

**LUIZ GUSTAVO NASCENTES BAENA**

**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**

Tese apresentada à **Universidade  
Federal de Viçosa**, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Agrícola, para obtenção do  
título de “**Magister Scientiae**”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2002

**LUIZ GUSTAVO NASCENTES BAENA**

**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**

Tese apresentada à **Universidade  
Federal de Viçosa**, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Agrícola, para obtenção do  
título de “**Magister Scientiae**”.

APROVADA: 13 de agosto de 2002.

---

Prof. Daniel Fonseca de Carvalho

---

Prof. Márcio Mota Ramos

---

Prof. Fernando Falco Pruski  
(Conselheiro)

---

Prof. Maria Lúcia Calijuri  
(Conselheiro)

---

Prof. Demetrius David da Silva  
(Orientador)

A Deus,

pela vida, com saúde e paz, necessárias para a realização deste trabalho.

A minha família,

pela força e incentivo incessantes.

Em especial a meus pais queridos, Luiz Reinaldo e Adelina,  
exemplos de vida a serem seguidos.

Dedico.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por me dar saúde, esperança, alegria e humildade, qualidades indispensáveis para caminhar na direção certa.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar este curso.

À CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

À Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e à Agência Nacional de Águas – ANA, pelo fornecimento dos dados necessários à realização do estudo.

Ao Professor Demetrius David da Silva, pela amizade, incentivo e conselhos, pelo apoio profissional e, acima de tudo, pela excelente orientação desde a época da graduação.

Ao Professor Fernando Falco Pruski pela amizade, atenção, orientação e confiança demonstradas durante a realização deste trabalho.

À Professora Maria Lúcia Calijuri, pelos conselhos, atenção e orientação demonstrados ao longo do curso.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo suporte e dedicação.

Aos meus irmãos Daniel, Ana Carolina e Ana Paula, pelo carinho e pela força transmitidos em todos os momentos, apesar da distância sempre sentida.

Aos meus avós, pelo carinho e orações.

A todos os meus tios e primos, em especial a minha tia Wania e meu tio Marcos, pelo carinho, incentivo e força transmitidos.

Aos amigos Willian e Eduardo, pelo convívio e ajuda nas intermináveis horas que passamos na mesa digitalizadora.

Aos grandes amigos e companheiros de república, Alisson (Sumido), Givanildo (Giva), Juliano (Jubão), Luís Tomás, Tiago (Fião), Marco Fábio, Rodrigo (Suaio), Carlos, Leozinho e Leandro.

Aos grandes amigos da turma dos Tranqueiras, pelos grandes momentos que jamais voltarão.

Ao pessoal do GPRH, Adriano, Alessandro, Café, Flávio, José Márcio, Luciano, Márcio, Nori, Ricardo, Roberto, Sílvio, Tomás e Viviane, pela amizade, convivência e conselhos.

A todos os demais amigos, professores e funcionários que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

## **BIOGRAFIA**

LUIZ GUSTAVO NASCENTES BAENA, filho de Luiz Reinaldo Baena e Adelina Maria Nascentes Baena, nasceu em Brasília - DF, em 26 de julho de 1977.

Em outubro de 2000, concluiu o curso de graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Em novembro de 2000 iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na área de Irrigação e Drenagem, na Universidade Federal de Viçosa - UFV.

## ÍNDICE

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Variáveis e funções hidrológicas de interesse para a regionalização hidrológica.....	5
2.1.1. Vazão máxima.....	5
2.1.2. Vazão mínima.....	5
2.1.3. Vazão média.....	6
2.1.4. Curva de Permanência.....	7
2.1.5. Curva de Regularização.....	7
2.2. Características físicas e climáticas utilizadas na regionalização hidrológica.....	8
2.2.1. Características físicas.....	8
2.2.2. Características climáticas.....	12

2.3. Uso de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) na regionalização hidrológica.....	13
2.4. Regionalização hidrológica.....	16
2.4.1. Identificação de regiões hidrologicamente homogêneas.....	16
2.4.2. Distribuições de probabilidade aplicadas a eventos extremos...	17
2.4.3. Equações de regressão entre as diferentes variáveis regionalizadas e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem.....	19
3. METODOLOGIA.....	21
3.1. Características da região em estudo.....	21
3.2.Obtenção do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente.....	23
3.2.1. Amostragem.....	23
3.2.2. Pré-processamento dos dados digitais de elevação e drenagem.....	25
3.2.3. Geração do modelo digital de elevação (MDE).....	26
3.2.4. Pós-processamento para geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC).....	26
3.2.5. Validação do MDEHC.....	27
3.3. Seleção e análise dos dados básicos para a regionalização de vazões.....	28
3.4. Extração das características físicas da bacia com base no MDEHC.....	37
3.5. Determinação das características de precipitação média de cada bacia.....	38
3.6. Preenchimento de falhas.....	39
3.7. Identificação das regiões hidrologicamente homogêneas.....	40
3.8. Regionalização de vazões máxima, mínima e média de longo período.....	41
3.9. Regionalização da curva de permanência.....	47
3.10. Regionalização da curva de regularização.....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1. Modelo digital de elevação hidrologicamente consistente.....	51

4.2. Características físicas e de precipitação média pluvial da bacia.....	56
4.3. Preenchimento de falhas e extensão de séries.....	59
4.4. Identificação das regiões hidrologicamente homogêneas.....	59
4.5. Regionalização de vazões máximas.....	69
4.6. Regionalização de vazões mínimas.....	75
4.7. Regionalização da vazão média de longo período.....	81
4.8. Regionalização da curva de permanência.....	81
4.9. Regionalização da curva de regularização.....	84
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	88
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
APÊNDICES.....	96
APÊNDICE A.....	97
APÊNDICE B.....	98
APÊNDICE C.....	104
APÊNDICE D.....	105
APÊNDICE E.....	109
APÊNDICE F.....	120
APÊNDICE G.....	126
APÊNDICE H.....	130
APÊNDICE I.....	131
APÊNDICE I.....	131
APÊNDICE J.....	134

## RESUMO

BAENA, Luiz Gustavo Nascentes. M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2002. **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.** Orientador: Demetrius David da Silva. Conselheiros: Fernando Falco Pruski e Maria Lúcia Calijuri.

No presente trabalho foi realizada a regionalização de vazões máxima, mínima e média de longo período e das curvas de permanência e de regularização para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Volta Redonda, a partir de um modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) gerado com o objetivo de aumentar a confiabilidade do estudo e de facilitar a sua posterior utilização quando da automatização do processo de determinação das características físicas das bacias de drenagem associadas aos diferentes locais de interesse. As características físicas utilizadas na regionalização foram a área de drenagem ( $A$ ), o comprimento do rio principal ( $L$ ), a densidade de drenagem ( $Dd$ ), a declividade média da bacia ( $S_m$ ) e a declividade média do rio principal ( $S_{rp}$ ). Foram também utilizadas diversas características de precipitação média (total anual, semestre e trimestre mais chuvosos, semestre e trimestre mais secos, mês mais chuvoso e máxima diária anual). O estabelecimento das regiões hidrologicamente homogêneas, para fins de regionalização, foi feito pelo coeficiente de determinação, obtido por ocasião da aplicação da regressão múltipla das vazões com as características físicas e das condições climáticas das sub-bacias. Os modelos probabilísticos de distribuição de eventos extremos ajustados para as séries de vazões máximas (valores máximos diários anuais) e mínimas (valores

mínimos anuais com sete dias de duração) foram: Gumbel, Log-Normal a dois e três parâmetros, Pearson III, Log-Pearson III e Weibull. Após a identificação do modelo probabilístico com melhor ajuste aos dados foram obtidas, para cada estação fluviométrica, as vazões máximas previstas para os períodos de retorno de 2, 10, 20, 50 e 100 anos e mínimas para 2, 5, 10, 20 e 50 anos. De posse dos dados de vazões máxima, mínima e média de longo período e das características físicas e de precipitação correspondentes às áreas de drenagem das diferentes estações fluviométricas pertencentes a uma mesma região homogênea, aplicou-se a regressão múltipla à vazão média de longo período e às vazões específicas máximas e mínimas associadas aos períodos de retorno estudados, com base na função matemática  $Q = F(A, L, Dd, S_m, S_{rp}, P)$ . Os melhores modelos resultantes da aplicação da regressão múltipla foram selecionados observando-se: maiores valores do coeficiente de determinação ajustado, menores valores de erro padrão fatorial, resultados significativos pelo teste F e menor número de variáveis independentes. Foram também estabelecidas as equações de regressão para as vazões com 50, 75, 80, 90 e 95% de permanência no tempo e para as vazões regularizadas correspondentes a 60; 70; 80; 90 e 100% da vazão média de longo período. O modelo digital de elevação mostrou-se hidrológicamente consistente, possibilitando assim a determinação automática das características físicas da bacia e permitindo a aplicação dos resultados da regionalização de forma mais fácil e rápida pelos diferentes usuários. Foram identificadas quatro regiões homogêneas para a área em estudo, sendo as distribuições Log-Normal a dois parâmetros (região I) e Pearson III (demais regiões) selecionadas para a representação das séries de vazões máximas e Log-Normal a três parâmetros para vazões mínimas. A área de drenagem e o comprimento do curso d'água principal caracterizaram-se como as variáveis mais expressivas para a representação das diversas variáveis e funções regionalizadas, à exceção da regionalização da curva de permanência, na qual a densidade de drenagem substituiu o comprimento do rio principal. Foram também utilizadas diversas outras variáveis explicativas como, por exemplo, a declividade média para as vazões máximas, a densidade de drenagem e a precipitação do semestre mais seco para vazões mínimas e a precipitação total anual para a vazão média de longo período e para a curva de regularização, na qual também foi utilizada a densidade de drenagem.

## ABSTRACT

BAENA, Luiz Gustavo Nascentes. M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2002.

**Regionalization of the stream-flow for the South Paraíba Watershed, above Volta Redonda city, using a hidrologically consistent digital elevation model.**

Adviser: Demetrius David of Silva. Committee Members: Fernando Falco Pruski and Maria Lúcia Calijuri.

