

REGIONALIZAÇÃO DE CURVAS DE PERMANÊNCIA DE VAZÃO PARA RIOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

REGIONALIZATION OF FLOW DURATION CURVE FOR RIVERS OF THE STATE OF ESPÍRITO SANTO

José Antonio Tosta dos Reis¹, Juliana Nunes Cristo¹, Abrahão Alexandre Alden Elesbon²,
e Antonio Sérgio Ferreira Mendonça³

¹ Coordenadoria de Saneamento Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo
Av. Vitória, 1729, Jucutuquara, Vitória-ES, 29040-780

² Coordenadoria de Construção Civil da Unidade de Ensino Descentralizada de Colatina,
do Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo,
Avenida Arino Gomes Leal, 1700, Bairro Santa Margarida, Colatina-ES, 29700-603

³ Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo,
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória-ES, 29075-910

e-mail: tosta@cefetes.br, jnunesristo@yahoo.com.br, abrahaoelesbon@click21.com.br e anserfm@terra.com.br

Aceito em 26 de agosto de 2006

RESUMO

A regionalização de vazões é uma técnica utilizada para transferir informação espacialmente, buscando explorar ao máximo os dados disponíveis numa determinada área geográfica. Este trabalho estabelece uma proposição de regionalização de curvas de permanência de vazões para rios do Estado do Espírito Santo. A proposta de regionalização envolveu a definição de curvas de permanência para 27 estações fluviométricas instaladas e em funcionamento no estado. A área e a precipitação média anual da bacia hidrográfica de cada estação fluviométrica foram consideradas as variáveis independentes da regionalização. O trabalho permitiu identificar 3 (três) regiões hidrológicamente homogêneas e apresentar expressões regionais aplicáveis à apropriação da curva de permanência de seções de cursos de água que não possuem monitoramento sistemático.

PALAVRAS-CHAVE: Regionalização de vazões, curva de permanência de vazões, estação fluviométrica

ABSTRACT

The regionalization of flows is a technique used to represent spatial information, in an attempt to explore at its best the data available in a determined geographic area. This work proposes to regionalize flow duration curves for rivers in the state of Espírito Santo. The regionalization proposal involved the definition of duration curves for 27 working streamflow gauging stations in the state. The area and the annual average precipitation of the hydrologic basin of each station have been considered the independent variables of regionalization. This work identified 3 (three) hydrologically homogeneous regions and obtained regional expressions suitable for the estimation of the duration curves for stream sections not presenting gauging stations.

KEY WORDS: Regionalization of flows, flow duration curve, stream gauging stations

1. INTRODUÇÃO

A caracterização do regime de escoamento de um curso d'água e a avaliação da disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica dependem da observação da variação de vazões ao longo do tempo e do espaço. A vazão, assim como todas as outras variáveis utilizadas para a caracterização de processos hidrológicos, possui comportamento aleatório, exigindo, para sua adequada avaliação, séries históricas representativas e confiáveis.

Segundo Tucci (2002), nenhum modelo, técnica matemática ou estatística é capaz de criar informações; esses modelos ou técnicas podem, de fato, explorar e fazer inferências a partir das informações disponíveis. Desta forma, a inexistência ou precariedade de informações limitam o adequado entendimento do comportamento de um sistema hídrico. Tucci observa ainda que uma rede hidrométrica raramente possui uma densidade de estações que permita cobrir todos os locais de interesse de um plano de gerenciamento de recursos hídricos de uma região. Sempre existirão lacunas temporais e espaciais que precisarão ser preenchidas com a aplicação de metodologias robustas.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o estado do Espírito Santo possui uma estação fluviométrica para cada 335 km² do seu território, densidade relativamente elevada quando considerada a densidade média nacional (1 estação/1.773 km²) ou as recomendações da Organização Meteorológica Mundial, que sugere densidades entre 1 estação/1.000 km² (densidade sugerida para regiões montanhosas) e 1 estação/2750 km² (densidade sugerida para o litoral). No entanto, boa parte das estações fluviométricas contabilizadas pela ANA para o Estado do Espírito Santo não estão mais em operação ou possuem séries históricas curtas. Adicionalmente, não estão uniformemente distribuídas em todo o Território do Estado. Coser (2003) observa que existem grandes áreas do território estadual que não são cobertas por estações fluviométricas, sendo a densidade de estações particularmente baixa nas bacias hidrográficas do norte do Estado.

