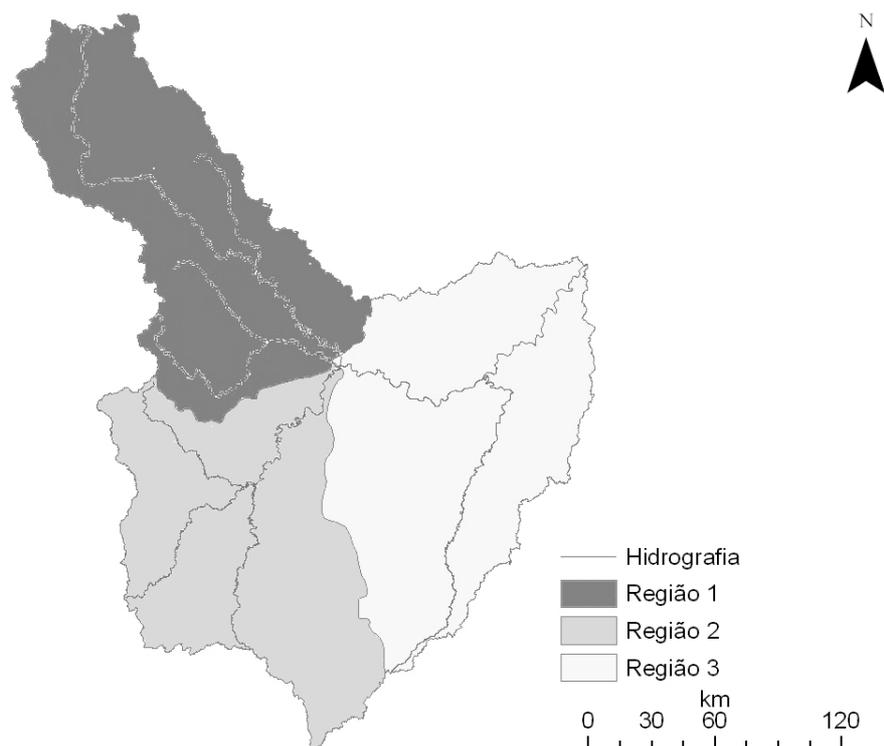


Figura 3. Regiões hidrologicamente homogêneas determinadas para a área em estudo

Quadro 3. Equações de regressão para representação da $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} e Q_{mld} , em m^3s^{-1} , nas três regiões homogêneas da bacia do rio Paracatu e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2), significância pelo teste F (%F) e erro padrão fatorial (σF)

Região	Equação	r^2	%F	σF
1	$Q_{7,10} = 0,00158A^{1,02307}$	0,9848	0,0087	1,2113
	$Q_{90} = 0,002570A^{1,04007}$	0,9937	0,0014	1,1325
	$Q_{95} = 0,001708A^{1,06136}$	0,9936	0,0001	1,1215
	$Q_{mld} = 0,018340A^{0,95994}$	0,9872	0,0006	1,1591
2	$Q_{7,10} = 0,003600A^{0,90330}$	0,9848	0,0086	1,211
	$Q_{90} = 0,006270A^{0,92173}$	0,9845	0,0090	1,2188
	$Q_{95} = 0,005760A^{0,90584}$	0,9864	0,0672	1,2335
	$Q_{mld} = 0,021110A^{0,94501}$	0,9924	0,0021	1,1522
3	$Q_{7,10} = 0,000060A^{1,30611}$	0,9983	0,0001	1,0633
	$Q_{90} = 0,000520A^{1,15738}$	0,9939	0,0013	1,1090
	$Q_{95} = 0,000330A^{1,18075}$	0,9972	0,0002	1,0733
	$Q_{mld} = 0,021710A^{0,93645}$	0,9968	0,0000	1,1176

A: área de drenagem, em km^2 .

No Quadro 3, são apresentadas as equações de regressão obtidas para estimativa das vazões mínimas e média em cada região homogênea da bacia do rio Paracatu, assim como seus respectivos coeficientes de determinação (r^2), significância pelo teste F (%F) e erro padrão fatorial (σF).

Observa-se que, em todas as equações, o modelo que melhor se ajustou aos dados das estações de cada região foi o potencial; entretanto, em função dos valores dos expoentes serem próximos à unidade, as vazões apresentam um comportamento semelhante ao linear, o que é caracterizado por um aumento aproximadamente constante das vazões com o crescimento da área de drenagem. Este fato também foi evidenciado por Novaes (2005), ao proceder a regionalização de vazões na bacia do rio Paracatu, utilizando o método baseado na conservação de massas/continuidade de vazões.

Em relação aos valores de r^2 e %F, observa-se que estas variam entre 0,98 a 0,99 e 0 a 0,672, respectivamente. Azevedo (2004), em estudo de regionalização de vazões para a bacia do rio Paranã, encontrou valores entre 0,92 e 0,98, bem como valores da %F entre 0,075 a 0,93, enquanto Baena (2002) obteve

valores de 0,84 a 0,99 para o r^2 e de 0 a 0,929 para a %F. Os valores de r^2 e %F das equações de regionalização, obtidas para a bacia do rio Paracatu, mostram a adequação desses modelos à representação das vazões mínimas e média da bacia.

Verifica-se que apesar da área de drenagem ter sido a única característica física utilizada na regionalização, as equações de regionalização representaram, apropriadamente, o comportamento hidrológico da bacia.

No Quadro 4, são apresentados os valores das vazões mínimas e média observados e estimados pelas equações de regressão, bem como o erro percentual entre os valores observados e estimados.