The main objective of the present work was the regionalization of the maximum, minimum and long-term mean stream-flows for the South Paraíba watershed above Volta Redonda city, using a hidrologically consistent digital elevation model (HCDEM), generated to increase the reliability of the study and to facilitate its subsequent use automatizing the process of determination of the physical characteristics of the drainage basins associated to the different interest places. The duration and regularization curves also were regionalized. The physical characteristics used in the regionalization were the drainage area (A), the length of the main river (L), the drainage density (Dd), the mean slope of the watershed (Sm) and the mean slope of the main river (Srp). Several other rainfall characteristics were also used. The hidrologically homogeneous areas were obtained using the determination coefficient of the multiple regression among the stream-flow and the watershed physical and climatic characteristics. The adjusted probability models of extreme events distributions for the maximum (annual daily maximum values) and minimum (annual minimum with seven days of duration values) stream-flow series were: Gumbel, Log-normal with two and three parameters, Pearson III, Log-Pearson III and Weibull. After to identificate the best

probability model for the historical series, it was used to calculate the maximum stream-flow for the return periods of 2, 10, 20, 50 and 100 years. The minimum stream-flow for 2, 5, 10, 20 and 50 years were also obtained for each water-level-control station. After obtaining the maximum, minimum and mean stream-flow and the physical and the climatic characteristics correspondent to the drainage area of each water-level-control station related with the same homogeneous area, the regression equations were applied to the long-term mean stream-flow and the maximum and minimum specific stream-flows associated to the return periods studied, using the mathematical function  $Q = F(A, L, Dd, Sm, Srp, P)$ . The best models were selected considering: higher values of the adjusted determination coefficient, smaller values of factorial standard errors, significant results for the F test and smaller number of independent variables. Regression equations for durations of 50, 75, 80, 90 and 95% stream-flows and for the regularized stream-flows corresponding to 60; 70; 80; 90 and 100% of the long-term mean stream-flow were also established. The digital elevation model was shown hydrologically consistent, making possible the automatization of the process to estimate the physical characteristics, which allows the application of the equations in an easier and faster way. Four hydrologically homogeneous areas were identified for the studied area. The Log-normal with two parameters distribution (area I) and Pearson III (other areas) distributions were selected for the representation of the maximum stream-flow and Log-normal with three parameters for the minimum stream-flow. The drainage area and the length of the main river were characterized as the most expressive variables for the representation of the several variables and functions regionalized, except in the regionalization of the duration curve where the drainage density substituted the length of the main river. Other physical characteristics were used like the mean slope for the maximum stream-flow, the drainage density and the driest six consecutive months precipitation for minimum stream-flow and the annual precipitation for the long-term mean stream-flow and for the regularization curve, in which also the drainage density was used.

## 1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento adequado dos recursos hídricos requer o uso de técnicas de planejamento que dependem de estimativas confiáveis das probabilidades associadas a certas variáveis hidrológicas. As estimativas mais importantes estão relacionadas com os valores extremos de precipitação e de vazão. A estimativa incorreta desses valores pode resultar no dimensionamento e manejo inadequados de obras hidráulicas (barragens, obras de proteção contra enchentes, entre outras) e de sistemas para a redução da erosão hídrica.

Um dos maiores desafios em hidrologia é o de conhecer adequadamente o comportamento dos processos hidrológicos, entretanto a caracterização destes geralmente fica restrita a um caráter qualitativo, o que impede o adequado gerenciamento dos recursos hídricos, que requer também informações de caráter quantitativo.

A modelagem dos processos hidrológicos depende da observação e análise das variáveis hidrológicas que os caracterizam. Estas variáveis possuem comportamento estocástico e necessitam de amostras representativas para uma estimativa confiável. O melhor entendimento do comportamento estocástico de uma ou mais variáveis que representam um sistema hídrico depende, em última análise, das informações observadas neste sistema. Nenhum modelo, técnica matemática ou estatística é capaz de criar informações; estas técnicas podem ser utilizadas apenas com o propósito de explorar melhor as informações existentes. A falta de informações é uma séria limitação para o adequado entendimento do comportamento de um sistema hídrico.

Segundo IBIAPINA et al. (1999), para o gerenciamento adequado do potencial hídrico disponível no Brasil é fundamental conhecer o comportamento dos rios, seus regimes de variação de vazões, assim como os regimes pluviométricos das diversas bacias hidrográficas, considerando as suas distribuições espaciais e temporais. Para isso é necessário um trabalho permanente de coleta e interpretação de dados, cuja confiabilidade torna-se maior à medida que as séries históricas ficam mais extensas, envolvendo eventos de cheias e de secas.

A variabilidade das condições hidrológicas é decorrente da interação de vários fatores, como: condições climáticas de precipitação, evapotranspiração, radiação solar, entre outros; relevo; geologia, geomorfologia e solos; cobertura vegetal e uso do solo; e ações antrópicas sobre a rede de drenagem. Este conjunto grande de elementos que influenciam as variáveis hidrológicas transforma a estimativa de seus valores num problema muito complexo.

Os dados hidrológicos são medidos em locais definidos, como em um pluviômetro ou em uma seção transversal de um rio. O primeiro permite mensurar a precipitação em um local, visando a representação de um processo com grande variação espacial, enquanto as medições de vazão permitem a integração espacial do escoamento na bacia hidrográfica.

Uma rede hidrométrica, composta de postos pluviométricos e fluviométricos, dificilmente cobre todos os locais de interesse necessários ao gerenciamento dos recursos hídricos de uma região. Sempre existirão lacunas temporais e espaciais que precisarão ser preenchidas com base em metodologias apropriadas. TUCCI (1997) afirma que devido aos altos custos de implantação, operação e manutenção de uma rede hidrométrica, torna-se importante a otimização das informações disponíveis.

Segundo PINTO et al. (1976), a existência de postos hidrométricos reflete, de certa forma, a extensão do aproveitamento dos recursos hídricos de um país. O Brasil, com cerca de um posto hidrométrico para cada 4.000 km<sup>2</sup> de superfície, tem praticamente a mesma densidade de postos que a União Soviética e o México, mas a sua densidade é pequena quando comparada com os EUA, com cerca de um posto hidrométrico por 1.000 km<sup>2</sup>, e a França, com um por 800 km<sup>2</sup>.

Para suprir a deficiência da rede hidrométrica no Brasil, uma técnica que tem sido utilizada com resultados satisfatórios é a regionalização hidrológica (ELETROBRÁS, 1985). De acordo com FILL (1987), em sentido amplo, entende-se por regionalização hidrológica qualquer processo de transferência de informações das

estações pluviométricas e fluviométricas para outros locais, em geral sem observações. Essa transferência pode abranger diretamente as séries de vazões e, ou, precipitações, ou até mesmo determinados parâmetros estatísticos relevantes, tais como: média, variância, máximos e mínimos ou, ainda, equações e parâmetros relacionados com estas estatísticas.

Atualmente a utilização da análise de frequência regional não se restringe apenas à necessidade de transferência espacial de variáveis hidrológicas, mas também à otimização da estimativa dos parâmetros de uma distribuição de probabilidade teórica, ao fornecimento de dados necessários ao processo de outorga do uso da água, à identificação de regiões com carência de postos de observação e à verificação da consistência das séries hidrológicas. Segundo PIRES (1994), uma das razões para se optar pela regionalização é o aumento considerável das informações, que passam a ter caráter regional, possibilitando uma redução do erro amostral.

Um dos benefícios dos estudos de regionalização é, portanto, o de indicar a necessidade de melhoria da rede hidrometeorológica, seja pela necessidade de instalação de novas estações ou relocação das existentes, além de fornecer um diagnóstico da qualidade dos dados em conjunto, funcionando como ferramenta de auxílio à análise de consistência dos dados.

Nos estudos de regionalização devem ser consideradas as características físicas e climáticas das bacias que mais interferem na distribuição espacial da vazão, e que sejam mais facilmente mensuráveis, porém a determinação destas variáveis para cada local de interesse limita consideravelmente a aplicação dos resultados de um estudo convencional de regionalização de vazões, pois se trata de um processo mecânico e trabalhoso. Uma das soluções para este problema é a automatização do processo de determinação destas variáveis explicativas, utilizando-se um modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC).

Tendo em vista a necessidade de regionalização de variáveis hidrológicas e de automatização do processo de determinação das variáveis explicativas usadas nas equações regionalizadas, desenvolveu-se o presente trabalho, que teve por objetivos:

- obter um modelo digital de elevação hidrologicamente consistente para a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a montante da cidade de Volta Redonda; e
- proceder à regionalização de vazões máxima, mínima e média de longo período e das curvas de permanência e de regularização para a bacia em estudo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A regionalização de vazões tem sido realizada com o objetivo de disponibilizar informações hidrológicas em locais sem dados ou com poucas informações disponíveis. O princípio da regionalização se baseia nas similaridades espaciais de algumas funções, variáveis e parâmetros que permitem a transferência de informações de uma região para outra.

A regionalização hidrológica é realizada nas seguintes situações:

a) quando uma variável, como a vazão de enchente, precipitação média, entre outras, é determinada numa região com base em relações estabelecidas através dos dados pontuais existentes.

b) quando uma função hidrológica, como a curva de permanência ou de duração, a curva de regularização, a curva de intensidade-duração-freqüência, entre outras, é determinada numa região com base em dados hidrológicos existentes.

c) quando os parâmetros de uma função ou modelo matemático são determinados pela sua relação com características físicas das bacias, a partir do ajuste de um modelo com base em dados observados em algumas bacias representativas.

A regionalização de vazões envolve as seguintes etapas:

- determinação dos limites da área a ser estudada;
- definição das variáveis dependentes e explicativas da regionalização;
- seleção dos dados das variáveis;
- definição das regiões homogêneas; e
- obtenção das relações regionais.

## **2.1. Variáveis e funções hidrológicas de interesse para a regionalização hidrológica**

### **2.1.1. Vazão máxima**

A vazão máxima é utilizada em estudos básicos para projetos de obras hidráulicas, tais como vertedores, canais, diques de proteção contra inundações, retificação e dragagem de cursos d'água, sistemas de drenagem, bueiros, galerias pluviais, pontes, etc. EUCLYDES et al. (2002) afirmam que a estimativa de vazões máximas associadas a um determinado risco de ocorrência é importante para a determinação de áreas sujeitas à inundação, sendo fundamental à adoção de medidas estruturais e não estruturais para controle ou atenuação do efeito das cheias, fornecendo, também, parâmetros necessários ao entendimento de problemas relacionados à erosão e depósito de material sólido carregado pelas águas.

Segundo TUCCI (1997) a vazão máxima pode ser estimada a curto ou longo prazos. A estimativa a curto prazo é feita por meio do acompanhamento de um evento resultante de uma precipitação em tempo real. A previsão a longo prazo é a previsão estatística da vazão máxima (diária ou instantânea) em qualquer ano. A vazão máxima está ligada a um determinado risco e pode ser obtida por uma distribuição de probabilidade. A regionalização da vazão máxima envolve a estimativa da curva de probabilidade para um local sem dados ou com dados escassos.