Neste contexto, surge a regionalização hidrológica, técnica por meio da qual permite-se a transferência de informações dentro de uma área com comportamento hidrológico uniforme. No Brasil, em virtude das deficiências da rede hidrométrica em funcionamento, a regionalização hidrológica tem sido recorrentemente empregada para a avaliação do comportamento do regime de vazões em diferentes bacias hidrográficas (OBREGON et al (1999), EUDLYDES et al (2001), COSER (2003), AGRA (2003), PAULO et al (2003), PEDROLO e FERREIRA (2003), PINTO e ALVES (2003), ALEXANDRE e MARTINS (2004); ELESBON (2004)).

A regionalização hidrológica pode ser aplicada para variáveis ou funções. A regionalização das variáveis ocorre quando uma variável de interesse (vazão mínima, vazão máxima, etc.) pode ser estimada numa determinada região a partir de dados pontuais existentes. A definição da regionalização de uma função hidrológica é semelhante e uma função (curva de permanência de vazões, curva de regularização de vazões, etc.) está regionalizada quando pode ser avaliada a partir de informações hidrológicas pontualmente disponíveis.

A curva de permanência de um curso d'água é uma função hidrológica pela qual relaciona-se a vazão ou nível do rio à probabilidade de que esses mesmos valores de vazão ou nível sejam superados. A curva de permanência é utilizada quando se deseja conhecer a permanência no tempo de determinados valores de vazão. A curva permite, por exemplo, conhecer a parcela do tempo em que é possível, a fio d'água, abastecer cidades, indústrias ou empreendimentos agropecuários, navegar num rio, estabelecer a rentabilidade econômica de uma pequena central elétrica sem regularização e a sua potência ótima de dimensionamento ou quando se deseja avaliar a vazão de referência para processos de outorga de uso da água.

Particular atenção deve ser dada à importância das curvas de permanência para os processos de outorga de uso da água. No estado do Espírito Santo, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), conforme Resolução Nº 19, de 04 de outubro de 2005, adota a vazão de 90% de permanência (Q_{90}) para a definição dos limites outorgáveis de vazão em rios intermitentes.

Vazões obtidas a partir das curvas de permanência também têm sido utilizadas pela maior parte dos estados da Federação que já estabeleceram critérios de outorga (os estados de Alagoas, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte adotam como vazão máxima outorgável 90% da vazão Q_{90} , Bahia e Distrito Federal 80% do Q_{90} e Sergipe 30% da Q_{90}), conforme observam Castro et al. (2004).

Neste sentido, a regionalização de curva de permanência de vazões para o estado do Espírito Santo constitui o principal objetivo geral do presente trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

2.1.1 Área de estudo

O presente estudo envolveu 27 estações fluviométricas localizadas em todo o estado do Espírito Santo e no estado de Minas Gerais (nas proximidades da divisa com o território capixaba). A divisão em regiões hidrográficas atualmente utilizada pela Secretaria

ria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos foi considerada para organização das informações hidrológicas disponíveis. Essa divisão estabelece (12) doze regiões hidrográficas (Itaúnas, São

Mateus, Doce, Riacho, Reis Magos, Santa Maria da Vitória, Jucu, Guarapari, Rio Novo, Benevente, Itapemirim e Itabapoana), simplificada representadas pela Figura 1.



Figura 1- Regiões hidrográficas do Espírito Santo.

2.1.2 Estações Fluviométricas

As estações fluviométricas consideradas neste estudo com as respectivas áreas da bacia de drenagem e precipitação média anual sobre as bacias e cursos d'água no qual estão instaladas são apre-

sentadas pela Tabela 1. A distribuição espacial das estações fluviométricas consideradas é apresentada pela Figura 2.

As informações hidrometeorológicas e fisiográficas de cada estação fluviométrica foram obtidas a partir da base de dados gerenciada pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Tabela 1 - Estações fluviométricas utilizadas na regionalização hidrológica.

