

CONHECIMENTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NATURAL PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS¹

FERNANDO F. PRUSKI², RENATA DEL G. RODRIGUEZ³, JOÃO F. SOUZA⁴,
BRUNO M. B. DA SILVA⁵, ISABEL S. SARAIVA⁶

RESUMO: O uso da vazão natural permite representar as condições naturais existentes na bacia e sua evolução ao longo dos anos; entretanto, por ser este um assunto de preocupação recente, pouco se conhece sobre o impacto do uso dessas vazões em estudos hidrológicos. Tendo em vista a importância do conhecimento das vazões naturais, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso destas vazões em relação às vazões observadas para a bacia do Paracatu. O impacto do uso das vazões naturais foi estimado para as vazões média de longa duração e as mínimas ($Q_{7,10}$ e Q_{95}), sendo feitas uma análise pontual e uma espacial. A análise pontual foi feita nas seções onde se localizam as estações fluviométricas; já a espacial engloba toda a hidrográfica da bacia do Rio Paracatu, onde as vazões foram obtidas por meio da equação de regionalização. Os impactos do uso das vazões naturais em substituição às vazões observadas verificados na bacia do Paracatu podem ser considerados inexpressivos para a estimativa da vazão média de longa duração e de razoável expressividade para a estimativa das vazões mínimas.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, ações antrópicas, vazão natural.

KNOWLEDGE OF NATURAL DISCHARGES FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT

ABSTRACT: The use of natural discharges can represent the natural conditions in the basin and its evolution over the years, however, since this is a matter of recent concern, little is known about the impact of the use of natural flows in hydrological studies. The objective of this work is to evaluate the differential impact of natural discharges with respect to observed discharges for the Paracatu basin. The impact of the use of natural flows in the Paracatu basin was estimated for the average long-term discharges and the minimum discharges ($Q_{7,10}$, Q_{95}) and a punctual and a spatial analysis was made. The punctual analysis was made in the sections where the fluviometric stations are located, and the spatial analysis encompasses the entire basin where the discharges of Paracatu Rivers were obtained through the regionalization equation. The impact of the use of natural discharges in place of the observed discharges in the Paracatu basin are insignificant in the estimation of the long-term average discharges and are reasonably significant to the estimation of minimum discharges.

KEYWORDS: water resources, human actions, natural discharge.

INTRODUÇÃO

A reconstituição das vazões naturais é de fundamental importância para a atividade de planejamento do uso dos recursos hídricos, tendo a finalidade de resgatar as características naturais de magnitude e variabilidade das vazões afetadas pelas ações antrópicas nas bacias (ONS, 2005). Neste sentido, o uso das vazões naturais pode auxiliar na busca de um índice mais efetivo que

¹ Trabalho extraído da tese de doutorado do segundo autor e financiado pelo Cnpq.

² Eng^o Agrícola, Prof. Titular, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG, (0XX31)38991912, e-mail: ffpruski@ufv.com.br.

³ Eng^a Agrônoma, Doutora em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG

⁴ Bacharel em Informática, Estudante de Mestrado, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG.

⁵ Eng^o Ambiental, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG.

⁶ Eng^o Ambiental, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 27-1-2009

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 4-1-2011

represente o potencial hídrico de uma região em substituição aos utilizados hoje para a autorização de outorga (MOREIRA, 2006).

Para a obtenção das vazões naturais é considerada a vazão observada no local, as vazões relativas aos usos consuntivos e a vazão regularizada, caso haja reservatórios. A não consideração das vazões consumidas na análise das séries de vazões pode trazer consequências na análise do comportamento hidrológico, uma vez que não se pode fazer um planejamento adequado devido ao desconhecimento da evolução dos usos consuntivos e seus reflexos na disponibilidade de água (ONS, 2005).

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) desenvolveu trabalho para a estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo das principais bacias do Sistema Interligado Nacional (ONS, 2003). Esta metodologia foi aplicada por RODRIGUEZ (2004) em um estudo realizado para a bacia do Paracatu, o qual analisou o impacto das vazões consumidas, nas vazões médias de longa duração e nas mínimas.

Com base nesta metodologia, foi realizada, sob coordenação do ONS, a reconstituição de vazões naturais entre os anos de 2003 e 2004 nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional (ONS, 2005). Dentre as bacias incorporadas ao estudo, destaca-se a do São Francisco, na qual a reconstituição das vazões naturais foi realizada para os reservatórios de Três Marias, Queimado, Sobradinho, Itaparica (Luiz Gonzaga), Moxotó (Apolônio Sales), Paulo Afonso I, II, III e IV e Xingó.

OLIVEIRA et al. (2007) analisaram o impacto do uso de vazões naturais em relação às vazões observadas em 21 seções da bacia do Paracatu, sendo o impacto estimado para as vazões máxima, média de longa duração (Q_{mld}) e mínimas (as vazões associadas à permanência de 90 (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) e a vazão com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$)).

Os autores constaram que, para fins de estudos hidrológicos na bacia do Paracatu, não se justificam maiores preocupações quanto ao uso das vazões naturais para a estimativa das vazões máximas e médias de longa duração; já no caso das vazões mínimas, deve-se ter certo cuidado, já que o impacto foi um pouco mais expressivo.