O objetivo da curva de probabilidade de vazões máximas é o de representar a relação entre a vazão extrema e a probabilidade de ocorrerem valores maiores ou iguais a esta vazão. A partir da análise das distribuições de probabilidade ajustáveis aos valores máximos de vazão, pode-se obter, para intervalos de tempo definidos, qual a enchente prevista, por exemplo, a cada dois anos, que é uma enchente típica de vazões que escoam acima do leito natural do rio, de modo a se estabelecer condições de convivência com estas enchentes.

### **2.1.2. Vazão mínima**

Em função do regime de variação de vazões de um curso d'água, em determinados períodos as vazões se reduzem a ponto de comprometer determinados usos, atingindo valores inferiores às necessidades da demanda, caracterizando as chamadas vazões de estiagem. Segundo esta interpretação, as vazões mínimas não são características exclusivas de uma série histórica, mas de uma necessidade para o uso dos recursos hídricos.

O conhecimento da vazão mínima e de sua distribuição temporal e espacial assume papel importante no planejamento regional em setores como geração de energia elétrica e navegação, bem como em projetos setoriais de abastecimento, regularização artificial, outorga de uso da água, qualidade de água, estudos de autodepuração, na diluição de efluentes em corpos d'água, entre outros. As vazões mínimas que ocorrem em época de estiagem são utilizadas nestes estudos dentro de uma das seguintes finalidades: análise, projeto, previsão ou estimativa, regulamentação legal, operação e planejamento.

Segundo TUCCI (2002), a vazão mínima é caracterizada por dois fatores: a sua magnitude e a sua duração. Na prática, pouca utilidade tem a vazão mínima instantânea, que deve ser muito próxima da vazão mínima diária. Normalmente, durações maiores, como sete ou 30 dias, apresentam maior interesse ao usuário, já que a seqüência de vazões baixas é que representa uma situação desfavorável para a demanda ou para as condições de conservação ambiental. A vazão mínima com sete dias de duração é utilizada, com freqüência, como indicador da disponibilidade hídrica natural dos cursos d'água. A principal vantagem do uso deste valor reside no fato de não sofrer tanta influência de erros operacionais e de intervenções humanas no curso d'água, e de ser mais minuciosa que a vazão mínima mensal.

A legislação relativa à outorga para utilização dos recursos hídricos superficiais em cursos d'água, em alguns Estados do Brasil, estabelece uma porcentagem da vazão mínima de sete dias de duração e 10 anos de período de retorno ( $Q_{7,10}$ ) como fluxo residual mínimo a ser mantido a jusante das derivações.

Em Minas Gerais, a deficiência de dados de vazão mínima tem comprometido o disciplinamento do uso de água. O uso de água nas bacias do rio Verde Grande e na do rio Salitre já gerou uma seqüência de conflitos entre irrigantes. Estes casos são os mais graves e servem de alerta para que o mesmo não aconteça em outras bacias, como as dos rios Pardo, Jequitinhonha, Paracatu e Carinhanha (A BRIGA...1991).

### **2.1.3. Vazão média**

A vazão média para um estudo de regionalização destinado a servir de base para o desenvolvimento de projetos de uso da água, tais como o abastecimento de água, a produção de energia elétrica, a irrigação, a navegação e outros usos, é a vazão média de longo período, definida como a média das vazões da série histórica disponível em um determinado local.

O conhecimento sobre a vazão média de longo período e suas variações sazonais permite estimar a disponibilidade hídrica da bacia. Essa vazão corresponde à máxima vazão possível de ser regularizada em qualquer curso d'água, abstraindo-se as perdas por evaporação e infiltração. Na prática, os limites de regularização correspondem a uma fração da vazão média de longo período.

#### **2.1.4. Curva de permanência**

Nem sempre o interesse do usuário de água está voltado para o conhecimento das vazões médias, máximas e mínimas. Muitas vezes, o interesse consiste em conhecer a amplitude de variação das vazões e, principalmente, a frequência com que cada valor de vazão ocorre numa determinada seção do curso d'água. A resposta para esta questão é obtida por intermédio da determinação da curva de permanência para uma seção específica do curso d'água, pois para cada vazão possível de ocorrência na seção associa-se a frequência (ou número de vezes) com que ela é excedida. A curva de permanência indica a porcentagem de tempo em que um determinado valor de vazão foi igualado ou ultrapassado durante um período de observações. Ela permite visualizar, de imediato, a potencialidade natural do curso d'água, destacando-se a vazão mínima e o grau de permanência para qualquer valor da vazão.

Segundo EUCLYDES et al. (2001b), além dos resultados diretos que fornece para o estudo do aproveitamento das disponibilidades do curso d'água, as curvas de permanência constituem um instrumento valioso de comparação entre as características distintas das bacias hidrográficas, colocando em evidência os efeitos do relevo, da vegetação e uso do solo e da precipitação, sobre a distribuição das vazões.

#### **2.1.5. Curva de regularização**

No escoamento da água nos leitos dos rios ocorre uma variação sazonal que freqüentemente impede o uso dessa água em determinadas épocas do ano. A regularização da vazão de um determinado curso d'água possibilita então que se uniformize a disponibilidade de água ao longo do ano, permitindo que se armazene o excesso da época chuvosa para posterior utilização na época da seca. A regularização de vazão por meio de reservatórios é uma prática utilizada para diferentes usos, tais como: abastecimento de água, irrigação, produção de energia elétrica, controle de enchentes, navegação e diluição de despejos.

A regularização da vazão depende de como a demanda será solicitada ao sistema fluvial. Na irrigação, a demanda somente é necessária em alguns meses do ano. No abastecimento de água a vazão é solicitada durante todo o ano, aumentando no verão. Para se estabelecer o volume de um reservatório é necessário conhecer a demanda e sua distribuição no tempo, no entanto, numa avaliação preliminar das condições de regularização de um rio, algumas premissas podem ser estabelecidas, tais como: demanda constante, evaporação desprezível e utilização de uma série de uma bacia próxima.

A regionalização da curva de regularização permite uma primeira estimativa da capacidade de regularização, utilizando vazões dos postos da região para melhor estimar esta relação no local sem dados. Este tipo de informação é importante para estudos de planejamento e na quantificação de projetos de pequena escala. Neste caso, ficam mantidas as limitações de uma demanda constante e o uso de uma estimativa da evaporação.

## **2.2. Características físicas e climáticas utilizadas na regionalização hidrológica**

### **2.2.1. Características físicas**

Um dos desafios básicos da análise hidrológica é o delineamento e caracterização morfométrica das bacias hidrográficas e da rede de drenagem associada. Tal informação é de utilidade em numerosas aplicações, tais como na modelagem dos processos hidrológicos, do transporte e deposição de poluentes químicos e na predição de inundações (WANG e YIN, 1998; THIERFELDER, 1998; CEBALLOS e SCHNABEL, 1998).

Nos estudos de regionalização devem ser consideradas as características físicas e climáticas das bacias que mais explicam a distribuição da vazão e que sejam mais facilmente mensuráveis. CARONI et al. (1982) e TUCCI et al. (1983) comentam que, normalmente, são usadas como características físicas a área da bacia, o comprimento do curso d'água principal e a densidade de drenagem e como característica climática a precipitação. MAIONE (1977) inclui, além dessas variáveis, o tempo de concentração e a altitude média da bacia. Na definição das características físicas utilizadas no estudo de regionalização deve-se levar em conta que a característica deve ser representativa dos fenômenos que se deseja representar.

No estudo de regionalização, as características físicas e climáticas devem ser determinadas para a área de drenagem a montante de cada uma das estações fluviométricas existentes na bacia. Estas áreas de drenagem de cada estação são comumente chamadas de bacias, podendo a delimitação das mesmas ser realizada manualmente ou automaticamente com a utilização de sistemas de informações geográficas (SIGs). Após esta delimitação são efetuadas as determinações das variáveis explicativas (características físicas e climáticas) a serem usadas na regionalização.

Segundo VIESSMAN et al. (1972) e GARCEZ e ALVAREZ (1988), a área de drenagem (A) é a área plana delimitada pelo divisor de águas, constituindo-se numa das principais variáveis explicativas na quase totalidade dos estudos de regionalização de vazões, em função da sua influência na potencialidade hídrica da bacia hidrográfica. O processo de individualização da área de uma bacia segue as regras conhecidas em hidrologia, onde o traçado dos contornos é realizado unindo os pontos de máxima cota entre sub-bacias, atravessando o curso d'água somente no ponto de saída. Os divisores de água topográficos separam as precipitações que caem em bacias hidrográficas vizinhas.

Outra característica física usada na regionalização hidrológica é o comprimento do rio principal da bacia hidrográfica (L), definido como sendo aquele que drena a maior área no interior da bacia.

A densidade de drenagem (Dd) é o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água, sejam eles perenes, intermitentes ou efêmeros, e a área total da bacia, conforme a equação

$$Dd = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{A} \quad (1)$$

em que

$L_i$  = comprimento do segmento  $i$ ;

A = área total da bacia; e

N = número total de segmentos da bacia.

Segundo VILLELA e MATTOS (1975), este índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup> para bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km<sup>2</sup> ou mais para bacias bem drenadas. Entretanto,

em estudos realizados no Estado de Minas Gerais nas sub-bacias do rio Verde Grande este índice variou de 0,36 a 0,50 km/km<sup>2</sup> (EUCLYDES et al., 1994a); nas sub-bacias do rio Paracatu de 0,17 a 0,57 km/km<sup>2</sup> (EUCLYDES et al., 1997), nas sub-bacias do rio Pardo de 0,45 a 0,46, nas sub-bacias do rio Jequitinhonha de 0,42 a 0,70 km/km<sup>2</sup> (EUCLYDES et al., 1994b) e nas sub-bacias do rio Doce de 0,42 a 0,73 km/km<sup>2</sup> (EUCLYDES et al., 1996). Já SANTOS (2001), em estudo hidrológico na área de drenagem do córrego da Posse, pertencente à bacia do rio Doce, encontrou uma densidade de drenagem de 4,82 km/km<sup>2</sup>. Vale ressaltar que o estudo realizado por EUCLYDES et al. (1996) para toda a bacia do rio Doce foi realizado com base em mapas na escala de 1:250.000 enquanto SANTOS (2001) utilizou a escala de 1:50.000, demonstrando que este índice varia muito conforme a escala utilizada no estudo.