Código	Estação	Área (Km²)	Precipitação Média Anual (mm)	Extensão da Série Histórica	Rio	Município	Estado
55900000	Barra de São Francisco	378	979	31 anos	Rio São Francisco	Barra de São Francisco	Espírito Santo
55895000	Barra do Rio Preto	2876	986	36 anos	Rio São Mateus Braço Sul	Barra de São Francisco	Espírito Santo
55630000	Carlos Chagas (MG)	9607	903	59 anos	Rio Mucuri	Carlos Chagas	Minas Gerais
57490000	Castelo	975	1280	62 anos	Rio Castelo	Rio Castelo	Espírito Santo
55920000	Córrego da Boa Esperança	4769	1018	36 anos	Rio São Mateus Braço Sul	Nova Venécia	Espírito Santo
57170000	Córrego do Galo	973	1278	32 anos	Rio Jucu Braço Norte	Domingos Martins	Espírito Santo
57555000	Coutinho	4601	1334	42 anos	Rio Itapemirim	Cachoeiro de Itapemirim	Espírito Santo
57720000	Dores do Rio Preto	234	1421	51 anos	Rio Preto	Dores do Rio Preto	Espírito Santo
55560000	Fazenda Diacui (MG)	1785	900	32 anos	Rio Mucuri	Teófilo Otoni	Minas Gerais
57230000	Fazenda Jucuruaba	1690	1382	31 anos	Rio Jucu	Viana	Espírito Santo
55800005	Fazenda São Mateus	4024	971	36 anos	Rio São Mateus Braço Norte	Ecoporanga	Espírito Santo
55561000	Francisco Sá (MG)	1785	930	55 anos	Rio Todos os Santos	Carlos Chagas	Minas Gerais
57740000	Guaçuí	413	1508	62 anos	Rio do Veado	Guaçuí	Espírito Santo
57420000	Ibitirama	342	1139	47 anos	Rio Braço Norte Direito	Alegre	Espírito Santo
57320000	Iconha montante	148	1912	29 anos	Rio Iconha	Iconha	Espírito Santo
57400000	Itaici	1045	1249	38 anos	Rio Braço Norte Esquerdo	Muniz Freire	Espírito Santo
57360000	Íluna	426	1285	47 anos	Rio Pardo	Íluna	Espírito Santo
57250000	Matilde	210	1528	50 anos	Rio Benevente	Alfredo Chaves	Espírito Santo
55520001	Mucuri (MG)	2016	919	32 anos	Rio Mucuri	Teófilo Otoni	Minas Gerais
57300000	Pau d'alho	304	1246	29 anos	Rio Novo do Sul	Rio Novo do Sul	Espírito Santo
57450000	Rive	2217	1312	64 anos	Rio Itapemirim	Alegre	Espírito Santo
57130000	Santa Leopoldina	997	1262	50 anos	Rio Santa Maria da Vitória	Santa Leopoldina	Espírito Santo
55850000	São João da Cachoeira Grande	6732	1017	36 anos	Rio São Mateus Braço Norte	São Mateus	Espírito Santo
57770000	São José do Calçado	146	1636	47 anos	Rio Calçado	São José do Calçado	Espírito Santo
57370000	Terra Corrida montante	602	1208	30 anos	Rio Pardo	Muniz Freire	Espírito Santo
57580000	Usina Paineiras	223	1332	31 anos	Rio Braço Norte Esquerdo	Muniz Freire	Espírito Santo
57550000	Usina São Miguel	1548	1241	31 anos	Rio Castelo	Cachoeiro de Itapemirim	Espírito Santo

