

ANÁLISE REGIONAL DE CURVAS DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPEMIRIM (ES)

Carlos Alberto da Silva Júnior^{1}; José Antônio Tosta dos Reis²; Marco Aurélio Costa Caiado³*

Resumo – A regionalização é entendida como uma alternativa de obtenção indireta de informações hidrológicas, uma vez que possibilita a transferência de informações de um local para outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante. Esta transferência de informação usualmente ocorre por meio de uma função matemática na qual a variável hidrológica regionalizada é dependente de variáveis climatológicas e fisiográficas da bacia em questão. O objetivo deste trabalho foi estabelecer funções regionais para a definição de curvas de permanência de vazões para cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Itapemirim, importante sistema hídrico da porção sul do estado do Espírito Santo. Para a obtenção das funções regionais foram empregados os métodos dos valores característicos e da curva exponencial e foram consideradas como variáveis independentes do processo de regionalização a área de drenagem, o comprimento total dos cursos d'água, perímetro da bacia de drenagem, declividade média dos cursos d'água e precipitação média de longo período. As funções regionais obtidas a partir dos referidos métodos de regionalização reproduziram de maneira satisfatória as curvas de permanência obtidas a partir das séries históricas de vazões.

Palavras-Chave – Regionalização de vazões, Curva de Permanência, Rio Itapemirim.

REGIONAL ANALYSIS OF FLOW DURATION CURVES TO THE ITAPEMIRIM RIVER BASIN (ES)

Abstract – Flood estimation is seen as an alternative to obtain indirect hydrological information, since it allows the transference of information from one location to another within an area with similar hydrological behavior. The transference of information usually occurs by means of a mathematical function in which the regionalized hydrological variable is dependent on climatological and geographical variables of the basin in study. The objective of this study was to establish regional functions to define flow duration curves to water courses of the Itapemirim River basin, an important water system of the southern portion of the Espírito Santo state, Brazil. In order to obtain regional functions, methods of characteristic values and exponential curve were employed. Drainage area, total length of water courses, basin perimeter, average slope of water courses, and average rainfall of long duration were considered the independent variables in the regionalization process. The regional functions obtained from this methods reproduced satisfactorily the flow duration curves obtained from the time series of flows.

Keywords – Flood estimation, Flow Duration Curves, Itapemirim River

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Av. Fernando Ferrari, 514 – Goiabeiras – CEP 29075-910, Vitória/ES. E-mail: calbertojr@gmail.com

²Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP. Professor do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. e-mail: jatreis@gmail.com

³Doutor em Biological Systems Engineering pela Virginia Polytechnic Institute and State University. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES). E-mail: macciaido@gmail.com

* Autor Correspondente

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433, promulgada em 8 de janeiro de 1997) constitui importante marco na consolidação do processo de gestão dos recursos hídricos. A referida Política estabeleceu diferentes ferramentas de gestão que, quando efetivamente implementadas pelos usuários dos recursos hídricos e Órgãos gestores, permitirão a compatibilização dos diferentes interesses no uso e ocupação dos solos das bacias hidrográficas. No entanto, em que pese o fato de que o Brasil possui uma rede de monitoramento hidrológico heterogênea, o adequado conhecimento das condições de qualidade e disponibilidade de água em diferentes bacias hidrográficas e, por conseguinte, os critérios para concessão de outorga, apresentam-se frágeis. Como alternativa para atenuar os problemas decorrentes de um monitoramento hidrológico deficiente, considerando-se o elevado custo para implantação e operação de postos fluviométricos, apresentam-se as técnicas de regionalização hidrológica.

Por regionalização, entende-se a transferência de informações de um local para outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante (TUCCI, 2002). Esta transferência de informação usualmente ocorre por meio de uma função matemática, na qual a variável hidrológica regionalizada é dependente de variáveis climatológicas e fisiográficas da bacia em questão.

Algumas das características fisiográficas mais utilizadas na regionalização hidrológica são a área de drenagem, o comprimento do rio principal, a declividade da bacia, a declividade entre a nascente e a foz do rio principal e a densidade de drenagem. Estas características são também chamadas de variáveis independentes (ALMEIDA, 2010).