A declividade média da bacia ( $S_m$ ) controla, em parte, a velocidade do escoamento superficial, afetando assim o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais da rede de drenagem da bacia, afetando principalmente os valores de enchentes máximas. A magnitude dos picos de enchente e a maior ou menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia. Em função destes fatos a declividade média é muitas vezes usada como variável explicativa principalmente na regionalização de vazões máximas. Com o auxílio do geoprocessamento pode-se automatizar o processo de obtenção da declividade média quando se possui um modelo digital de elevação do terreno, no qual se tem para cada célula, ou quadrícula, um valor de declividade.

A água da precipitação concentra-se nos leitos fluviais depois de escoar superficial e subterraneamente pelos terrenos da bacia e é conduzida em direção à desembocadura. A velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Assim, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e bem mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes, sendo, portanto, a declividade média do rio principal ( $S_{rp}$ ) uma importante variável explicativa para o comportamento das vazões máximas.

A principal limitação para a determinação da  $S_{rp}$  é que nem sempre se dispõe de um mapa em escala adequada para determinação da topografia, principalmente quando a bacia é muito plana. Quando a topografia é obtida de maneira adequada a declividade pode ser determinada dividindo-se o comprimento do rio principal em vários trechos, com base na equação

$$S_{rp} = \frac{\sum_{i=1}^N l_i \cdot S_i}{L} \quad (2)$$

em que

$l_i$  = comprimento do trecho  $i$  considerado;

$S_i$  = declividade do trecho  $i$ ;

$L$  = comprimento total do rio; e

$N$  = número de sub-trechos no qual foi subdividido o rio.

Um método mais simples de determinação da declividade é o que utiliza as altitudes a 10% e 85% do comprimento do rio principal (medido da nascente em direção à foz). Nesse caso a declividade é expressa por

$$S_{rp} = \frac{H(0,10L) - H(0,85L)}{0,75L} \quad (3)$$

em que

$H(0,10L)$  = cota a 10% do comprimento do rio no sentido da nascente em direção à foz; e

$H(0,85L)$  = cota a 85% do comprimento ( $L$ ) do rio principal no mesmo sentido.

Um outro procedimento para a obtenção da  $S_{rp}$  é por intermédio do conceito de declividade equivalente constante, ou seja, obtém-se uma declividade constante para um curso d'água hipotético, de tal forma que o tempo de percurso da água seria equivalente ao tempo necessário para percorrer o perfil acidentado natural do curso d'água. Partindo da fórmula de Chézy-Manning, que aponta o tempo como uma função do inverso da raiz quadrada da declividade, pode-se chegar à seguinte equação para o cálculo da declividade equivalente constante:

$$S_{rp} = \left( \frac{L}{\sum (l_j \cdot I_j^{-0,5})} \right)^2 \quad (4)$$

em que

$L$  é o comprimento total, em planta, do curso de água; e

$l_j$  e  $I_j$  são o comprimento e declividade de cada sub-trecho, com  $j = 1, 2, \dots, n$ , sendo  $n$  o número de sub-trechos considerado no cálculo.

Com o auxílio do geoprocessamento pode-se obter rapidamente o comprimento e a declividade de cada sub-trecho necessários para o cálculo da declividade equivalente constante do curso d'água principal de uma bacia.

Outras características físicas das bacias também podem ser utilizadas para serem correlacionadas com as variáveis hidrológicas, mas deve-se considerar que a característica deve ser representativa dos fenômenos que se deseja estudar e também ser de fácil medição a partir dos mapas, já que em caso contrário dificultará o uso futuro dos resultados da regionalização.

É importante salientar que qualquer índice ou medida de fisiografia referente à rede de drenagem é profundamente dependente da escala do mapa utilizado. Portanto, uma precisa identificação do mapa fonte e da sua escala é um dado que deve acompanhar os índices de drenagem.

### **2.2.2. Características climáticas**

A precipitação é uma das principais variáveis explicativas em um estudo de regionalização hidrológica. A precipitação influencia diretamente o comportamento da vazão de um curso d'água, tanto das vazões extremas (máxima e mínima), quanto da própria vazão média de longo período. A precipitação máxima diária anual, por exemplo, é bastante utilizada como variável explicativa do comportamento das vazões máximas. Já a precipitação total anual é utilizada na regionalização tanto da vazão mínima quanto das vazões médias de longo período.

ELETOBRÁS (1985), em estudo de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas para a bacia do alto Paraguai, utilizou como características climáticas as precipitações totais anuais e do semestre mais chuvoso. Já SILVA et al. (2002a), em estudo semelhante para a bacia do rio Paraguaçu, utilizaram para a regionalização de vazões máximas as seguintes precipitações: máxima diária anual, semestre mais chuvoso, trimestre mais chuvoso e mês mais chuvoso; para vazões mínimas: precipitação total anual, do semestre mais seco e do trimestre mais seco; e para vazão média de longo período a precipitação total anual. A precipitação total anual foi a variável climática mais expressiva para a representação das vazões mínimas, média de longo período e das vazões correspondentes aos diferentes níveis de permanência. Já a precipitação máxima diária anual foi a variável que melhor representou o comportamento das vazões máximas.

### **2.3. Uso de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) na regionalização hidrológica**

As características físicas de uma bacia hidrográfica eram, até pouco tempo atrás, obtidas unicamente através de um processo demorado e trabalhoso, onde um especialista examinava os detalhes das curvas de nível e da rede de drenagem das bases cartográficas e, manualmente, interpretava e delimitava os seus limites. Desta forma, questionava-se o uso de modelos ou métodos que requeriam medidas precisas das características da superfície, pois as melhorias na eficiência do uso desses modelos não justificavam o tempo gasto para obtenção de tais parâmetros (WANG e YIN, 1998).

O desenvolvimento de modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes e de técnicas mais precisas de extração de drenagem numérica e delimitação de bacias hidrográficas propiciou o uso dos sistemas de informações geográficas para obtenção automática das características físicas das bacias de drenagem (FURTADO, 1998; MAIDMENT, 1997; WALKER et al., 1997; JENSON e DOMINIGUE, 1988). As vantagens da automação em relação aos procedimentos manuais são a maior eficiência e confiabilidade dos processos, a reprodutibilidade dos resultados e a possibilidade de armazenamento e compartilhamento dos dados digitais.

Um modelo digital de elevação (MDE) pode ser considerado como qualquer representação digital de uma variação contínua do relevo no espaço. Modelar digitalmente uma superfície significa representá-la através de um método ou modelo matemático a partir de dados de altitude adquiridos através dos mapas topográficos, de técnicas de aerofotogrametria e de imagens de satélite. Porém, após o processo de geração do modelo normalmente são verificadas depressões, ou seja, células cercadas por células com maiores valores de elevação. A presença dessas depressões em um MDE produz a descontinuidade do escoamento superficial descendente para a célula vizinha. Algumas delas podem ser naturais, mas a maioria são consideradas espúrias, decorrentes do próprio processo de geração do MDE (erros de amostragem e interpolação). A presença dessas depressões e a conseqüente descontinuidade do escoamento comprometem seriamente qualquer estudo hidrológico de superfície (VERDIN e JENSON, 1996). Sendo assim, um modelo digital de elevação que não seja hidrologicamente consistente torna-se de pouca utilidade para estudos dessa natureza.

Neste contexto, a definição de modelo digital de elevação hidrologicamente correto ou consistente (MDEHC) pode ser resumida como sendo “a melhor

representação digital do relevo (no formato matricial ou TIN) capaz de reproduzir, com exatidão, o caminho preferencial de escoamento da água superficial observado no mundo real” (ESRI, 1997).

Diversos algoritmos têm sido implementados em módulos específicos dos sistemas de informações geográficas com a finalidade de geração de modelos digitais de elevação. Dentre os algoritmos disponíveis comercialmente no mercado destaca-se o TOPOGRID, implementado no módulo ARC do software ARC/INFO. Este algoritmo propõe a incorporação da rede de drenagem digital real, extraída das bases cartográficas durante o processo de geração do MDE. Sempre que há a violação das condições de altimetria favoráveis ao escoamento, o traçado da hidrografia mapeada é respeitado. Com isso, é garantida a coincidência espacial da drenagem mapeada com as células de menor altitude do modelo, configurando-se, assim, a criação de um MDEHC. Essa forma de abordar o problema provém de uma constatação óbvia na natureza, onde o curso d’água é um elemento real de fácil delimitação nas fotografias aéreas enquanto que a curva de nível não é, pois trata-se de um elemento abstrato.

GARBRECHT e MARTZ (1999) afirmam que os MDEs são usados freqüentemente como fonte de dados topográficos para modelagem hidrológica em bacias hidrográficas. A popularidade crescente do uso de MDEs nos Estados Unidos é atribuída, em parte, pelo custo viável, fácil acesso aos dados, cobertura completa e contínua em diferentes resoluções e pelo avanço das potencialidades dos sistemas de informações geográficas (SIGs) para processar os dados. A qualidade e a resolução do MDE são duas características importantes que podem interferir nos resultados de sua aplicação. A resolução deve ser menor ou igual à menor distância entre duas curvas de nível com cotas diferentes. A geração de uma grade muito densa demandará um maior tempo para a sua criação. Por outro lado, um espaçamento maior poderá gerar perda de informação. Assim, na escolha da resolução da malha, deve haver uma análise considerando o objetivo da aplicação, a precisão dos dados e o tempo de geração da mesma.

Segundo VERDIN e JENSON (1996) depois da geração do MDEHC, os novos planos de informação (direção de escoamento da água, declividade, rede de drenagem, individualização de bacias hidrográficas, entre outros) são derivados usando técnicas-padrão do SIG.

A eficiência da extração das informações hidrológicas, medida em termos de precisão e de exatidão, está diretamente relacionada com a qualidade do modelo digital

de elevação e do algoritmo utilizado. O modelo digital deve representar o relevo de forma fidedigna e assegurar a convergência do escoamento superficial para a rede de drenagem mapeada, garantindo assim a sua consistência hidrológica.

A visualização da exatidão da representação digital da rede de drenagem e do limite das bacias é efetuada, na maioria das vezes, através da comparação visual com as informações contidas nas cartas planialtimétricas disponíveis. A comparação com a rede de drenagem mapeada é relativamente fácil, pois é uma feição facilmente observável enquanto que os limites das bacias precisam ser extraídos a partir da análise de curvas de nível e estão sujeitos a erros de interpolação e interpretação.