Tendo em vista a importância do conhecimento das vazões naturais, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso das vazões naturais em relação às vazões observadas em 21 seções da bacia do Paracatu, como também ao longo de toda a sua hidrografia.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidas para o presente estudo 21 estações fluviométricas situadas na bacia do Paracatu (Tabela 1) pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional das Águas (ANA), sendo as vazões observadas aquelas medidas em cada uma destas seções. Foi utilizada uma série histórica de 22 anos (período-base de 1979 a 2000) com dados de vazões diárias.

As vazões naturais foram estimadas em base diária pela eq.(1):

$$Q_{nat_d} = Q_{obs_d} + Q_c \quad (1)$$

em que,

Q_{nat_d} - vazão diária natural, m^3s^{-1} ;

Q_{obs_d} - vazão diária observada na estação fluviométrica, m^3s^{-1} , e

Q_c - vazão média mensal consumida na área de drenagem da estação fluviométrica, m^3s^{-1} .

TABELA 1. Localização das estações fluviométricas na bacia do Paracatu. **Location of the fluviometric stations in the Paracatu basin.**

Código	Estação	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km ²)	Curso d'Água
42250000	Fazenda Limoeiro	17° 54' 56"	47° 00' 38"	470	Rio Claro
42251000	Fazenda Córrego do Ouro	17° 36' 48"	46° 51' 31"	1840	Rio Escuro
42255000	Fazenda Nolasco	17° 13' 48"	47° 01' 20"	257	Ribeirão Santa Isabel
42257000	Barra do Escurinho	17° 30' 45"	46° 38' 46"	2.013	Ribeirão Escurinho
42290000	Ponte da BR-040 (Paracatu)	17° 30' 10"	46° 34' 18"	7.720	Rio Paracatu
42395000	Santa Rosa	17° 15' 19"	46° 28' 26"	12.880	Rio Paracatu
42435000	Fazenda Barra da Égua	16° 52' 28"	46° 35' 12"	1.594	Ribeirão Barra da Égua
42440000	Fazenda Poções	17° 02' 31"	46° 49' 04"	533	Ribeirão São Pedro
42460000	Fazenda Limeira	16° 12' 35"	47° 13' 58"	3.830	Rio Preto
42490000	Unai	16° 20' 58"	46° 52' 48"	5.250	Rio Preto
42540000	Santo Antônio do Boqueirão	16° 31' 47"	46° 43' 16"	5.840	Rio Preto
42545500	Fazenda o Resfriado	16° 30' 10"	46° 39' 46"	704	Ribeirão Roncador
42546000	Fazenda Santa Cruz	16° 08' 06"	46° 44' 52"	530	Rio Salobro
42600000	Porto dos Poções	16° 50' 23"	46° 21' 26"	9.370	Rio Preto
42690001	Porto da Extrema	17° 01' 49"	46° 00' 49"	29.060	Rio Paracatu
42750000	Caatinga	17° 08' 45"	45° 52' 49"	30.230	Rio Paracatu
42840000	Veredas	18° 08' 19"	45° 45' 32"	190	Rio Santo Antônio
42850000	Cachoeira das Almas	17° 21' 02"	45° 31' 57"	4.350	Rio do Sono
42860000	Cachoeira do Paredão	17° 07' 16"	45° 26' 08"	5.660	Rio do Sono
42930000	Porto do Cavalo	17° 01' 50"	45° 32' 22"	39.640	Rio Paracatu
42980000	Porto Alegre	16° 46' 29"	45° 22' 55"	40.300	Rio Paracatu

Para a obtenção da vazão, consumida foi utilizada a metodologia apresentada por RODRIGUEZ (2004), na qual sua estimativa foi definida para quatro segmentos de usuário: irrigação, abastecimento animal e abastecimento humano urbano e rural.

Com base nas vazões diárias observadas e naturais nas 21 estações fluviométricas, foram estimadas, pelo programa SisCAH - Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (UFV, 2008), a vazão média anual de longa duração (Q_{mld}), a vazão associada à permanência de 95% (Q_{95}) e a vazão com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$). Deste modo, obteve-se, para cada variável hidrológica, uma vazão estimada com os dados medidos na estação, a qual foi denominada vazão observada, e outra estimada com os dados naturais, obtidos pela equação 1, denominada de vazão natural. O procedimento utilizado para a obtenção da Q_{95} foi o baseado na obtenção de classes de frequência, sendo definidos 50 intervalos de classe com base na escala logarítmica, e, posteriormente, calculados os limites dos intervalos e o número de vazões associadas em cada intervalo e a frequência associada ao seu limite inferior.

Para a avaliação do efeito do uso das vazões naturais em relação às vazões observadas ao longo da hidrografia da bacia do Paracatu, realizou-se a regionalização das vazões (Q_{mld} , $Q_{7,10}$ e Q_{95}) naturais e observadas. As variáveis independentes utilizadas na regionalização das vazões foram a área de drenagem (A), a vazão equivalente ao volume precipitado (P_{eq}) e a vazão equivalente ao volume precipitado, considerando uma diminuição da inércia hídrica igual a 750 mm (P_{eq750}).