Para Tucci (2002), a melhor função regional é a equação que possibilita a melhor resposta com o emprego de menor número possível de variáveis independentes. Alguns trabalhos de regionalização hidrológica de vazões suprimem o emprego de determinadas variáveis independentes quando da definição das funções regionais por entenderem que a não incorporação destas variáveis não comprometerão a geração dos dados de vazão. Por sua vez, Catalunha (2004) observa que, dentre as características fisiográficas, a área de drenagem é aquela que tem sido mais utilizada nos estudos de regionalização por constituir uma variável facilmente apropriável e que, geralmente, apresenta boa correlação com as demais características físicas das bacias hidrográficas.

Baena (2004) sustenta que a melhor função regional é aquela que apresentar maiores valores do coeficiente de determinação ajustado, menores valores de erro padrão fatorial, resultados significativos pelo teste F e menor número de variáveis independentes.

Neste contexto, o presente trabalho pretende estabelecer a análise regional para curvas de permanência aplicáveis à avaliação do regime de cursos d'água da bacia do Rio Itapemirim, importante sistemas hídricos da porção sul do estado do Espírito Santo.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O presente estudo de regionalização foi realizado para a bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, curso d'água de domínio do estado localizado na região sul do Espírito Santo (Figura 1).

A bacia hidrográfica do rio Itapemirim tem como principal curso d'água o rio Itapemirim, com vazão média de 94.709 l/s e extensão de 135,44 km a partir da confluência de dois rios, o Braço Norte Esquerdo, com 83,28 km e o Braço Norte Direito, com 70,95 km. Sua foz se localiza no município de Itapemirim e seus principais afluentes são os Rios Castelo, Muqui do Norte, Braço Norte Direito, Fruteiras, Pardo, São João de Viçosa, Caxixe, Prata, Alegre, Pardinho, Monte

Alverne, Pedra Roxa e Pedregulho. A bacia ocupa uma área de aproximadamente 5.919,5 km², abrangendo os municípios de Alegre, Atílio Vivacqua, Cachoeiro de Itapemirim, Castelo, Conceição do Castelo, Ibitirama, Jerônimo Monteiro, Marataízes, Muniz Freire, e Venda Nova do Imigrante em sua totalidade, além de abranger parcialmente os municípios de Ibatiba, Iúna, Irupi, Muqui, Itapemirim, Marataízes, Presidente Kennedy e Vargem Alta (IEMA, 2013).

Segundo o IEMA (2013) as precipitações na bacia são variáveis ao longo de seu curso, sendo menores na faixa litorânea, entre 1.020 e 1.240 mm anuais, ocasionando déficit hídrico na região. Na região da serra do Caparaó, cujo ponto culminante atinge 2.891,98 m de altitude (Pico da Bandeira), a precipitação aumenta, atingindo 1.570 mm anuais.