Para obter-se as características físicas das bacias da região e para proceder a análise da distribuição da precipitação e vazão normalmente são necessários mapas em diferentes escalas. Essas escalas dependem do tamanho da área em estudo. Geralmente as escalas que permitem uma visualização global são de 1:1.000.000. Atualmente já é possível a obtenção de mapas nessa escala na forma digitalizada de todo o Brasil e da América do Sul. Existem outros mapas, em diferentes regiões, que também permitem esta visualização em escalas como 1:500.000.

Os mapas que permitem obter maior nível de detalhamento estão nas escalas 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000. Esses mapas são obtidos junto ao Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (SGE) ou ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Vale ressaltar, entretanto, que nem todo o território nacional possui cobertura em escalas maiores que 1:250.000.

CHAVES (2002), gerando MDEHCs para a bacia amazônica trabalhou com cartas topográficas na escala 1:250.000 para obtenção dos temas de hidrografia e altimetria. Neste estudo verificou que, em regiões planas, como é o caso da bacia amazônica, a geração de um MDEHC com base nessa escala (curvas de nível de 100 em 100 metros), não produziu resultados satisfatórios. Mesmo a implementação e aplicação conjunta de técnicas de pós-processamento do MDEHC mostraram-se insuficientes para geração de um modelo com ausência de depressões espúrias. A utilização de escalas maiores, como 1:100.000 ou 1:50.000, com curvas de nível menos espaçadas tenderia a propiciar resultados mais satisfatórios, principalmente em estudos para áreas menos declivosas.

## **2.4. Regionalização hidrológica**

Após a delimitação dos limites da área a ser estudada, da definição das variáveis dependentes e independentes (características físicas e de precipitação) e da seleção das séries históricas a serem utilizadas, os métodos de regionalização hidrológica utilizam a identificação de regiões hidrologicamente homogêneas, o ajuste de distribuições probabilísticas aos eventos extremos e a aplicação das equações de regressão entre as diferentes variáveis a serem regionalizadas e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem.

### **2.4.1. Identificação de regiões hidrologicamente homogêneas**

Um dos pontos cruciais num estudo de regionalização é a delimitação de regiões hidrológica ou estatisticamente homogêneas, ou seja, regiões com várias estações que tenham séries oriundas de populações regidas pela mesma distribuição de probabilidades, com os parâmetros variando entre as estações.

TUCCI et al. (1983) comentam que o comportamento semelhante na distribuição da frequência e na correlação das vazões é o resultado da combinação de um grande número de fatores físicos e climáticos. As regiões que apresentam este comportamento semelhante são definidas como regiões homogêneas. Segundo o mesmo autor, as curvas de frequência individuais nem sempre apresentam uma tendência única com pequena dispersão, como também a equação regional de regressão pode apresentar baixos valores de coeficientes de correlação.

Devido à variabilidade do clima, da topografia, da cobertura vegetal e do tipo de solo, regiões hidrologicamente homogêneas normalmente não se estendem por grandes áreas. Por outro lado, a delimitação de áreas excessivamente reduzidas resulta numa carência de dados que prejudica a confiabilidade das estimativas.

De acordo com HOSKING e WALLIS (1997) a identificação de regiões homogêneas deve ser feita em duas etapas consecutivas: a primeira, consistindo de uma delimitação preliminar baseada unicamente nas características locais, e a segunda, consistindo de um teste estatístico construído com base somente nas estatísticas locais, cujo objetivo é o de verificar os resultados preliminares obtidos.

SILVA et al. (2002a), em estudo de regionalização de vazões máxima, mínima e média de longo período para a bacia do rio Paraguaçu, subdividiram a bacia em três

diferentes regiões hidrologicamente homogêneas com dez, oito e nove estações fluviométricas e áreas de drenagem de 12.066,13, 19.626,63 e 33.940,19 km<sup>2</sup>, respectivamente. SILVA et al. (2002b), em estudo semelhante para a bacia do rio de Contas, encontraram duas regiões homogêneas, com áreas de drenagem de 21.498,89 e 32.610,67 km<sup>2</sup>, cada uma contendo sete e seis estações fluviométricas, respectivamente.

#### **2.4.2. Distribuições de probabilidade aplicadas a eventos extremos**

As séries históricas de vazões máximas e mínimas, em um estudo de regionalização hidrológica, devem ser submetidas à análise estatística, para identificação do modelo probabilístico que melhor se ajusta aos dados.

Os dados de eventos extremos apresentam um padrão peculiar de distribuição e as funções probabilísticas acumuladas possuem formas bem caracterizadas. É comum o emprego destas expressões matemáticas na forma parametrizada em relação à média, variância, coeficiente de assimetria e outros momentos estatísticos da distribuição. A utilização destas expressões matemáticas facilita a análise estatística dos eventos extremos, já que a determinação da respectiva função pode ser feita a partir de elementos amostrais, com o uso de processos tradicionais, como os métodos dos momentos, dos mínimos quadrados ou da máxima verossimilhança (HIDROSSISTEMAS, 1993) ou pelo método dos momentos-L (HOSKING e WALLIS, 1997).

As distribuições de probabilidade de dois e três parâmetros mais indicadas e utilizadas, segundo PINHEIRO e NAGHETTINI (1998), nos eventos de valores extremos são as do Tipo I – Gumbel, Tipo II – Fréchet e Tipo III – Weibull, além de outros modelos não-extremos como a distribuição Log-Normal, Pearson Tipo III e Log-Pearson Tipo III, e também distribuições de quatro parâmetros como a Kappa ou de cinco parâmetros, como as distribuições Wakeby e Boughton.

Em estudos envolvendo vazões máximas, EUCLYDES et al. (2002) testaram as distribuições Gumbel, Log-Normal a dois e três parâmetros, Pearson tipo III e Log-Pearson tipo III para eventos máximos, e para eventos mínimos as distribuições Log-Normal a três parâmetros, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III e Weibull, sendo selecionadas as distribuições Log-Normal a três parâmetros e Gumbel para representar as vazões mínimas e máximas, respectivamente.

MAIONE (1977) aplicou as distribuições de Gumbel, Log-normal a dois e três parâmetros, Fuller-Coutagne e Pearson a dois e três parâmetros em séries de vazões máximas no rio Dora Baltea, localizado na Itália. Os resultados mostraram que a distribuição Log-normal a dois parâmetros ajustou-se melhor aos dados, seguida das distribuições de Gumbel, Pearson e Fuller-Coutagne. EUCLYDES e PICOLLO (1985), aplicando as mesmas distribuições usadas por Maione em vazões máximas para sete cursos d'água da microrregião do Circuito das Águas-MG, encontraram valores muito próximos entre as distribuições de Gumbel e Log-normal a dois parâmetros.

Várias são as distribuições utilizadas para ajustar uma distribuição de probabilidade de vazões mínimas. KAVISKI (1983) aplicou as distribuições de probabilidade Log-normal a três parâmetros, Log-Gumbel e Weibull em pequenas bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina, sendo que a distribuição de Weibull foi selecionada como a mais adequada.

No estudo de regionalização efetuado pela ELETROBRÁS (1985), envolvendo vazões máxima, média de longo período e mínima para a região do Alto Paraguai, as distribuições adotadas foram as de Gumbel e Weibull para eventos máximos e mínimos, respectivamente. Já SILVA et al. (2002a), em estudo de regionalização de vazões para a bacia do rio Paraguaçu, aplicaram as distribuições Log-Normal a dois e três parâmetros, Pearson III, Log-Pearson III e Weibull às séries de vazões mínimas e as distribuições Log-Normal a dois e três parâmetros, Pearson III, Log-Pearson III e Gumbel às vazões máximas, sendo as distribuições Weibull e Log-Normal a três parâmetros selecionadas para vazões mínimas e máximas, respectivamente.

A seleção da distribuição de probabilidade a ser adotada é comumente baseada em resultados de teste de aderência, já que, a priori, não se pode definir a melhor distribuição de probabilidade para descrever a frequência de ocorrência de vazões extremas. O teste de aderência mais utilizado para seleção da distribuição de probabilidade ajustável a cada série histórica é o de Kolmogorov-Smirnov. Este teste foi utilizado nos estudos de regionalização de vazões realizados por SILVA et al. (2002a) e EUCLYDES et al. (2002).

Após a seleção das distribuições probabilísticas com melhor ajuste aos dados de vazões, os valores das vazões mínimas e máximas associadas aos diferentes períodos de retorno a serem adotados no estudo de regionalização podem ser obtidos.

A escolha e justificativa do período de retorno para a implantação de uma determinada obra prende-se a uma análise de economia e segurança da obra. Quanto maior o período de retorno, maiores serão os valores das vazões máximas esperadas e, conseqüentemente, mais cara, porém mais segura, deverá ser a obra.

Os períodos de retorno selecionados para a regionalização devem ser bastante representativos e abranger todas as principais demandas pelo uso dessa informação. SILVA et al. (2002a), em estudo de regionalização hidrológica, utilizaram os períodos de retorno de 2, 10, 20, 50, 100 e 500 anos para estimativa da vazão máxima e de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos para estimativa da vazão mínima. Já EUCLYDES et al. (2001b) utilizaram os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20 e 50 anos para estimativa da vazão mínima e de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos para estimativa da vazão máxima.

A confiabilidade dos parâmetros estatísticos calculados com base na série histórica depende do número de valores da série e sua representatividade. Se uma série de vazões máximas de N anos abrange uma seqüência de anos chuvosos, a estimativa de seus parâmetros será tendenciosa. Esse erro aumenta à medida que se deseja estimar tempos de retorno maiores. BENSON (1962), utilizando uma série gerada de 1000 anos de vazão máxima, mostrou que, para estimar uma cheia de 50 anos são necessárias séries de 39 anos para que as estimativas fiquem na faixa de 25% do valor correto 95% das vezes. Caso se considere 80% das vezes, o período de dados necessário seria de 15 anos.

Segundo TUCCI (2002), alguns autores consideram que uma série amostral de N anos pode estimar vazões com alguma confiabilidade para tempos de retorno de até 2 N. Na realidade não é o número de anos, mas a representatividade dos anos da série utilizada para amostrar a estatística da variável que permite uma boa estimativa dos parâmetros da população.