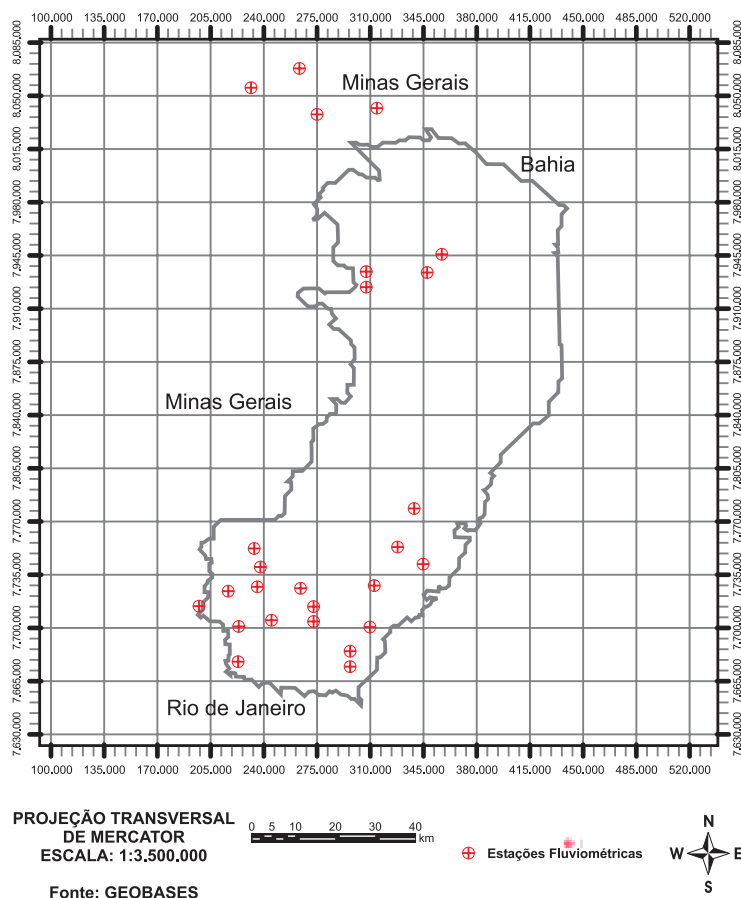


Figura 2- Distribuição espacial das estações fluviométricas utilizadas na regionalização hidrológica.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Definição das relações regionais

A curva de permanência de vazões de um curso d'água é uma função que relaciona a vazão do rio com a probabilidade de que essa vazão seja igualada ou superada. Os procedimentos necessários à determinação da curva de permanência de vazões podem ser encontrados em textos introdutórios de Hidrologia como Vilella e Mattos (1975) ou Pinto et al (1976).

Para a regionalização das curvas de permanência, foi adotado o procedimento apresentado por Tucci (2002). Esse procedimento pode ser descrito por meio das seguintes etapas:

1ª) determinação da curva de permanência de cada estação fluviométrica selecionada. Para o traçado das curvas de permanência, foi utilizado o programa computacional HIDRO, programa de domínio público gratuitamente distribuído pela ANA;

2ª) determinação das vazões que delimitam o trecho intermediário da curva de permanência. Das curvas estabelecidas, foram selecionadas as vazões de 50% e 95% de permanência (respectivamente representadas por Q_{50} e Q_{95}).

3ª) estabelecimento, para um conjunto de estações fluviométricas e a partir de análise de regressão, da relação entre as vazões Q_{50} e Q_{95} e os valores de precipitação média anual e área da bacia. Quando a área figurou como única variável independente,

foram testados os modelos linear ($Q = a_0 + a_1.A$), Potencial ($Q = a_0.A^{a_1}$), Quadrático ($Q = a_0 + a_1.A^2$) e Exponencial ($Q = e^{(a_0 + a_1.A)}$). Naquelas regressões em que a área e a precipitação funcionaram como variáveis independentes foram testados os modelos linear ($Q = a_0 + a_1.A + a_2.P$), Potencial ($Q = a_0.A^{a_1}.P^{a_2}$) e Exponencial ($Q = e^{(a_0 + a_1.A + a_2.P)}$).

Nas expressões indicadas nesse item, Q representa as diferentes vazões da curva de permanência (Q_{50} e Q_{95}); A, a área da bacia, P, a precipitação média anual; e, a_0 , a_1 e a_2 , coeficientes produzidos pela análise de regressão. A avaliação da adequação das equações de regionalização das vazões Q_{50} e Q_{95} foi feita a partir do coeficiente de correlação (R^2). Foram considerados satisfatórios os ajustes cujo coeficiente de correlação foram superiores a 0,70, conforme critério sugerido por Baena (2002).

4ª) determinação da equação empírica aplicável à região intermediária da curva de permanência (região que reúne as vazões entre Q_{50} e Q_{95}). Segundo Tucci (2002), esta equação empírica pode assumir a seguinte forma $Q = e^{(aP_b + b)}$. Sendo P_b , a probabilidade de ocorrência das vazões e "a" e "b" coeficientes produzidos por meio da análise de regressão ou por meio das equações:

$$a = -\frac{\ln\left(\frac{Q_{50}}{Q_{95}}\right)}{0,45} \quad (01)$$

$$b = \ln(Q_{50}) - 50.a \quad (02)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Curvas de permanência de vazões

A Figura 03 apresenta uma curva de permanência típica, obtida a partir dos registros de vazões da estação fluviométrica de Barra do Rio Preto, estação localizada na bacia hidrográfica do Rio São Mateus. Curvas similares foram obtidas para todas as demais estações consideradas neste estudo.