A vazão equivalente ao volume precipitado representa a área de drenagem e a precipitação, como uma única variável, como mostra a eq.(2):

$$P_{eq} = \frac{P A}{k} \quad (2)$$

em que,

P_{eq} - vazão equivalente ao volume precipitado, $m^3 s^{-1}$;

P - precipitação média anual na área de drenagem considerada, mm;

A - área de drenagem, km^2 , e

k - fator de conversão, o que é igual a 31.536.

O uso de uma única variável, além de permitir uma representação bidimensional da relação entre as variáveis dependentes e independentes, também permitiu o ganho de um grau de liberdade na análise estatística.

A vazão equivalente ao volume precipitado, considerando uma diminuição da inércia hídrica igual a 750 mm, foi estimada pela eq.(3):

$$P_{eq750} = \frac{(P - 750) A}{k} \quad (3)$$

em que,

P_{eq750} - vazão equivalente ao volume precipitado, considerando diminuição da inércia hídrica igual a 750 mm, $m^3 s^{-1}$.

O conceito de inércia hídrica, proposto por NOVAES (2005), corresponde à precipitação mínima necessária para garantir a recarga do aquífero freático. Portanto, para que haja a ocorrência do escoamento no leito do rio advindo da contribuição subterrânea, é necessário que, primeiramente, a precipitação venha suprir o déficit de água existente ao longo da zona de aeração, que, por sua vez, é dependente das características do solo, da cobertura vegetal e da demanda evapotranspirométrica.

Para a bacia do Paracatu, o autor estimou que, para precipitações médias anuais inferiores a 750 mm, a vazão deve tornar-se nula no início do período de recessão. Desta forma, selecionou-se, neste trabalho, o valor de inércia hídrica igual a 750 mm.

Os métodos de regionalização utilizados foram o método tradicional e o método de conservação de massas (continuidade de vazões), proposto por PEREIRA (2004) e aperfeiçoado por NOVAES (2005). O método tradicional consiste na definição prévia das regiões hidrologicamente homogêneas e, em um segundo momento, na obtenção das equações que permitem associar a vazão com variáveis topológicas e climáticas. Já o método de conservação de massas consiste em ajustar modelos de regressão para representação das vazões em função da área de drenagem ou vazão equivalente ao volume precipitado no rio principal, e a partir deste modelo obter as vazões na foz de cada rio afluente direto do rio principal. Este método encontra-se em NOVAES (2005).

Para a aplicação destes métodos de regionalização, utilizou-se o software Sistema Computacional para a Regionalização de Vazões (SisCoRV) (UFV, 2008).

A seleção do melhor ajuste da equação de regionalização foi com base no erro relativo entre a vazão observada ou natural estimadas pelas equações de regionalização e a vazão observada ou natural, estimadas com base nos dados observados na estação fluviométrica e pela análise do comportamento do coeficiente de escoamento superficial estimado com base nas vazões regionalizadas pelos modelos, no caso da Q_{mld} , e das vazões específicas mínimas estimadas com base nas vazões mínimas regionalizadas, no caso da análise das vazões mínimas.

Após a seleção da equação de regionalização que proporcionou o melhor ajuste, foi realizada a espacialização das variáveis hidrológicas analisadas na base hidrográfica otocodificada, desenvolvida pela ANA, na escala de 1:1.000.000, em formato "shape".

A análise do impacto do uso das vazões naturais em substituição às vazões observadas foi feita com base em um índice caracterizado neste trabalho como delta (ΔQ), sendo expresso pela equação:

$$\Delta Q = \left(\frac{(Q_{nat} - Q_{obs})}{Q_{nat}} \right) 100 \quad (4)$$

em que,

ΔQ - delta, %, e

Q_n - vazão natural estimada com base nos dados diários naturais, $m^3 s^{-1}$.

A análise do impacto do uso das vazões naturais em substituição às vazões observadas (ΔQ) foi realizada nas seções onde se localizam as estações fluviométricas (análise pontual) e nos trechos da base hidrográfica onde as vazões foram obtidas por meio da equação de regionalização (análise espacial).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ambas as variáveis hidrológicas analisadas, os erros relativos foram menores quando aplicado o MCM; entretanto, com o uso deste método, evidenciou-se uma grande amplitude de variação dos coeficientes de escoamento (no caso da Q_{mld}) e das vazões específicas (no caso das vazões mínimas) estimados em função das vazões regionalizadas. Desta forma, foram selecionados os melhores ajustes pelo método tradicional para todas as variáveis hidrológicas analisadas, sendo que, das variáveis independentes, a que melhor se ajustou foi a $P_{eq,750}$.

Na Tabela 2, são apresentadas as equações selecionadas para cada região homogênea selecionada pelo método tradicional (Figura 1). A bacia do Paracatu foi dividida em três regiões homogêneas: a região 1, que abrange as sub-bacias do Entre Ribeiros e do Preto; a região 2, que vai da cabeceira do Rio Paracatu até a confluência com o Ribeirão Entre Ribeiros, e a região 3, que abrange o restante da bacia.