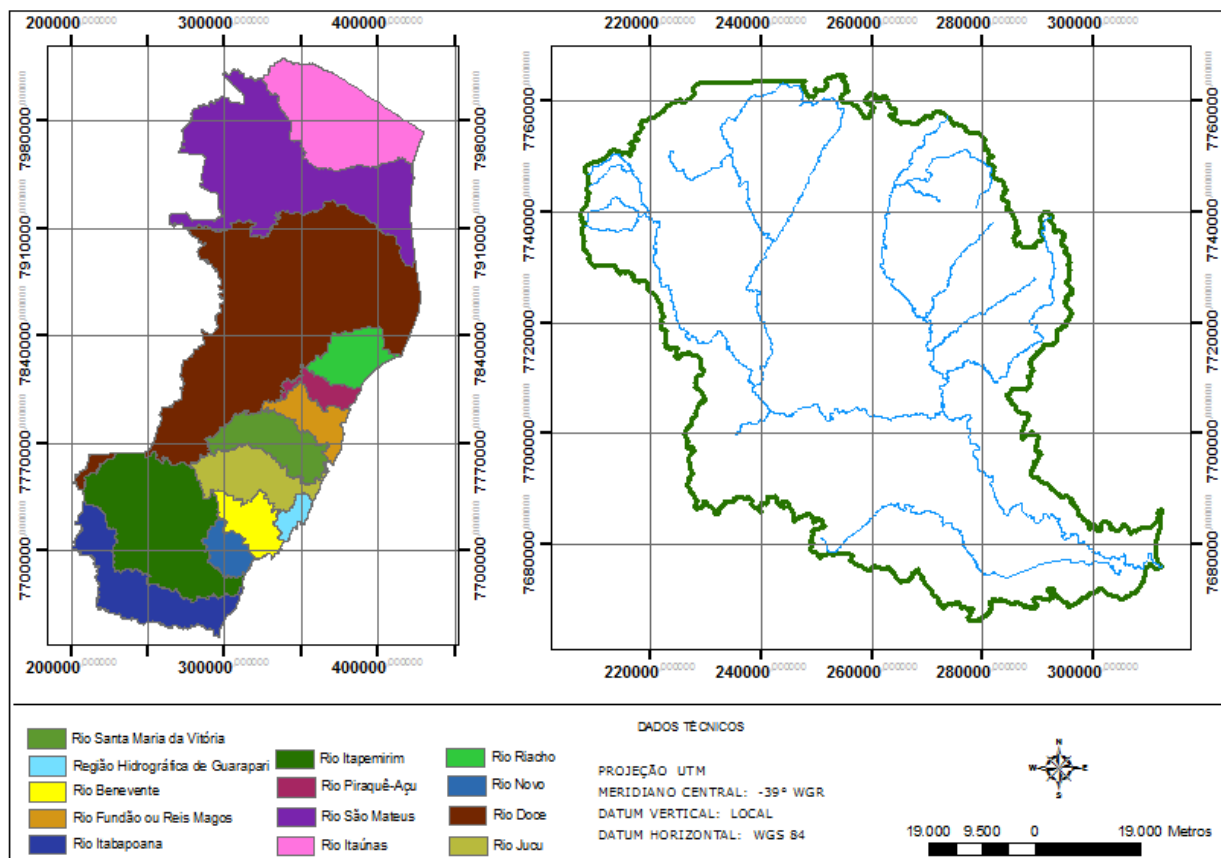


Figura 1. Regiões hidrográficas do estado do Espírito Santo, com destaque para a bacia do Rio Itapemirim

2.2 Informações hidrológicas

Os registros de vazão e de precipitação considerados no presente estudo foram obtidos a partir da base de dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas (ANA).

Foram estabelecidas curvas de permanência de vazões para as estações fluviométricas de Usina Fortaleza, Iúna, Terra Corrida-Montante, Itaiçi, Ibitirama, Rive, Castelo, Usina São Miguel e Coutinho. As coordenadas geográficas e código de identificação junto à base de dados da ANA das estações fluviométricas consideradas estão indicados na Tabela 1. O período-base adotado para a construção das referidas curvas foi aquele compreendido entre os anos de 1969 e 2005.

Tabela 1. Estações fluviométricas utilizadas no estudo

CÓDIGO	ESTAÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LATITUDE (°S)	LONGITUDE (°W)
57350000	Usina Fortaleza	-20 22 17	-41 24 25
57360000	Iúna	-20 21 08	-41 31 58
57370000	Terra Corrida-Montante	-20 25 49	-41 30 10
57400000	Itaici	-20 31 42	-41 30 41
57420000	Ibitirama	-20 32 26	-41 39 56
57450000	Rive	-20 44 49	-41 27 58
57490000	Castelo	-20 36 22	-41 11 59
57550000	Usina São Miguel	-20 42 09	-41 10 25
57555000	Coutinho	-20 45 30	-41 10 25

2.3 Variáveis independentes

A precipitação média de longo período e diferentes características fisiográficas (área de drenagem, declividade do rio principal, comprimento do rio principal, densidade de drenagem) constituíram as variáveis independentes empregadas no estudo. A apropriação das mesmas foi realizada por meio da manipulação dos mapas disponíveis nos dados do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES). Para a apropriação da precipitação média de longo período, foram consideradas estações pluviométricas instaladas e em funcionamento na bacia hidrográfica e rio Itapemirim e no seu entorno. Para a determinação das diferentes variáveis independentes, cujos valores estão reunidos na Tabela 2, utilizou-se o software ArcGIS.

Tabela 2. Características fisiográficas e precipitação média de longo período referentes às bacias de drenagem das estações fluviométricas consideradas no estudo

ESTAÇÃO	ÁREA (Km ²)	PERÍMETRO (km)	COMP. TOTAL DE CURSOS D'ÁGUA (km)	DECLIVIDADE MÉDIA (m/km)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm)
Usina Fortaleza	192	85,7	445,23	17,40	1378,3
Iúna	405	101,5	1.106,68	14,34	1361,2
Terra Corrida-Mont.	568	131,7	1.544,81	14,40	1358,0
Itaici	1015	174,1	2.617,35	16,19	1371,7
Ibitirama	337	110,1	997,62	17,46	1494,4
Rive	2193	297,2	5809,93	16,17	1421,0
Castelo	976	170,5	2.259,92	18,29	1414,0
Usina São Miguel	1458	227,1	3.388,60	17,70	1473,2
Coutinho	4576	405,5	11.519,78	16,31	1446,1