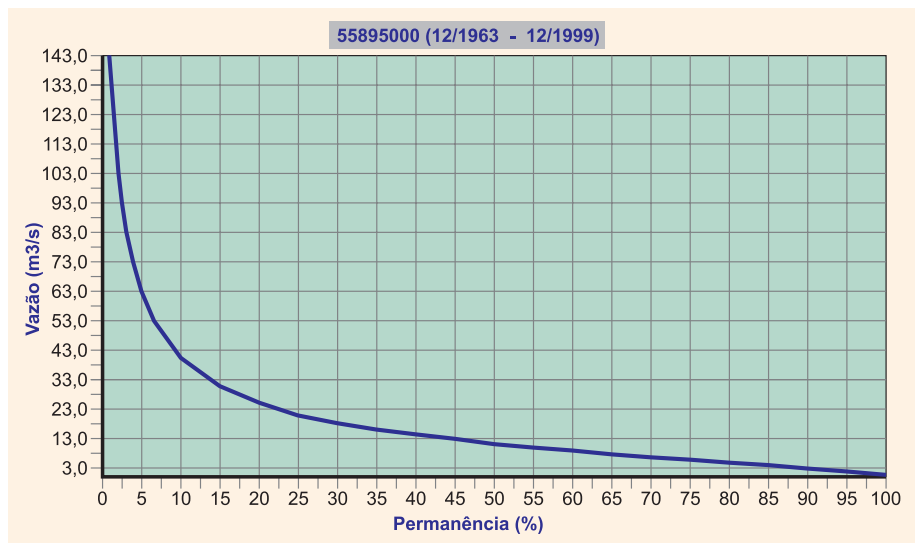


Figura 3 - Curva de permanência para a estação Barra do Rio Preto.

Das curvas de permanência foram selecionadas as vazões de 50% e 95% de permanência, cujos valores estão reunidos na Tabela 2.

Tabela 2: Vazões Q_{50} e Q_{95} para as estações fluviométricas selecionadas

Código	Estação	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{95} (m ³ /s)
55900000	Barra de São Francisco	1,12	0,20
55895000	Barra do Rio Preto	10,90	1,88
55630000	Carlos Chagas (MG)	61,50	16,90
57490000	Castelo	10,40	1,76
55920000	Córrego da Boa Esperança	18,40	2,99
57170000	Córrego do Galo	11,00	5,39
57555000	Coutinho	48,40	7,82
57720000	Dores do Rio Preto	3,09	0,67
55560000	Fazenda Diacuí (MG)	37,10	6,74
57230000	Fazenda Jucuruaba	20,40	9,68
55800005	Fazenda São Mateus	12,60	1,20
55561000	Francisco Sá (MG)	8,05	0,83
57740000	Guaçuí	7,24	3,12
57420000	Ibitirama	6,56	1,39
57320000	Iconha montante	3,08	0,85
57400000	Itaici	13,00	3,86
57360000	Ituna	5,44	2,50
57250000	Matilde	4,56	2,14
55520001	Mucuri (MG)	12,2	3,37
57300000	Pau d'alho	5,53	2,10
57450000	Rive	27,2	5,12
57130000	Santa Leopoldina	10,4	1,37
55850000	São João da Cachoeira Grande	21,5	2,27
57770000	São José do Calçado	1,36	0,25
57370000	Terra Corrida montante	7,43	2,54
57580000	Usina Paineiras	53,00	19,9
57550000	Usina São Miguel	16,10	4,82

3.2 Funções Regionais

Análises de regressão permitiram relacionar as vazões de referência da curva de permanência (Q_{50} e Q_{95}) com as variáveis independentes da regionalização (área e precipitação média da bacia hidrográfica de cada estação fluviométrica). Nas análises de regressão, foram testados os modelos linear, quadrático, potencial e exponencial.

As regiões hidrologicamente homogêneas foram estabelecidas a partir da combinação das estações fluviométricas que conduziu aos maiores coeficientes de correlação entre as vazões de referência e variáveis independentes da regionalização. Adicionalmente, considerou-se a divisão de regiões hidrográficas proposta pelo IEMA para o estado do Espírito Santo. Desta forma, cada região homogênea reúne estações fluviométricas instaladas em duas ou mais regiões hidrográficas do Estado.