#### **2.4.3. Equações de regressão entre as diferentes variáveis regionalizadas e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem**

SILVA et al. (2002b) afirmam que, num estudo de regionalização de vazões, após a obtenção das vazões máximas e mínimas associadas aos diferentes períodos de retorno e das características físicas e de precipitação, aplica-se então a regressão múltipla entre as variáveis dependentes (vazões) e as diferentes variáveis explicativas.

No estudo de regionalização efetuado pela ELETROBRÁS (1985), envolvendo vazões máxima, média de longo período e mínima para a região do Alto Paraguai, as

variáveis independentes utilizadas foram a área da bacia, a declividade média e o comprimento do curso d'água principal, a densidade de drenagem, a precipitação média anual e a precipitação média do semestre mais chuvoso. Os resultados mostraram que as variáveis que explicaram melhor a variação, tanto da vazão de cheia quanto da vazão média de longo período, foram a precipitação e a área da bacia. Para vazões mínimas com duração de sete dias, as variáveis selecionadas foram a área, a precipitação e a densidade de drenagem.

EUCLYDES et al. (1994a), em estudo de regionalização de vazões máxima, mínima e média de longo período para as sub-bacias dos rios Verde Grande, Pardo e Jequitai, verificaram que a variável que melhor explicou a variação da vazão máxima para os períodos de retorno estudados foi a área de drenagem da bacia. As variáveis que melhor explicaram a variação da vazão mínima foram a densidade de drenagem e o comprimento do curso d'água principal. A variável que melhor explicou a variação da vazão média de longo período foi a área de drenagem da bacia.

SILVA et al. (2002a), trabalhando com regionalização de vazões máxima, mínima e média de longo período e das curvas de permanência e de regularização para a bacia do rio Paraguaçu, verificaram que as variáveis que melhor explicaram a variação da vazão máxima para os períodos de retorno estudados foram a área de drenagem da bacia e o comprimento do curso d'água principal. Já para as vazões mínimas com sete dias de duração as variáveis que melhor explicaram seu comportamento foram a área de drenagem e a precipitação total anual. A variável que melhor explicou a variação da vazão média de longo período foi novamente a área de drenagem da bacia, juntamente com o comprimento do curso d'água principal. Já o comportamento das vazões associadas aos diferentes níveis de permanência foi melhor explicado pelas variáveis área de drenagem e precipitação total anual, enquanto que a densidade de drenagem se mostrou uma variável expressiva na regionalização das diferentes vazões regularizadas.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Características da região em estudo**

A bacia do Rio Paraíba do Sul drena as águas de uma área de aproximadamente 57.000 km<sup>2</sup>, assim distribuídas: 22.600 km<sup>2</sup> no Estado do Rio de Janeiro, 20.900 km<sup>2</sup> no Estado de Minas Gerais e 13.500 km<sup>2</sup> no Estado de São Paulo. Situa-se entre os paralelos 20° 26' e 23° 38' S e os meridianos de 41° 00' e 46° 30' W, estando totalmente inserida na região Sudeste (Figura 1).

O rio Paraíba do Sul é formado pela junção dos rios Paraibuna e Paraitinga, hoje barrados e constituindo um grande lago nas proximidades da cidade de Paraibuna. Inicialmente apresenta sentido de escoamento de Leste para Oeste e, na altura de Guararema, é desviado por serras, que o obrigam a fazer uma curva de 180°, passando então a correr em sentido contrário do inicial, em direção ao Estado do Rio de Janeiro. Neste Estado, percorre aproximadamente 540km até desembocar no Oceano Atlântico, junto à cidade fluminense de São João da Barra.

Quase todos os seus afluentes são rios de planalto, atravessando vales com grande número de saltos e corredeiras. Os tributários mais importantes pela margem esquerda são: Jaguari, Buquira, Paraibuna Mineiro, Pomba e Muriaé e pela margem direita: Una, Bocaina, Bananal, Piraí, Piabanha, Paquequer e Dois Rios.

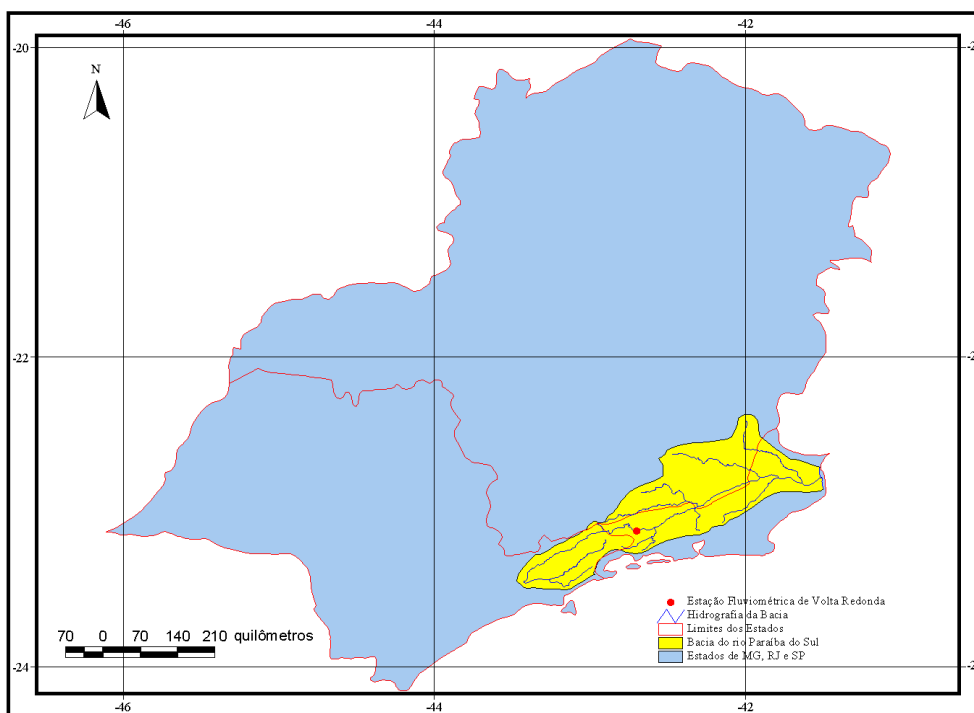


Figura 1 – Localização da bacia do rio Paraíba do Sul.

A bacia do rio Paraíba do Sul foi escolhida para a realização do estudo por possuir uma boa densidade de estações fluviométricas e por se encontrar numa região estratégica e bem desenvolvida, com intensivo uso da água. Além disso, toda a bacia possui cobertura das cartas topográficas na escala utilizada, que foi de 1:50.000.

O estudo foi realizado no trecho superior da bacia do rio Paraíba do Sul, até as proximidades de Volta Redonda, cidade localizada no Estado do Rio de Janeiro (Figura 2).

A bacia do rio Paraíba do Sul está intimamente ligada ao eixo Rio-São Paulo, onde se localizam os dois maiores centros de produção e consumo da nação. Ao longo de seu curso existem várias cidades de porte, formando pólos de desenvolvimento industrial independentes, tais como São José dos Campos e Volta Redonda.

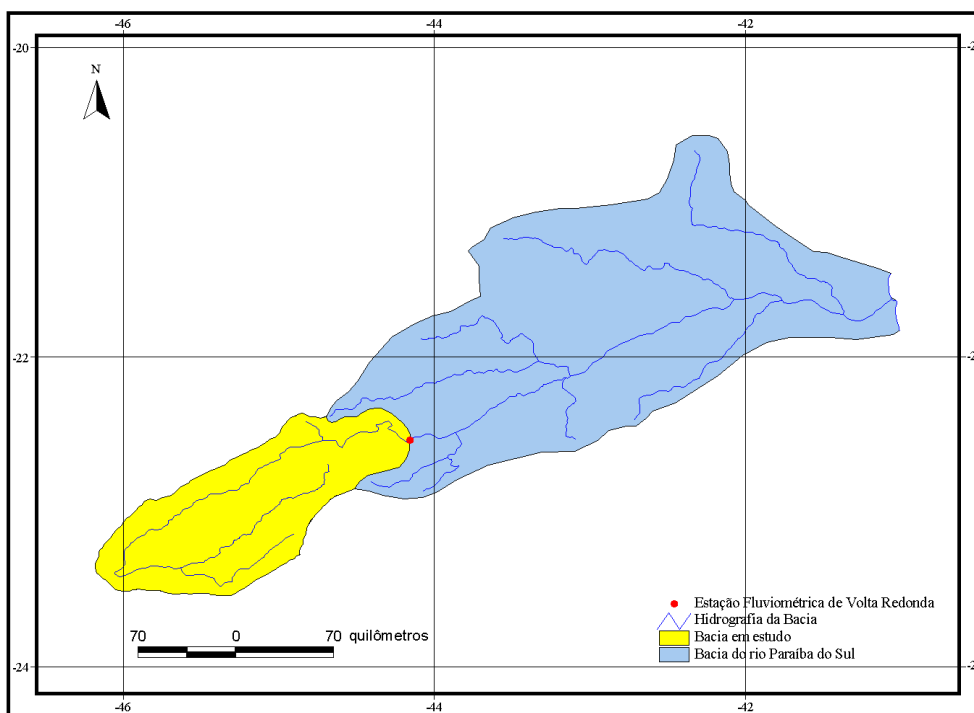


Figura 2 – Localização do trecho da bacia do Paraíba do Sul utilizado no estudo de regionalização.

### 3.2. Obtenção do modelo digital de elevação hidrológicamente consistente

A metodologia utilizada para geração do modelo digital de elevação hidrológicamente consistente (MDEHC) foi executada em cinco etapas, sendo elas:

- amostragem, através da digitalização da hidrografia e curvas de nível da área;
- pré-processamento dos dados digitais de elevação e drenagem;
- geração do modelo digital de elevação (MDE);
- pós-processamento para geração do MDEHC; e
- validação do MDEHC.

#### 3.2.1. Amostragem

Foram confeccionados 45 mapas digitais a partir da base de dados do IBGE e do Ministério do Exército na escala 1:50.000. A relação das cartas topográficas utilizadas se encontra no Apêndice A.

Foram digitalizadas a hidrografia (Figura 3) e as curvas de nível (Figura 4). Apesar das cartas na escala 1:50.000 apresentarem curvas de nível de 20 em 20 metros, não foi

possível a digitalização neste nível de detalhe, em virtude do relevo da região se apresentar bastante acidentado. Além disso, os mapas continham todos os temas superpostos (hidrografia, curvas de nível, estradas, limites de estados e municípios, cobertura vegetal, etc.), confundindo ainda mais a identificação das curvas. Por último, a digitalização das curvas de 20 em 20 metros demandaria um tempo de execução extremamente elevado para a digitalização, tornando o trabalho inexecutável. A digitalização foi então realizada com as curvas de nível espaçadas de 80 em 80 metros.