2.4 Obtenção das curvas de permanência de vazões

As curvas de permanência associadas às diferentes estações fluviométricas em operação na área de estudo foram obtidas a partir do procedimento descrito por Tucci (2002). Este procedimento já se encontra automatizado por meio do Sistema Computacional para Análise Hidrológica (SISCAH 1.0), programa de domínio público, produzido e disponibilizado pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa (GPRH/UFV). Estabelecidas as curvas de permanência, foram selecionadas as vazões associadas às permanências que variaram entre 50% (Q₅₀) e 95% (Q₉₅).

2.5 Métodos de regionalização

Neste trabalho, foram estabelecidas funções regionais para definição das curvas de permanência a partir dos métodos dos valores característicos e da curva exponencial. O primeiro é baseado no método tradicional (ELETROBRÁS, 1985), por meio do qual são ajustadas equações de regressão entre as vazões associadas a diferentes permanências (variáveis a serem regionalizadas) e as características fisiográficas e climatológicas da bacia de drenagem. O método da curva exponencial, sumariamente apresentado por Tucci (2002), consiste no ajuste de uma função exponencial (equação 01) para o ramo da curva entre as permanências (P) de 50% e 95%; por este método são estabelecidas funções regionais para a determinação dos valores de Q_{50} e Q_{95} , a partir dos quais são estimados os coeficientes da função exponencial regional (coeficiente a e b apropriados pelas equações (02) e (03)).

$$Q = e^{(a)} \quad (01)$$

$$a = - \frac{\ln}{t} \quad (02)$$

$$b = \ln(Q_{50}) - 0,1 \quad (03)$$

As análises de regressão necessárias à definição das funções regionais foram conduzidas com auxílio do programa computacional R. Para a avaliação do ajuste das funções estabelecidas a partir da análise de regressão foram considerados o coeficiente de correlação ajustado (R^2_a), a significância do teste F, do teste F parcial e do P-valor.

Conforme registrado por Naghettini (2007), em situações nas quais as variáveis explicativas são fortemente correlacionadas, podem ocorrer problemas na análise de regressão múltipla. Variáveis colineares não fornecem novas informações, dificultando a interpretação dos coeficientes obtidos na regressão uma vez que, em alguns casos, o sinal do coeficiente de regressão pode ser o oposto daquilo que é esperado. Para se evitar o efeito da colinearidade entre as variáveis independentes no modelo ajustado procedeu-se, com auxílio do Programa R, à apropriação do *Variance Inflation Factor*. O resultado deste teste estatístico indica que quanto mais próximo da unidade o valor do *Variance Inflation Factor* menos efeito de multicolinearidade há entre as variáveis independentes. Em contrapartida, quanto maior o valor do referido fator, mais pronunciado é o efeito de multicolinearidade entre as variáveis estudadas. De modo complementar, foram estabelecidas matrizes de correlação para avaliação da multicolinearidade.

3 RESULTADOS

A matriz de correlação entre a vazão com permanência de 95% (Q_{95}) e as variáveis independentes do processo de regionalização é apresentada na Tabela 3. Tabelas semelhantes foram estabelecidas para vazões associadas a outras permanências. A matriz de correlação evidencia que a vazão Q_{95} é altamente correlacionada com a área de drenagem (A), com o perímetro da bacia (P) e com o comprimento total dos cursos d'água (L).

Na tabela 3, destaca-se, em **negrito**, a forte correlação que as variáveis independentes área de drenagem, comprimento total dos cursos d'água e perímetro da bacia possuem com a vazão e, sublinhado, a forte multicolinearidade entre estas mesmas variáveis.

Tabela 3. Matriz de correlação entre a vazão e as características fisiográficas.