Os coeficientes de correlação obtidos nas análises de regressão realizadas estão reunidas na Tabela 03.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação (R^2) obtidos para Região I, II e III.

Variável Independente	Modelos	Região I Bacias dos rios Itaunas e São Mateus		Região III Bacias dos rios Rio Novo, Reis Magos, Benevente, Jucu, Santa Maria e Guarapari		Região I Bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana	
		Q_{50}	Q_{95}	Q_{50}	Q_{95}	Q_{50}	Q_{95}
		Área da Bacia de Drenagem	Linear	0,81	0,65	0,99	0,72
Quadrático	0,85		0,82	0,99	0,82	0,99	0,82
Potencial	0,93		0,74	0,70	0,55	0,97	0,83
Exponencial	0,73		0,66	0,96	0,60	0,76	0,62
Área e Precipitação	Linear	0,96	0,87	0,97	0,73	0,99	0,79
	Potencial	0,81	0,88	0,97	0,55	0,97	0,84
	Exponencial	0,78	0,78	1,00	0,63	0,88	0,75

A simples inspeção da Tabela 03 permite observar que, para a Região II, os melhores resultados foram obtidos pelos modelos quadráticos que estimam as vazões de referência a partir da área de drenagem das bacias de cada estação fluviométrica. Nas regiões I e III, os melhores resultados foram obtidos a partir dos modelos potenciais, nos quais área e precipitação média figuram como variáveis independentes.

A Tabela 4 apresenta as funções regionais que permitem a apropriação das vazões de referência das curvas de permanência a partir das variáveis independentes consideradas neste estudo.

Tabela 4 - Funções estabelecidas para apropriação das vazões de 50 a 95% de permanência nas regiões hidrologicamente homogêneas.

Região	Localização da Região	Modelo Recomendado (Q_{50})	Modelo Recomendado (Q_{95})
I	Bacias Hidrográficas dos rios Itaunas e São Mateus	$Q_{50} = (2,2 \cdot 10^{14}) \cdot A^{1,10} \cdot P^{5,73}$	$Q_{95} = (6,46 \cdot 10^{25}) \cdot A^{1,08} \cdot P^{9,81}$
II	Bacias Hidrográficas dos rios Rio Novo, Reis Magos, Jucu, Benevente, Santa Maria e Guarapari	$Q_{50} = (3,0 \cdot 10^5) A^2 + (0,0047 \cdot A) + 3,09$	$Q_{95} = (4,0 \cdot 10^5) A^2 - (0,0025 \cdot A) + 1,98$
III	Bacias Hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana	$Q_{50} = (0,028 \cdot 10^3) \cdot A^{0,90} \cdot P^{(0,99)}$	$Q_{95} = (0,186 \cdot 10^3) \cdot A^{0,88} \cdot P^{(1,41)}$

Para a porção capixaba da bacia hidrográfica do Rio Doce em função da baixa densidade de estações fluviométricas e da pequena extensão ou baixa qualidade das séries históricas disponíveis, não foi possível a determinação de curvas de permanência regionalizadas. A representação esquemática das regiões hidrologicamente homogêneas definidas por meio deste estudo está apresentada na Figura 4.

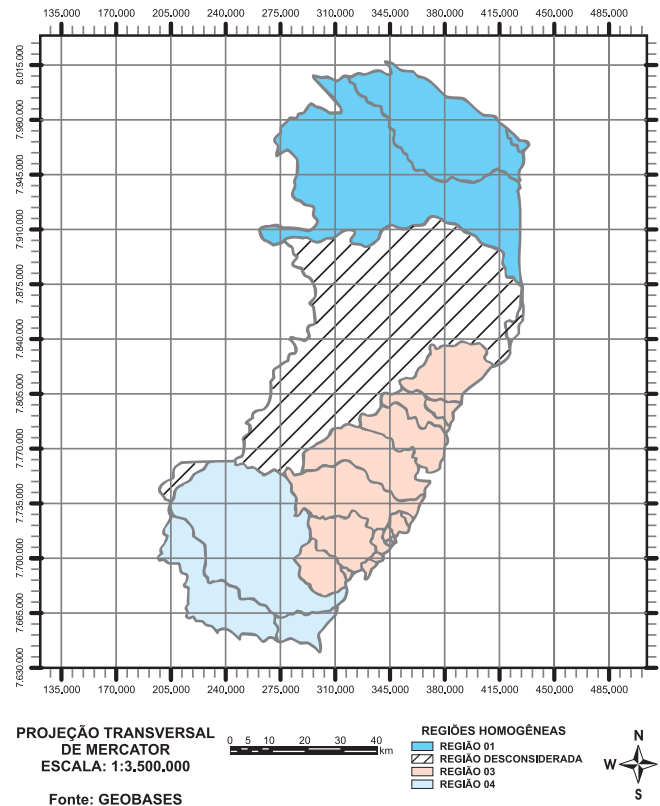


Figura 4 - Representação esquemática das regiões hidrologicamente homogêneas recomendadas para o Estado do Espírito Santo.