Foi também realizado um teste preliminar de interpolação das curvas de nível espaçadas de 80 em 80 metros, para verificação do resultado obtido com relação à obtenção de um modelo hidrológicamente consistente neste nível de detalhamento. Esta verificação da exatidão do MDEHC foi feita através da comparação visual entre as redes de drenagem gerada pelo modelo e a rede mapeada e também através da exatidão da delimitação automática dos limites das bacias.

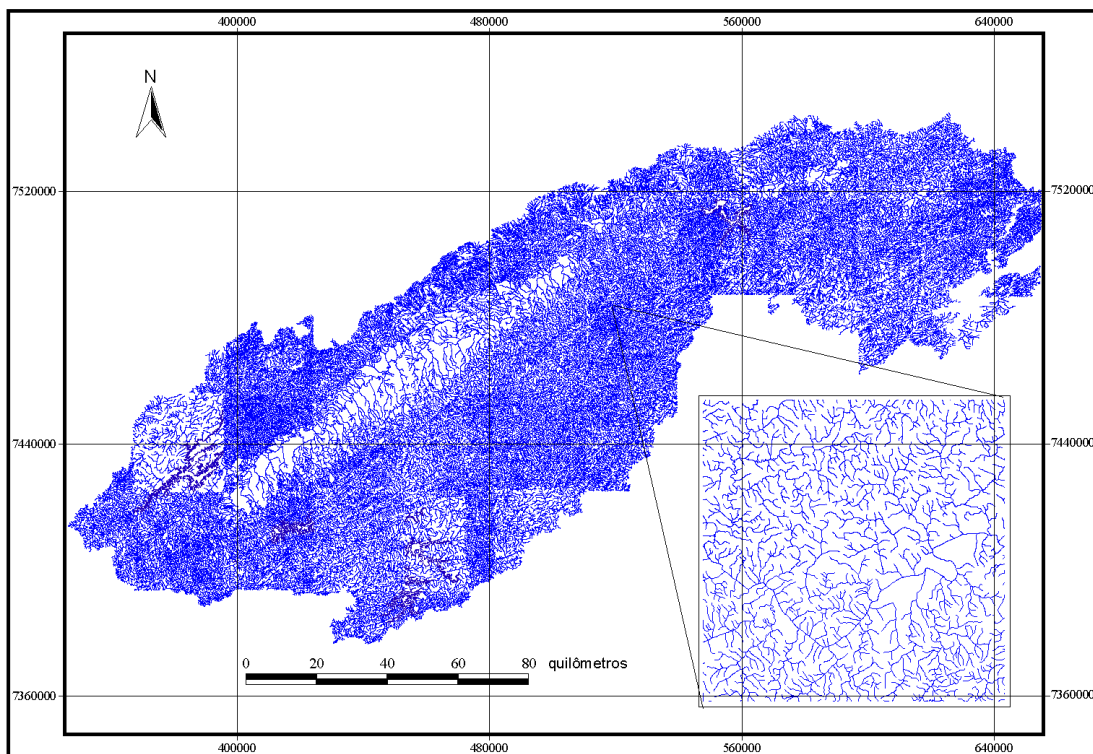


Figura 3 – Hidrografia digitalizada para região em estudo.

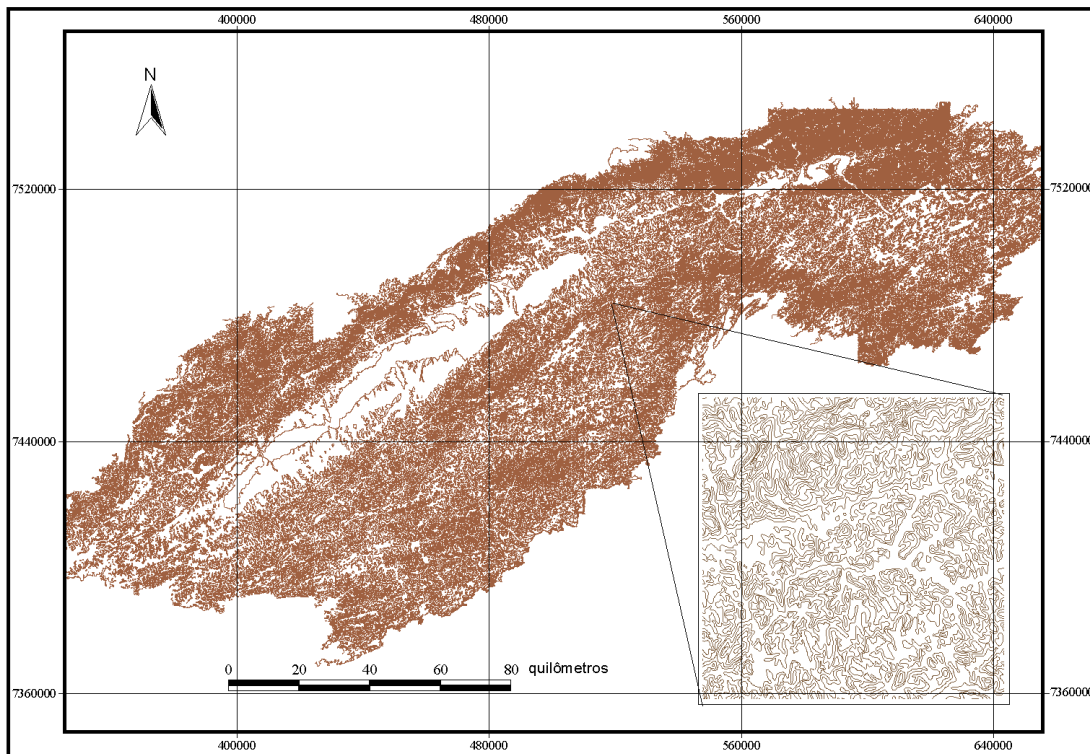


Figura 4 – Curvas de nível digitalizadas para região em estudo.

### 3.2.2. Pré-processamento dos dados digitais de elevação e drenagem

A grande maioria dos softwares que geram modelos digitais de elevação necessita que os dados digitais de entrada estejam com qualidade e estrutura aceitáveis. Deve-se gerar arquivos individuais contendo os limites da área de trabalho, a hidrografia digital conectada e orientada no sentido do escoamento superficial, o contorno dos lagos e os dados de altimetria discriminados em curvas de nível e pontos cotados.

As curvas de nível, devido à presença de inconsistências decorrentes do processo de aquisição em mesa digitalizadora, foram visualmente ajustadas à hidrografia orientada. Já a hidrografia foi processada e verificada de forma que se obtivesse a orientação de todas as feições para o sentido do escoamento, além de se certificar que todas essas feições estivessem conectadas. Os polígonos com os lagos da área foram separados do resto da hidrografia em um arquivo único, já que uma cota única é atribuída a cada um deles na interpolação.

### **3.2.3. Geração do modelo digital de elevação (MDE)**

O MDE foi gerado a partir da interpolação das curvas de nível digitalizadas. Os aplicativos dos sistemas de informações geográficas utilizam diversos interpoladores. Para a realização do presente estudo foi utilizado o módulo de interpolação TOPOGRID, disponível no software ARC/INFO.

Este método utiliza uma técnica de interpolação baseada em diferenças finitas iterativas e é otimizado para ter a eficiência computacional dos interpoladores locais sem perder a continuidade da superfície proporcionada pelos interpoladores globais (ESRI, 1997), gerando uma grade regular a partir de pontos, isolinhas e linhas de drenagem. A garantia do MDE hidrologicamente correto é fornecida pelo processo de imposição de drenagem, que tenta remover todas as depressões no terreno geradas pelo modelo e que não foram previamente identificadas pelo usuário.

A qualidade e a resolução do MDE são duas características importantes que podem interferir nos resultados de sua aplicação. A qualidade refere-se à exatidão com que os valores de elevação são relatados, e a resolução refere-se à discrepância da variação dos valores de elevação. A resolução utilizada no estudo foi de 30 x 30 m.

### **3.2.4. Pós-processamento para geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC)**

Esta etapa visou eliminar as depressões espúrias, ou seja, células cercadas por outras com maiores valores de elevação, remanescentes ou que foram introduzidas no MDE durante o processo de imposição da rede de drenagem. Com a eliminação dessas depressões garantiu-se a consistência do escoamento superficial ao longo da rede de drenagem gerada pelo modelo. Buscou-se também garantir a coincidência espacial da drenagem gerada pelo modelo com a drenagem vetorial digitalizada das bases cartográficas. Para isso utilizou-se o comando FILL, do ARCVIEW.

Os dados necessários para esse pós-processamento foram o MDE, gerado pelo TOPOGRID, e a hidrografia mapeada, conectada e orientada no sentido do escoamento.

A aplicação desta técnica não garante que o modelo digital de elevação passe a ser considerado hidrologicamente consistente, já que novas depressões espúrias podem ser

geradas. Por isso, passou-se para a etapa de validação do modelo gerado e, caso não se tivesse obtido o resultado desejado, retornar-se-ia a esta etapa para um novo processamento e eliminação dos erros ainda existentes.

### **3.2.5. Validação do MDEHC**

Todo modelo digital de elevação, seja ele hidrologicamente consistente ou não, deve ser avaliado para certificar-se de que os dados, o próprio método e seus parâmetros sejam capazes de gerar uma representação real da paisagem. Essa representação é limitada pela qualidade e quantidade dos dados altimétricos e pela eficiência dos interpoladores.

Um MDEHC, além da representação real da paisagem, deve também descrever, com exatidão, o caminho do escoamento superficial. Essa verificação foi realizada analisando-se o trajeto de escoamento superficial ao longo do modelo e por intermédio da comparação visual da drenagem numérica matricial gerada pelo modelo com a drenagem vetorial digitalizada. A coincidência espacial dessas duas feições é um parâmetro qualitativo de verificação da consistência hidrológica do modelo, pelo menos no que diz respeito à representação espacial da drenagem. Uma outra forma de verificação adotada foi a delimitação automática de bacias hidrográficas de contribuição a montante de pontos escolhidos de forma aleatória. Neste caso verificou-se a existência de possíveis erros, como cortes na hidrografia, localização errada de divisores de água, etc. Estes foram os dois métodos utilizados para a validação do MDEHC gerado no presente trabalho, permitindo a identificação de dois tipos de erros:

- existência de depressões que não ocorrem na realidade e que alteram a direção do escoamento (depressões espúrias); e

- desvios dos canais de drenagem e dos limites das bacias identificadas pelo modelo em relação aos observados nas cartas topográficas.