	Q ₉₅	Área de drenagem (A)	Declividade (I)	Precipitação média de longo período (PP)	Comprimento total dos cursos d'água (L)	Perímetro da bacia (P)
Q ₉₅	1	0.981	-0.090	0.284	0.990	0.972
Área de drenagem (A)		1	0.054	0.324	<u>0.996</u>	<u>0.990</u>
Declividade (I)			1	0.639	0.007	0.123
Precipitação média de longo período (PP)				1	0.332	0.389
Comprimento total dos cursos d'água (L)					1	<u>0.985</u>
Perímetro da bacia (P)						1

A Tabela 4 reúne todas as possíveis funções regionais associadas às vazões Q₅₀ e Q₉₅, apresentando em destaque aquelas que ofereceram melhores ajustes entre variáveis independentes e vazões. Estas vazões permitem a obtenção dos coeficientes da função regional estabelecida pelo Método da Curva Exponencial. Funções semelhantes foram obtidas para vazões com permanências entre 50% e 95%, conforme impõe o Método dos Valores Característicos.

Tabela 4. Equações regionais aplicáveis à regionalização da Q₉₀ na bacia do Itapemirim

Equação Regional	R ² _a	Teste F	Teste F parcial	P-valor (variável 1)	P-valor (variável 2)	P-valor (variável 3)
Q ₉₅ = 0.0196 x A ^{0.8174}	0.95	187.3	-	2.61 x 10 ^{-6***}	-	-
Q ₅₀ = 0.0374 x A ^{0.8435}	0.96	216.4	-	1.60 x 10 ^{-6***}	-	-
Q ₉₅ = 0.0016 x P ^{1.552}	0.93	123.1	-	1.07 x 10 ^{-5***}	-	-
Q ₅₀ = 0.0027 x P ^{1.612}	0.96	236.1	-	1.19 x 10 ^{-6***}	-	-
Q ₉₅ = 0.0078 x L ^{0.8244}	0.97	361.9	-	2.75 x 10 ^{-7***}	-	-
Q ₅₀ = 0.0148 x L ^{0.8604}	0.98	450.2	-	1.30 x 10 ^{-7***}	-	-
Q ₉₅ = 52.2845 x I ^{-0.8555}	-0.13	0.05737	-	0.8176	-	-
Q ₅₀ = 5.1059 x I ^{0.2745}	-0.14	0.00553	-	0.9428	-	-
Q ₉₅ = 5.17 x 10 ⁻²¹ x PP ^{6.656}	-0.05	0.6143	-	0.4589	-	-
Q ₅₀ = 2.53 x 10 ⁻²⁹ x PP ^{9.409}	0.03	1.256	-	0.2994	-	-
Q ₉₅ = 0.8431 x A ^{0.8238} x I ^{-1.3641}	0.97	191.7	8.01	1.22 x 10 ^{-6***}	0.0299*	-
Q ₅₀ = 0.07417 x A ^{0.8447} x I ^{-0.2469}	0.95	94.71	0.13	9.16 x 10 ^{-6***}	0.7362	-
Q ₉₅ = 12.4759 x A ^{0.8277} x PP ^{0.9014}	0.95	83.48	0.23	1.32 x 10 ^{-5***}	0.6492	-
Q ₅₀ = 4.22 x 10 ⁻⁸ x A ^{0.8215} x PP ^{1.9087}	0.96	113.6	1.31	5.47 x 10 ^{-6***}	0.2967	-
Q ₉₅ = 0.3921 x P ^{1.594} x I ^{-2.023}	0.98	328.1	29.71	2.67 x 10 ^{-7***}	0.0016**	-
Q ₅₀ = 0.0334 x P ^{1.6377} x I ^{-0.9249}	0.97	147.3	2.65	2.57 x 10 ^{-6***}	0.1544	-
Q ₉₅ = 20.28 x 10 ⁻⁴ x P ^{1.621} x PP ^{2.614}	0.94	66.36	1.47	2.65 x 10 ^{-5***}	0.2718	-
Q ₅₀ = 0.0007 x P ^{1.6137} x PP ^{0.1815}	0.96	101.4	0.01	7.50 x 10 ^{-6***}	0.9235	-
Q ₉₅ = 0.1049 x L ^{0.8348} x I ^{-0.9264}	0.98	314.7	6.03	2.71 x 10 ^{-7***}	0.0491*	-
Q ₅₀ = 0.0084 x L ^{0.8603} x I ^{0.2015}	0.98	198.5	0.17	1.03 x 10 ^{-6***}	0.6932	-
Q ₉₅ = 41.9215 x L ^{0.8485} x PP ^{1.1978}	0.97	177.2	0.83	1.46 x 10 ^{-6***}	0.3954	-
Q ₅₀ = 1.31 x 10 ⁻⁷ x L ^{0.841} x PP ^{1.625}	0.98	263.1	2.16	4.55 x 10 ^{-7***}	0.1931	-
Q ₉₅ = 2.09 x 10 ⁻³⁷ x I ^{-4.362} x PP ^{13.543}	-0.05	0.7765	-	0.8126	0.2678	-
Q ₉₅ = 4.61 x 10 ⁻⁴³ x I ^{-3.656} x PP ^{15.182}	-0.02	0.9213	-	0.9398	0.2242	-
Q ₉₅ = 6.02 x 10 ⁻⁸ x A ^{0.7976} x I ^{-2.0056} x PP ^{2.5404}	0.98	174.7	-	3.16 x 10 ^{-6***}	0.0214*	0.1360