Os valores reais e os estimados pelas funções regionais das vazões de referência e os erros percentuais obtidos quando da apropriação das vazões Q_{50} e Q_{95} estão apresentadas na Tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Estimativas da Q_{50} para as três regiões homogêneas, de acordo com as equações recomendadas no estudo e seu respectivo erros percentuais.

Região I				
Código	Estação fluviométrica	Q_{50} Real	Q_{50} Estimada	Erros Percentuais (%)
55900000	Barra de São Francisco	1,12	1,10	1,79
55895000	Barra do Rio Preto	10,90	9,82	9,89
55920000	Córrego da Boa Esperança	18,40	14,27	22,47
55850000	São João da Cachoeira Grande	21,50	20,96	2,50
55630000	Carlos Chagas MG	61,50	61,26	0,39
55800005	Fazenda São Mateus	12,60	15,52	-23,14
55561000	Francisco Sá MG	8,05	8,12	-0,93
55560000	Fazenda Diacuí MG	37,10	31,74	14,45
55520001	Mucuri MG	12,20	9,94	18,49
Região II				
Código	Estação fluviométrica	Q_{50} Real	Q_{50} Estimada	Erros Percentuais (%)
57170000	Córrego do Galo	11,00	10,50	4,52
57230000	Fazenda Jucuruaba	20,40	19,60	3,92
57320000	Iconha montante	3,08	3,85	-25,04
57250000	Matilde	4,56	4,21	7,69
57300000	Pau d'alho	5,53	4,80	13,27
57130000	Santa Leopoldina	10,40	10,76	-3,44
Região III				
Código	Estação fluviométrica	Q_{50} Real	Q_{50} Estimada	Erros Percentuais (%)
57490000	Castelo	10,40	11,51	-10,69
57555000	Coutinho	48,40	44,65	7,75
57720000	Dores do Rio Preto	3,09	2,87	7,01
57420000	Ibitirama	6,56	5,03	23,28
57400000	Itaici	13,00	12,55	3,43
57450000	Rive	27,20	23,53	13,50
57370000	Terra Corrida montante	7,43	7,90	-6,31
57580000	Usina Paineiras	53,00	49,63	6,36
57550000	Usina São Miguel	16,10	17,05	-5,90
57740000	Guaçuí	7,24	4,52	37,60
57770000	São José do Calçado	1,36	1,63	-20,20
57360000	Íluna	5,44	5,44	-0,05

Tabela 6: Estimativas da Q_{95} para as três regiões homogêneas, de acordo com as equações recomendadas no estudo e seu respectivo erros percentuais.

Região I				
Código	Estação fluviométrica	Q_{95} Real	Q_{95} Estimada	Erros Percentuais (%)
55900000	Barra de São Francisco	0,20	0,18	10,00
55895000	Barra do Rio Preto	1,88	1,50	20,27
55920000	Córrego da Boa Esperança	2,99	1,89	36,72
55850000	São João da Cachoeira Grande	2,27	2,77	-22,12
55630000	Carlos Chagas MG	16,90	13,07	22,69
55561000	Francisco Sá MG	0,83	1,59	-91,70
55800005	Fazenda São Mateus	1,20	2,50	-108,67
55560000	Fazenda Diacuí MG	6,74	6,95	-3,06
55520001	Mucuri MG	3,37	2,04	39,56
Região II				
Código	Estação fluviométrica	Q_{95} Real	Q_{95} Estimada	Erros Percentuais (%)
57170000	Córrego do Galo	5,39	3,33	38,14
57230000	Fazenda Jucuruaba	9,68	9,18	5,17
57320000	Iconha montante	0,85	1,70	-100,19
57250000	Matilde	2,14	1,63	23,77
57300000	Pau d'alho	2,10	1,59	24,30
57130000	Santa Leopoldina	1,37	3,46	-152,81
Região III				
Código	Estação fluviométrica	Q_{95} Real	Q_{95} Estimada	Erros Percentuais (%)
57490000	Castelo	1,76	3,30	-87,57
57555000	Coutinho	7,82	12,20	-56,01
57720000	Dores do Rio Preto	0,67	0,81	-21,66
57420000	Ibitirama	1,39	1,55	-11,36
57400000	Itaici	3,86	3,63	5,90
57450000	Rive	5,12	6,57	-28,30
57370000	Terra Corrida montante	2,54	2,34	7,74
57580000	Usina Paineiras	19,90	13,54	31,97
57550000	Usina São Miguel	4,82	4,91	-1,94
57740000	Guaçuí	3,12	1,23	60,57
57770000	São José do Calçado	0,25	0,44	-77,12
57360000	Íluna	2,50	1,58	36,63