TABELA 2. Equações selecionadas para cada variável hidrológica nas regiões homogêneas pelo método tradicional. **Equations selected for each hydrological variable in the homogeneous regions by traditional method.**

Vazão	Regiões Homogêneas	Equação
Q_{mld} observada	1	$Q_{mld} = 0,883286 P_{eq750}^{0,94732}$
	2	$Q_{mld} = 0,776399 P_{eq750}^{0,959021}$
	3	$Q_{mld} = 0,800913 P_{eq750}^{0,972595}$
Q_{mld} natural	1	$Q_{mld} = 0,808992 P_{eq750}^{0,972173}$
	2	$Q_{mld} = 0,884855 (P_{eq,750})^{0,948251}$
	3	$Q_{mld} = 0,780682 (P_{eq,750})^{0,959145}$
Q_{95} observada	1	$Q_{95} = 0,096019 P_{eq750}^{1,108802}$
	2	$Q_{95} = 0,200461 P_{eq750}^{0,90836}$
	3	$Q_{95} = 0,186015 P_{eq750}^{0,92482}$
Q_{95} natural	1	$Q_{95} = 0,117376 P_{eq750}^{1,080657}$
	2	$Q_{95} = 0,212938 P_{eq750}^{0,911463}$
	3	$Q_{95} = 0,187899 P_{eq750}^{0,93388}$
$Q_{7,10}$ observada	1	$Q_{7,10} = 0,09489 P_{eq750}^{1,036119}$
	2	$Q_{7,10} = 0,131271 P_{eq750}^{0,910102}$
	3	$Q_{7,10} = 0,126132 P_{eq750}^{0,92812}$
$Q_{7,10}$ natural	1	$Q_{7,10} = 0,103429 P_{eq750}^{1,029216}$
	2	$Q_{7,10} = 0,139419 P_{eq750}^{0,915033}$
	3	$Q_{7,10} = 0,12688 P_{eq750}^{0,939915}$

Na Tabela 3, apresentam-se os valores dos ΔQ calculados, para cada variável hidrológica (obtida com base nos dados observados e pela equação de regionalização, em cada estação fluviométrica (análise pontual).

No caso das vazões médias, tanto as obtidas por meio dos dados observados como pelas equações de regionalização de vazões, as magnitudes dos ΔQ foram baixas, sendo os valores médios iguais a 0,71%. Estes valores foram próximos do valor médio (0,66%) encontrado por OLIVEIRA et al. (2007) para as mesmas estações analisadas, entretanto considerando o período-base de 1976 a 2000. Portanto, para fins de estudos hidrológicos, não se devem gerar grandes preocupações quando da utilização das vazões naturais na estimativa deste tipo de vazão.