$Q_{50} = 1.95 \times 10^{-13} \times A^{0.8022} \times I^{-1.2865} \times PP^{4.1164}$	0.97	102.9	-	$1.13 \times 10^{-5***}$	0.6735	0.0840
$Q_{95} = 2.52 \times 10^{-5} \times P^{1.562} \times I^{-2.386} \times PP^{1.493}$	0.98	234.5	-	$1.60 \times 10^{-6***}$	0.0025**	0.2869
$Q_{50} = 9.16 \times 10^{-11} \times P^{1.572} \times I^{-1.667} \times PP^{3.051}$	0.98	136.4	-	$5.69 \times 10^{-6***}$	0.1141	0.1305
$Q_{95} = 0.0005 \times L^{0.8253} \times I^{-1.1352} \times PP^{0.8097}$	0.98	186.3	-	$2.58 \times 10^{-6***}$	0.0682	0.5929
$Q_{50} = 2.52 \times 10^{-5} \times L^{0.8328} \times I^{-0.4002} \times PP^{2.3330}$	0.98	159.2	-	$3.77 \times 10^{-6***}$	0.6695	0.1996

Legenda: (***) nível de significância de 0,1%; (**) nível de significância de 1%; (*) nível de significância de 5%; (.) nível de significância de 10%.

Naghetini e Pinto (2007) discutem a aplicação do teste F para verificação da existência de uma relação significativa entre a variável dependente e as variáveis independentes ou explicativas. A estatística do teste é a relação entre a variância decorrente da regressão linear múltipla e a variância dos resíduos. A avaliação do resultado deste teste é realizada comparando-o com valores tabelados para dado nível de significância e graus de liberdade. Como exemplo, o modelo ajustado para a vazão Q_{50} em que figuram a área de drenagem e a declividade como variáveis independentes, é significativo pois a estatística do teste ($F = 94,71$, conforme Tabela 4) é maior que o valor de referência para um nível de significância de 5 % (5,1433). Desta forma altos valores resultantes da aplicação do teste demonstram relevante significância do modelo.

De modo complementar, Naghetini e Pinto (2007) sugerem a avaliação da importância da inclusão de uma nova variável ao modelo por meio da aplicação do teste F parcial. A essência deste teste estatístico está em permitir avaliar, por exemplo, se a incorporação de uma variável independente ao modelo com apenas uma variável o torna melhor ajustado. A avaliação da significância do resultado teste é realizada comparando-o com valores tabelados para dado nível de significância e graus de liberdade. Como exemplo, para o mesmo modelo ajustado da vazão Q_{50} em que figuram a área de drenagem e a declividade como variáveis independentes, a avaliação do teste F parcial para a variável declividade ($F = 0,13$, conforme Tabela 4) não é significativo, uma vez que seu valor apresenta-se inferior ao tabelado para o nível de significância e graus de liberdade considerados (5,1433).

Ainda, para avaliar se as diferentes variáveis dos modelos possuem significância, aplica-se a análise de variância para verificação do resultado do P-valor referente a cada uma das variáveis incorporadas. O modelo escolhido deve possuir todas as variáveis significativas. Para isto é assumido que o P-valor de cada variável deve ser inferior ao nível de 5 % de significância (p-valor <0.05). Na Tabela 4 estão indicados os P-valores para cada variável dos modelos ajustados.

A partir da simples inspeção da Tabela 4 observa-se que, para a regionalização da Q_{95} , maior significância é conferida à variável comprimento total dos cursos d'água (L) dentre aquelas utilizadas isoladamente para a conformação da função regional. Em contrapartida, quando combinam-se as variáveis duas a duas, o melhor ajuste ocorre entre as variáveis *perímetro* (P) e *declividade* (I) ao nível de significância de 5 %. No entanto, o bom ajuste desta combinação é reduzido na medida em que são estabelecidas funções regionais para vazões associadas a outras permanências (vazões entre Q_{50} e Q_{90})

Adicionalmente é possível observar que a incorporação de uma terceira variável ao modelo de regressão não produz melhorias significativas à explicação do fenômeno.