Analisando-se os valores apresentados no Quadro 4, constata-se que, em geral, os menores erros percentuais foram obtidos nas estações de maior área de drenagem (42690001, 42750000, 42930000 e 42980000) em decorrência da maior magnitude dos valores de vazões observadas. Por sua vez, os maiores erros percentuais foram obtidos para as estações fluviométricas de menor área de drenagem, caracterizando, conforme observado por Novaes (2004), um comportamento diferenciado em relação às outras estações da região.

Quadro 4. Valores da $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} e Q_{mid} , em m^3s^{-1} , observados e estimados por meio dos modelos de regressão e erro percentual (Ep), em %, entre os valores observados e estimados das estações fluviométricas utilizadas no estudo

Código	$Q_{7,10}$			Q_{90}			Q_{95}			Q_{mid}		
	obs.	est.	Ep	obs.	est.	Ep	obs.	est.	Ep	obs.	est.	Ep
42250000	1,2	0,9	-21,4	2,2	1,8	-19,3	1,8	1,5	-15,3	8,0	7,0	12,8
42251000	3,1	3,2	3,6	7,5	6,4	-14,6	6,0	5,2	-12,7	29,9	25,6	14,2
42255000	0,5	0,5	17,8	0,8	1,0	28,0	0,7	0,9	25,4	3,3	3,9	19,4
42257000	3,5	3,4	-0,6	7,1	6,9	-3,1	5,6	5,6	0,7	27,0	27,7	2,9
42290000	9,6	11,7	22,7	20,1	24,1	19,9	15,9	19,2	20,7	89,9	99,9	11,1
42395000	21,6	18,4	-14,5	39,5	38,3	-3,0	32,3	30,2	-6,5	162,0	160,5	-0,9
42440000	1,0	1,0	0,0	1,9	1,8	-4,2	1,5	1,4	-8,7	9,6	7,8	18,0
42490000	11,2	10,4	-6,5	21,3	19,7	-7,9	17,0	15,6	-8,1	73,7	70,4	-4,6
42540000	12,7	11,5	-9,3	24,4	21,7	-10,8	19,2	17,3	-10,0	87,0	77,2	11,2
42545500	1,0	1,3	28,9	2,0	2,3	13,9	1,5	1,7	16,3	9,2	9,6	4,1
42546000	1,3	1,0	-20,5	1,9	1,8	-4,1	1,4	1,4	-1,7	7,5	7,8	4,1
42600000	16,4	18,5	12,5	30,2	35,1	16,3	24,5	28,3	15,4	114,2	120,2	5,3
42690001	40,4	40,5	0,1	80,0	80,0	0,0	62,9	63,7	1,2	331,6	340,3	2,6
42750000	41,7	42,5	1,9	84,3	83,7	-0,8	67,3	66,6	-1,0	356,6	352,7	-1,1
42850000	3,0	3,3	8,0	9,8	8,6	-11,9	7,1	6,6	-6,9	63,5	56,0	11,9
42860000	5,0	4,6	-8,9	10,0	11,6	16,7	8,1	8,9	10,0	58,2	71,5	22,8
42930000	60,4	60,0	-0,7	118,4	113,5	-4,2	95,7	91,0	-4,9	466,9	451,4	-3,3
42980000	61,8	61,3	-0,8	111,9	115,6	3,3	89,1	92,7	4,0	475,0	458,3	-3,5

Considerando as vazões mínimas e média, verifica-se que os erros percentuais relativos a $Q_{7,10}$ variaram entre -21,4 e 28,9%; a Q_{90} entre -19,3 e 28,0%; a Q_{95} entre -15,3 e 25,4%; e a Q_{mld} entre -4,6 e 22,8%. Em geral, observa-se que os valores do erro percentual para a Q_{mld} foram menores que para $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} , uma vez que os valores da Q_{mld} apresentam um intervalo de variação menor que os das vazões mínimas.

Dados os baixos erros percentuais obtidos, as estimativas das vazões mínimas e média na bacia do rio Paracatu e sua respectiva regionalização fornecem subsídios para a tomada de decisão no processo de gestão de recursos hídricos.

CONCLUSÕES

A análise dos resultados permite concluir que:

- Apesar do modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados ter sido o potencial, verificou-se que os expoentes foram próximos à unidade, fato que caracteriza um comportamento semelhante ao linear;
- A análise dos valores observados e estimados com o uso das equações de regressões regionais permitiu verificar a ocorrência de maiores erros percentuais para as menores áreas de drenagem; e
- As estimativas das vazões mínimas e média na bacia do rio Paracatu e sua respectiva regionalização fornecem subsídios para a tomada de decisão no processo de gestão de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional d Águas. Plano decenal de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco. In: Organização dos estados americanos; fundo mundial para o meio ambiente; programa das nações unidas para o meio ambiente et al. **Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 16. Alocação de Água**. Brasília, 2004. 44 p.

AZEVEDO, A.A. **Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a sub-bacia do rio Paranã**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 108p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BAENA, L.G.N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BRASIL – Governo Federal. MINAS GERAIS; Governo do Estado. DISTRITO FEDERAL. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia do rio Paracatu – PLANPAR**. [S. l.]: 1996. v.1, T.1. (CD-ROM).

EUCLYDES, H.P.; SOUSA, E.F.; FERREIRA, P.A. **RH 3.0 – Regionalização hidrológica**. Viçosa, MG: UFV, DEA; Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: RURALMINAS, 1999. 149 p. (Manual do programa).

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro, 1985.

MOREIRA, M.C. **Gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água**. Viçosa, MG: UFV. 2006. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NOVAES, L.F. **Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu**. Viçosa, MG: UFV. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, S.B. **Evaporação no lago de sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco**. Viçosa, MG: UFV. 2004. 105 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RODRIGUEZ, R. del G. **Metodologia para estimativa das demandas e das disponibilidades hídricas na bacia do rio Paracatu**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.