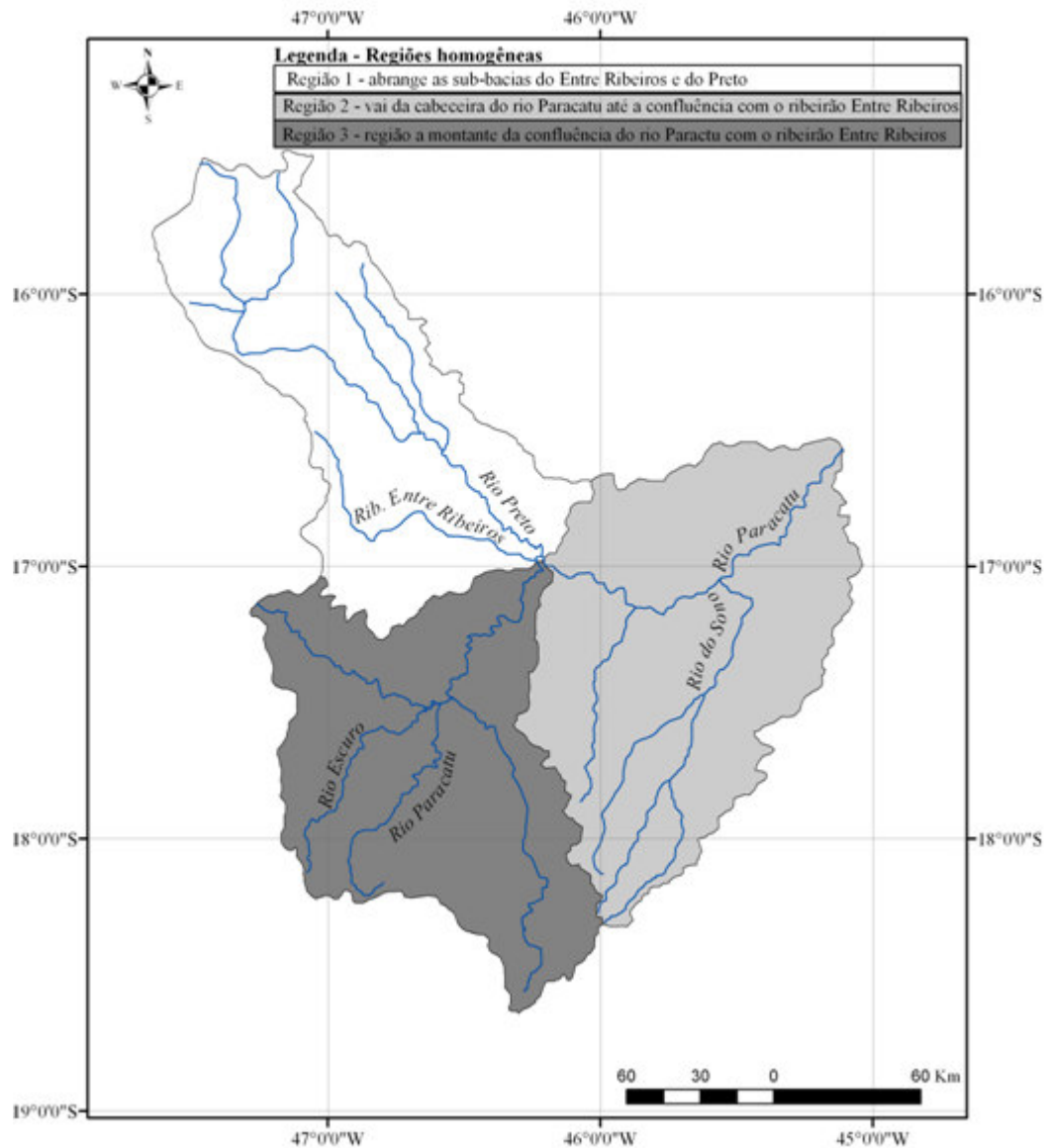


FIGURA 1. Regiões homogêneas consideradas para a regionalização das vazões na bacia do Paracatu pelo método tradicional. **Homogeneous regions for the hydrologic regionalization in the Paracatu basin by traditional method.**

As vazões mínimas mostraram ser mais suscetíveis às alterações antrópicas que as vazões médias, portanto apresentaram maior impacto quando do uso das vazões naturais.

O valor do ΔQ médio da Q_{95} foi um pouco superior ao evidenciado por OLIVEIRA et al. (2007) (5,45%). A amplitude de variação do ΔQ da Q_{95} obtida com base nos dados observados foi maior quando comparada à amplitude dos ΔQ obtidos com base nas vazões regionalizadas. Os maiores valores de ΔQ foram evidenciados na estação Fazenda Barra da Égua localizada na sub-bacia do Entre Ribeiros (obtido com base nos dados observados) e na Fazenda Santa Cruz, localizada na sub-bacia do Rio Preto (quando aplicada as equações de regionalização).

RODRIGUEZ (2004) evidenciou que, dentre as 21 estações com informações fluviométricas da bacia do Rio Paracatu analisadas, as duas com maior impacto da irrigação no curso de água estavam localizadas nas sub-bacias do Entre Ribeiros (47,0% da Q_{95} e 85% da $Q_{7,10}$) e Preto (19,2% da Q_{95} e 38,3% da $Q_{7,10}$).

Os valores médios dos ΔQ da $Q_{7,10}$ foram de 6,33% (obtido com base nos dados observados) e 6,36% (obtido com base na equação de regionalização), sendo portanto próximos ao evidenciado por OLIVEIRA et al. (2007) (5,76%). Apesar da $Q_{7,10}$ ser considerada a vazão mais restritiva que a Q_{95} , esta teve um valor médio de ΔQ inferior ao da Q_{95} .

TABELA 3. Valores de ΔQ (%) para as quatro variáveis hidrológicas estimadas com base nos dados observados (Obs) e pelas equações de regionalização (Reg) nas estações fluviométricas da bacia do Paracatu. **Values of ΔQ (%) for four hydrological variables estimated using the observed data (Obs) and the regionalization equations (Reg) in the fluviometric stations of the Paracatu basin.**

Estação	Q_{mld}		Q_{95}		$Q_{7,10}$	
	Obs	Reg	Obs	Reg	Obs	Reg
Fazenda Limoeiro	0,23	0,58	1,09	3,15	1,32	3,39
Fazenda Córrego do Ouro	0,54	0,59	5,83	4,31	8,10	4,90
Fazenda Nolasco	0,69	0,57	2,54	2,53	1,79	2,59
Barra do Escurinho	1,03	0,60	6,32	4,33	6,84	4,92
Ponte da Br-040 - Paracatu	0,58	0,61	5,33	5,51	6,00	6,44
Santa Rosa	0,51	0,62	4,62	5,93	5,04	6,98
Fazenda Barra da Égua	1,20	0,86	18,74	10,00	11,11	6,08
Fazenda Poções	0,65	0,90	8,84	12,46	6,14	6,72
Fazenda Limeira	0,70	0,81	4,17	7,18	3,63	5,37
Unai	0,77	0,80	5,64	6,42	4,55	5,18
Santo Antônio do Boqueirão	0,76	0,80	4,73	6,40	5,74	5,17
Fazenda o Resfriado	0,88	0,89	10,73	12,02	5,56	6,60
Fazenda Santa Cruz	0,98	0,90	12,68	12,68	5,48	6,78
Porto dos Poções	0,80	0,78	6,38	5,34	4,44	4,91
Porto da Extrema	0,85	0,77	9,02	7,70	10,26	8,75
Caatinga	0,74	0,77	6,62	7,71	6,58	8,76
Veredas	0,32	0,31	5,22	6,29	2,44	6,53
Cachoeira das Almas	0,43	0,58	5,84	7,11	11,45	7,82
Cachoeira do Paredão	0,74	0,60	11,05	7,18	13,43	7,93
Porto do Cavalo	0,80	0,79	7,84	7,77	6,44	8,87
Porto Alegre	0,73	0,79	5,81	7,78	6,51	8,87
Média	0,71	0,71	7,10	7,13	6,33	6,36
Máximo	1,20	0,90	18,74	12,68	13,43	8,87
Mínimo	0,23	0,31	1,09	2,53	1,32	2,59