É relevante observar, no entanto, que a maior significância da variável comprimento dos cursos d'água deve ser analisada com parcimônia, uma vez que a sua determinação pode demandar esforço maior que àquele associado à obtenção da área de drenagem, variável independente facilmente apropriada e constante de função regional que também apresentou bons resultados.

A Figura 2 representa graficamente, para a estação fluviométrica Coutinho, a curva de permanência obtida a partir dos registros de vazões médias diárias e as curvas de permanência obtidas pelos métodos dos valores característicos e da curva exponencial. Curvas semelhantes

foram obtidas para as demais estações fluviométricas consideradas neste estudo. É relevante observar que os referidos métodos apresentaram respostas semelhantes, independentemente da estação fluviométrica analisada.

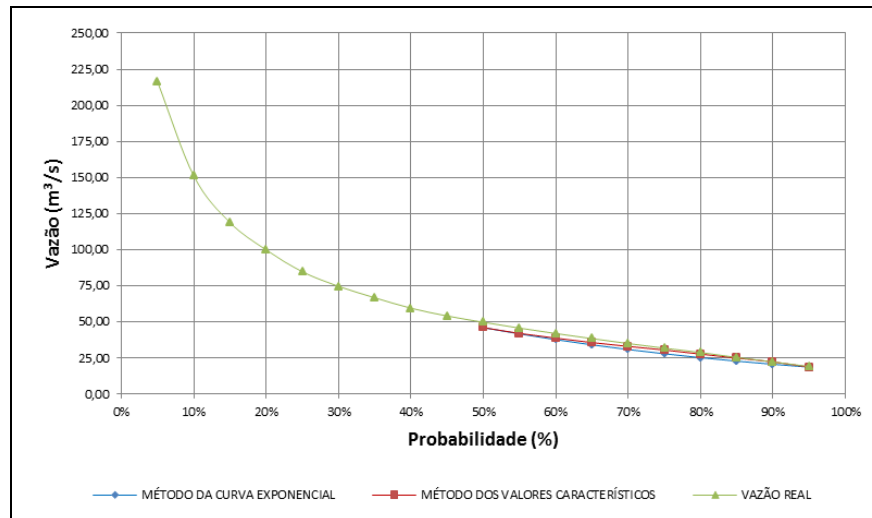


Figura 2. Curvas de permanência real e estimadas por funções regionais para a estação fluviométrica de Coutinho

4 CONCLUSÃO

Não foram observadas diferenças significativas na obtenção de funções regionais para a curva de permanência na bacia do Itapemirim quando da aplicação dos métodos dos valores característicos e da curva exponencial.

A função regional na qual o comprimento dos cursos d'água figurava como única variável explicativa foi a que apresentou melhores respostas, quando observados os resultados dos testes estatísticos considerados neste estudo. Esta conclusão, no entanto, somente se conserva válida se considerada a escala do mapa de hidrografia empregado no presente estudo.

Em função da facilidade de apropriação das áreas de drenagem, a função regional que a empregou como variável explicativa, ainda que não tenha apresentado o melhor desempenho a partir dos critérios estatísticos empregado neste estudo, apresentou-se como viável para regionalização das curvas de permanência.

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. M. *Regionalização de vazões médias de longo período e de volumes de reservatório de regularização*. 2010. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.
- BAENA, L. G. N. *et al.* (2004) Espacialização da $Q_{7,10}$, $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$ visando à gestão dos recursos hídricos: estudo de caso para a bacia do rio Paraíba do sul. *Engenharia na Agricultura*, v.12, pp 24-31.
- CATALUNHA, M. J. *Sistema integrado em rede para gestão do uso múltiplo da água e regionalização da $Q_{7,10}$ para os períodos mensal, bimestral, trimestral e anual*. 2004. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2004.
- ELETOBRÁS CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A (1985). *Metodologia para regionalização de vazões*. Rio de Janeiro, 440 p.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A (2007). *Hidrologia Estatística*. CPRM Belo Horizonte, 552 p.
- TUCCI, C. E. M (2002). *Regionalização de Vazões*. Editora Universidade/UFRGS, 256 p.