As tabelas 5 e 6 permitem observar que os erros percentuais obtidos para a vazão Q_{95} foram superiores àqueles registrados para a vazão

Q_{50} , independentemente da região hidrológica considerada. Entretanto, os erros percentuais observados foram equivalentes àqueles obtidos em outros estudos de regionalização de vazões propostos para o estado do Espírito Santo, como os trabalhos propostos por Coser (2003) e Elesbon (2004).

4. CONCLUSÃO

As principais conclusões deste trabalho podem ser sumarizadas da seguinte forma:

- a partir da análise das curvas de permanência das estações fluviométricas instaladas no estado do Espírito Santo foram identificadas 03 (três) regiões hidrológicamente homogêneas. Para essas regiões, foram propostas funções regionais que permitem a determinação da curva de permanência para seções de cursos d'água nas quais não se realiza o monitoramento sistemático de vazões.
- em função da baixa densidade de estações fluviométricas e da existência de estações com séries históricas de pequena extensão ou com sucessivas falhas, a região compreendida pela porção capixaba da bacia do Rio Doce não foi considerada neste estudo de regionalização.
- os erros percentuais obtidos quando da apropriação das vazões de referência da curva de permanência foram semelhantes àqueles observados em outros estudos de regionalização de vazões desenvolvidos para o Estado.

5. REFERÊNCIAS

AGRA, S. G.; SOUZA, V. C. B.; NEVES, M. G. F. P.; CRUZ, M. A. S. **Metodologias de regionalização de vazões: estudo comparativo na bacia do Rio Carreiro – RS.** Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Paraná, 2003.

ALEXANDRE, A. M. B.; MARTINS, E. S. P. R. **Regionalização de vazões médias de longo período para o estado do Ceará, nordeste brasileiro.** Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, São Luis do Maranhão, 2004.

ANDRADE, E. J. A.; ALVES, M. M. S. **Regionalização de vazões da bacia do Alto São Francisco.** Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Paraná, 2003.

BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul,** a montante de Volta Redonda, a partir do modelo

digital de elevação hidrológicamente consistente. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

COSER, M. C. **Regionalização de vazões $Q_{7,10}$ no estado do Espírito Santo.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

ELETRORBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Metodologia para a regionalização de vazões.** Rio de Janeiro, ELETRORBRÁS, 1985.

ELESBON, A. A. A. **Utilização de sistemas de informação geográfica na regionalização de vazões – Estudo de caso: Bacias dos rios Mucuri, Itaúnas e São Mateus.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; RUBERT, O. A. V.; SANTOS, R. M. Regionalização hidrológica na bacia do Alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.6 , n.2, p.85-105, 2001.

OBREGON, E.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Regionalização de vazões com base em séries históricas estendidas: bacias afluentes a Lagoa Mirim, RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.4, n.1, p.57-75, 1999.

PAULO, R. G. F.; CORRÊA, A. S. P.; PRIMO, K. R.; FILHO, G. L. T. **Regionalização de vazões da bacia do Sapucaí.** Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Paraná, 2003.

PEDROLLO, M. C.; FERREIRA, P. H. **Regionalização de vazões na bacia da Lagoa Mirim.** Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Paraná, 2003.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia básica.** São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões.** Porto Alegre: ABRH, 2002.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

6. AGRADECIMENTOS

À FUNCEFETES, pela bolsa de iniciação científica concedida à estudante Juliana Nunes Cristo, participante deste projeto de pesquisa.