Tal fato é decorrente dos diferentes métodos utilizados para a sua estimativa, enquanto a Q_{95} foi obtida por uma distribuição de frequência, a $Q_{7,10}$ é estimada com base em um ajuste de uma distribuição de probabilidade aos dados históricos. Desta forma, o impacto do uso de vazões naturais foi mais expressivo quando do uso da Q_{95} . Enquanto o maior valor de ΔQ referente à Q_{95} obtida com base nos dados observados ocorreu na estação Fazenda Barra da Égua, quando considerada a $Q_{7,10}$ o maior valor de ΔQ evidenciado foi na estação Cachoeira das Almas, localizada no Rio do Sono.

Os ΔQ obtidos considerando tanto a vazão média quanto as vazões mínimas foram todos inferiores a 10%. Em estudos hidrológicos, é comum que dados de vazão estejam associados a alguns tipos de incertezas, seja pela medida indireta da vazão, seja pelo uso de modelos matemáticos não adequados.

Desta forma, com base nos resultados obtidos para a bacia do Paracatu, considera-se que o uso das vazões naturais em substituição às vazões observadas não causa um impacto expressivo para a estimativa da vazão média de longa duração; já no caso das vazões mínimas, deve-se ter cuidado quando do uso das vazões observadas, já que o impacto observado foi um pouco mais expressivo.

Nas Figuras 2 e 3, são apresentados os mapas com os valores de ΔQ referentes às Q_{mld} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ ao longo da hidrografia da bacia do Rio Paracatu (análise especial).

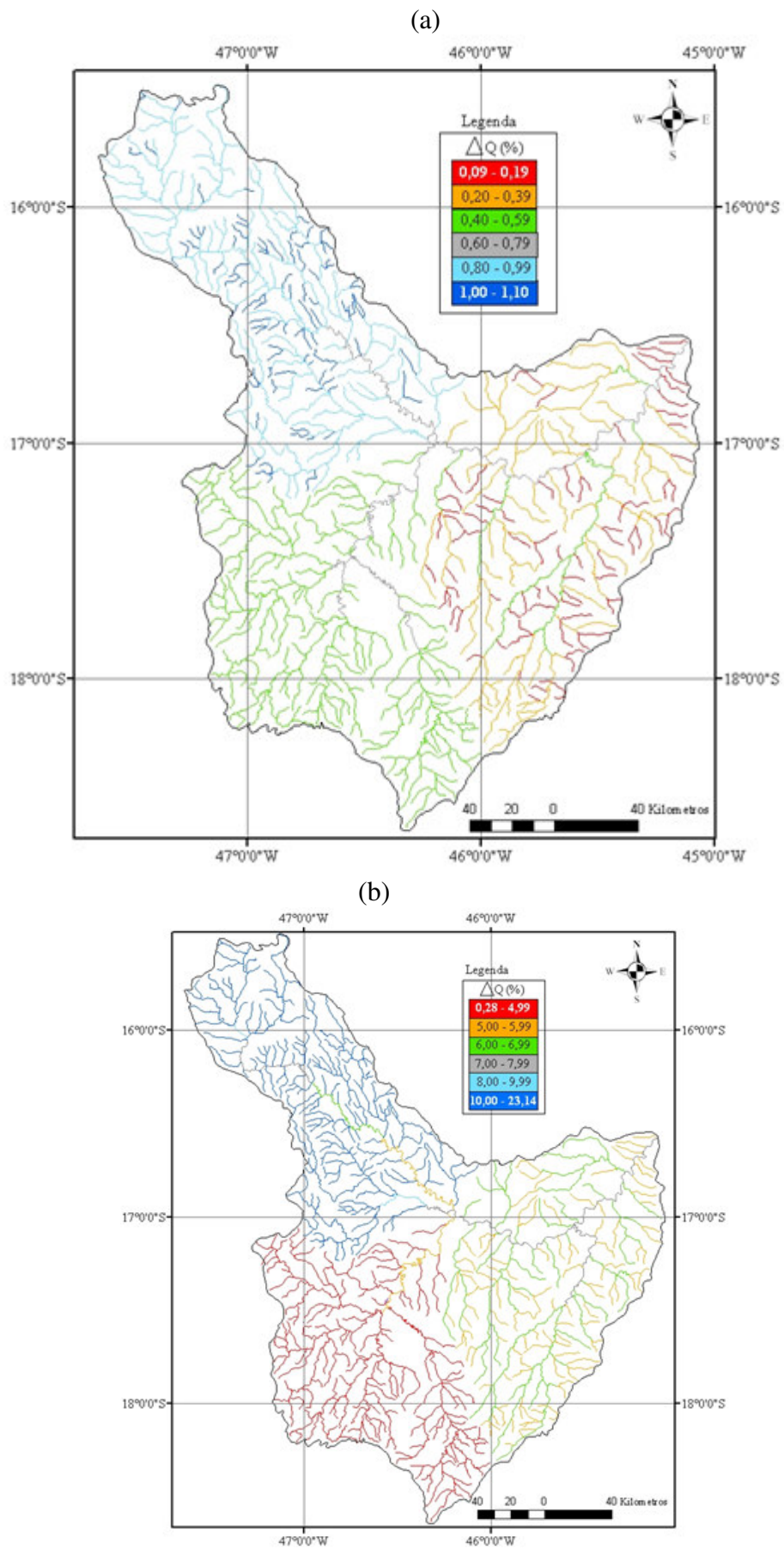
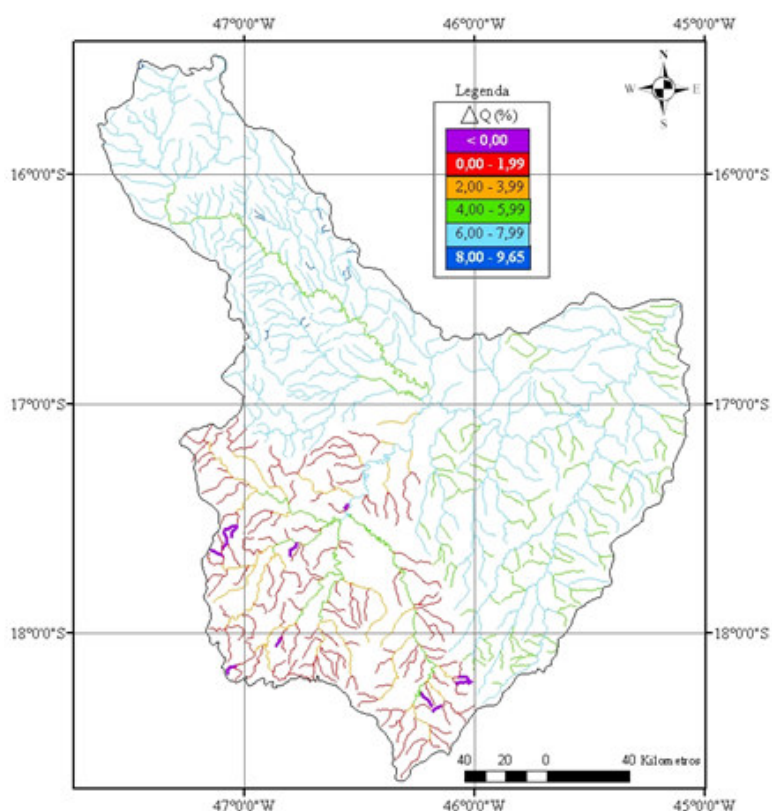


FIGURA 2. Valores do ΔQ em cada trecho da base hidrográfrica ottocodificada referentes à Q_{mld} (a) e à Q_{95} (b). Values of ΔQ in each segment of the hydrographic basin (Otto Pfafstetter's classification) for Q_{mld} (a) and the Q_{95} (b).



**FIGURA 3. Valores do ΔQ em cada trecho da base hidrográfrica ottocodificada referentes à $Q_{7,10}$.
Values of ΔQ in each segment of the hydrographic basin (Otto Pfafstetter's classification) for $Q_{7,10}$.**

No caso das vazões médias, os ΔQ variaram de 0,09 a 1,10%, reiterando o comportamento descrito na análise pontual e caracterizando o pequeno impacto que teria o uso das vazões naturais em substituição às vazões observadas na regionalização das vazões médias.

Como as vazões mínimas estão mais suscetíveis a sofrerem reduções quando da interferência humana no meio ambiente, os valores dos ΔQ para estas vazões foram superiores aos evidenciados para a vazão média. A Q_{95} teve o maior valor de ΔQ (23,14% na bacia do rio Preto) dentre todas as variáveis estudadas, mostrando que o impacto do uso de vazões naturais é mais expressivo quando do uso dessa vazão. Na análise referente à Q_{95} , a ocorrência de valores superiores a 10% foi evidenciada nas bacias do Ribeirão Entre Ribeiros e do Rio Preto.

Já em relação à $Q_{7,10}$, o maior valor de ΔQ evidenciado foi de 9,65%, sendo este inferior aos maiores valores de ΔQ obtidos para Q_{95} . Portanto, embora a $Q_{7,10}$ seja mais restritiva que a Q_{95} , esta apresentou menor influência das vazões consumidas. Para uma visualização do ocorrido, são apresentadas na Figura 4 as Q_{95} natural e observada e as $Q_{7,10}$ natural e observada ao longo do Rio Preto.

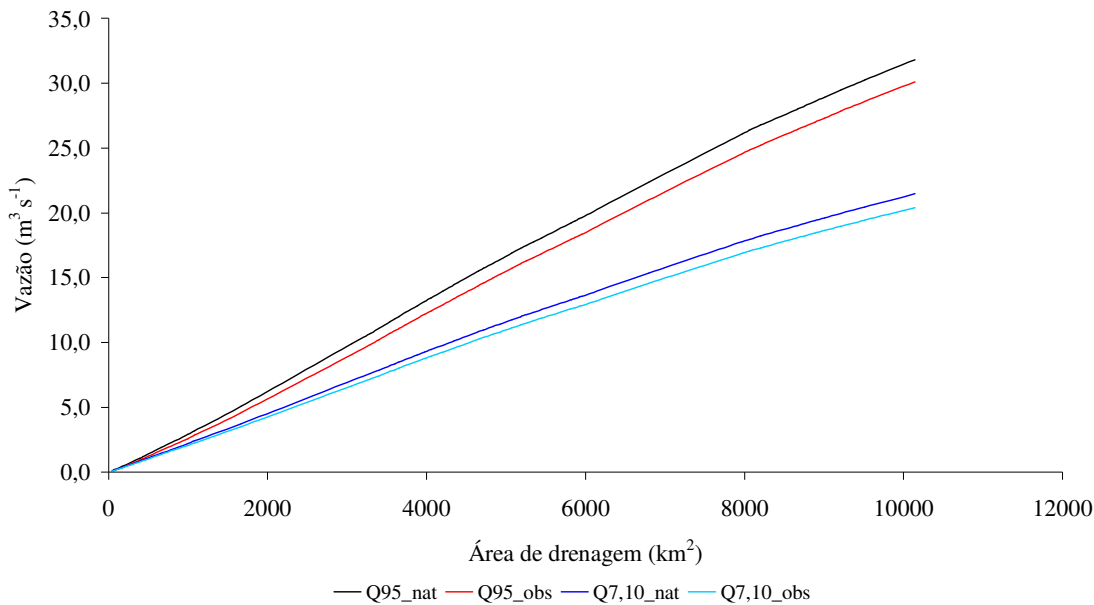


FIGURA 4. Vazões associadas à permanência de 95% (natural e observada) e as vazões com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos (natural e observada) ao longo do Rio Preto. **Discharge with permanence of 95% (natural and observed) and minimum discharge, with duration of seven days and return period of ten years (natural and observed), for Preto River.**

Verifica-se que a diferença entre a Q_{95} natural e a Q_{95} observada foi um pouco maior que a diferença entre a $Q_{7,10}$ natural e a $Q_{7,10}$ observada. Enquanto na foz do Rio Preto esta diferença foi de $1,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ($\Delta = 5,35\%$) para a Q_{95} , para a $Q_{7,10}$ foi de $1,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ($\Delta = 4,91\%$).

Embora não tenha ocorrido em nenhuma estação valores de $Q_{7,10}$ naturais inferiores às $Q_{7,10}$ observadas, evidenciaram-se em alguns trechos da hidrografia valores de ΔQ negativos, sendo estes, entretanto, inferior a 0,88%. Estes valores foram decorrentes dos ajustes das equações de regionalização obtidas para a $Q_{7,10}$ observada e para a $Q_{7,10}$ natural. Como estas equações foram em função da $P_{eq,750}$, observou-se que, para valores de $P_{eq,750}$ inferiores a $0,58 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, a $Q_{7,10}$ observada superou a $Q_{7,10}$ natural.

CONCLUSÕES

Para fins de utilização hidrológica, os impactos do uso das vazões naturais em substituição às vazões observadas, verificados na bacia do Paracatu, podem ser considerados inexpressivos (inferiores a 1%) para a estimativa da vazão média de longa duração e de razoável expressividade (até 23%) para a estimativa das vazões mínimas.

REFERÊNCIAS

- MOREIRA, M.C. *Gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água*. 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- NOVAES, L.F. *Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu*. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- OLIVEIRA, F.A.; MELO, E.L. de; FIGUEIREDO, J.C.; PRUSKI, F.F.; RODRIGUEZ, R. del G. Impacto do uso de vazões naturais em estudos hidrológicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABRH, 2007. 1 CD-ROM.

ONS. Operadora Nacional do Sistema Elétrico. *Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água nas principais bacias do sistema interligado nacional - Metodologia e resultados consolidados*. Brasília: Consórcio FAHMA/DREER, 2003. v.1. 209 p.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. *Revisão das séries de vazões naturais nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional- SIN*. Brasília, 2005.

PEREIRA, S.B. *Evaporação no lado de sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco*. 2004. 103 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

RODRIGUEZ, R. del G. *Metodologia para a estimativa das demandas e disponibilidades hídricas: estudo de caso da bacia do Paracatu*. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

UFV. Universidade Federal de Viçosa. *Programas desenvolvidos pelo grupo de pesquisa em recursos hídricos da UFV*. Viçosa: UFV, DEA 2008. Disponível em: www.ufv.br/dea/gprh. Acesso em: 7 jan. 2008