Estes erros foram editados no próprio software ARC/INFO e os procedimentos anteriormente citados foram repetidos até que se obtivesse um modelo hidrologicamente consistente, ou seja, sem depressões e desvios da rede de drenagem.

### **3.3. Seleção e análise dos dados básicos para a regionalização de vazões**

A análise dos dados básicos foi orientada para que a escolha e seleção das informações fossem feitas de acordo com a variável a ser regionalizada. Para a realização do estudo foram utilizados dados fluviométricos e pluviométricos, pertencentes às redes da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE-SP) e Light Serviços de Eletricidade S.A. (LIGHT). Verificou-se, por meio de um levantamento preliminar no inventário de estações fluviométricas (ANEEL, 2001a) e pluviométricas (ANEEL, 2001b), a existência de 170 estações fluviométricas e 208 pluviométricas disponíveis para a realização do estudo no trecho superior da bacia do rio Paraíba do Sul.

Após a obtenção dos dados elaborou-se um diagrama de barras para as estações fluviométricas (Quadro 2) e pluviométricas (Quadro 3), objetivando a caracterização dos períodos de dados disponíveis para todas as estações, de forma a facilitar a escolha das estações a serem efetivamente usadas no estudo de regionalização e também do período-base a ser adotado. Foram incluídas nos diagramas de barras apenas as estações da ANEEL, DAEE-SP e LIGHT que possuíam dados mais recentes, eliminando-se aquelas que saíram de operação antes de 1980 ou que possuíam um período inferior a oito anos de dados. Com isso, o número foi reduzido para 41 estações fluviométricas e 41 pluviométricas.

Com base nas coordenadas geográficas (latitude e longitude) de cada uma das 41 estações fluviométricas elaborou-se um mapa de localização das respectivas estações (Figura 5), utilizando o software de sistema de informações geográficas ARCVIEW 3.2. Algumas estações fluviométricas não coincidiram com a calha do rio e, nestes casos, recorreu-se ao croqui de localização das estações disponibilizado pelas entidades operadoras da rede, visando a obtenção de informações complementares que permitissem a locação correta das estações.

Quadro 2 – Diagrama de barras para as estações fluviométricas localizadas na área em estudo pertencentes às redes da ANEEL, DAEE-SP e LIGHT e caracterização do período-base.

Código das estações	Início da Série	49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77																												78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97																				98 99
58030000	1934	█																												█																				█
58060000	1933	█																												█																				█
58087300		█																												█																				█
58096000		█																												█																				█
58099000		█																												█																				█
58105300	1928	█																												█																				█
58140100		█																												█																				█
58142200		█																												█																				█
58147000		█																												█																				█
58155000		█																												█																				█
58165000		█																												█																				█
58182500		█																												█																				█
58183000	1939	█																												█																				█
58185000		█																												█																				█
58192000		█																												█																				█
58198000		█																												█																				█
58201000		█																												█																				█
58204000	1922	█																												█																				█
58204100	1923	█																												█																				█
58211000		█																												█																				█
58214000		█																												█																				█
58215000		█																												█																				█
58217500		█																												█																				█
58218000	1935	█																												█																				█
58218200		█																												█																				█
58220000	1935	█																												█																				█
58227000		█																												█																				█
58230100		█																												█																				█
58235000	1934	█																												█																				█
58235100		█																												█																				█
58240000	1943	█																												█																				█
58242000		█																												█																				█
58250000	1930	█																												█																				█
58250002		█																												█																				█
58258000		█																												█																				█
58262000		█																												█																				█
58270000		█																												█																				█
58300000	1931	█																												█																				█
58300001		█																												█																				█
58305000		█																												█																				█
58305001	1940	█																												█																				█



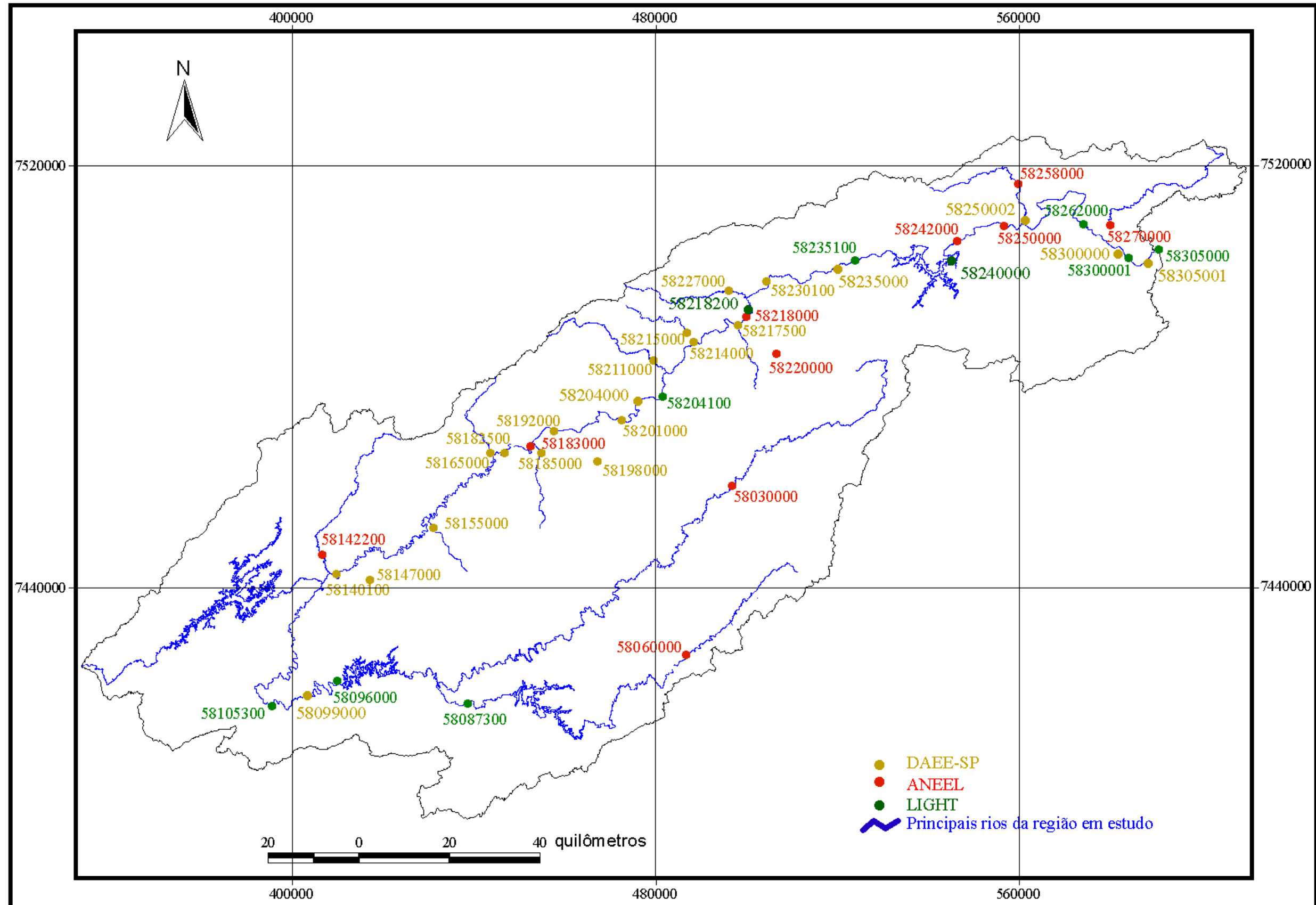


Figura 5 – Mapa contendo as estações fluviométricas da ANEEL, DAEE-SP e LIGHT selecionadas para a regionalização.

De posse do diagrama de barras e do mapa de localização das estações fluviométricas procedeu-se à análise das estações quanto ao período de operação e localização geográfica, visando a identificação do período-base (período comum de observações) a ser usado na regionalização. Foi selecionado preliminarmente, para o presente estudo, o período de 1970 a 1997, porém analisando-se a existência e influência dos reservatórios localizados na área em estudo optou-se por utilizar o período base de 1978 a 1997, já que o último reservatório a entrar em operação na área foi o Paraibuna/Paraitinga, construído no rio Paraibuna e com início de operação no ano de 1978. Na Figura 6 é apresentada a distribuição dos reservatórios e o ano de instalação de cada um deles na área em estudo.

Analisando-se novamente o diagrama de barras e o mapa com a distribuição das estações fluviométricas verificou-se a necessidade de exclusão de algumas estações que apresentavam menos de oito anos de dados dentro do período-base selecionado (1978-1997), já que esse foi o critério inicial de seleção das estações. Apesar de algumas estações terem oito ou mais anos de dados, ao se analisar os dados diários verificou-se a existência de extensos períodos com falhas, inviabilizando a utilização das mesmas no estudo. Verificou-se também, com o auxílio do mapa, que algumas estações, como, por exemplo, a 58250000 e a 58250002, estavam muito próximas e por isso apenas uma delas foi selecionada. Em função disso foram efetivamente selecionadas para o uso no estudo de regionalização 30 estações fluviométricas (Quadro 4). Os dados fluviométricos de cada uma destas estações selecionadas foram analisados quanto à continuidade entre as vazões de cada estação com as estações localizadas a montante e a jusante.

O período-base adotado para os dados pluviométricos foi o mesmo dos dados fluviométricos, ou seja, 1978 a 1997. Analisou-se então o diagrama de barras e o mapa com a distribuição das 41 estações pluviométricas (Figura 7), verificando-se a necessidade de exclusão de algumas estações que apresentavam menos de oito anos de dados no período-base selecionado ou que estavam muito próximas umas das outras. Em função disso foram selecionadas 37 estações pluviométricas para o estudo de regionalização (Quadro 5). Em função do fato de se ter identificado regiões da bacia com carência de estações pluviométricas fez-se também tentativas de inclusão de estações localizadas em bacias vizinhas, como a bacia do rio Grande, que se situa ao norte, e nas bacias independentes que drenam para o mar, ao sul da bacia do Paraíba do Sul, porém as estações que apresentavam dados com qualidade aceitável se encontravam muito distantes. Além disso, evitou-se a inclusão de estações vizinhas que se encontravam do outro lado das serras da Mantiqueira e do Mar devido ao efeito orográfico na formação das chuvas nessa região.

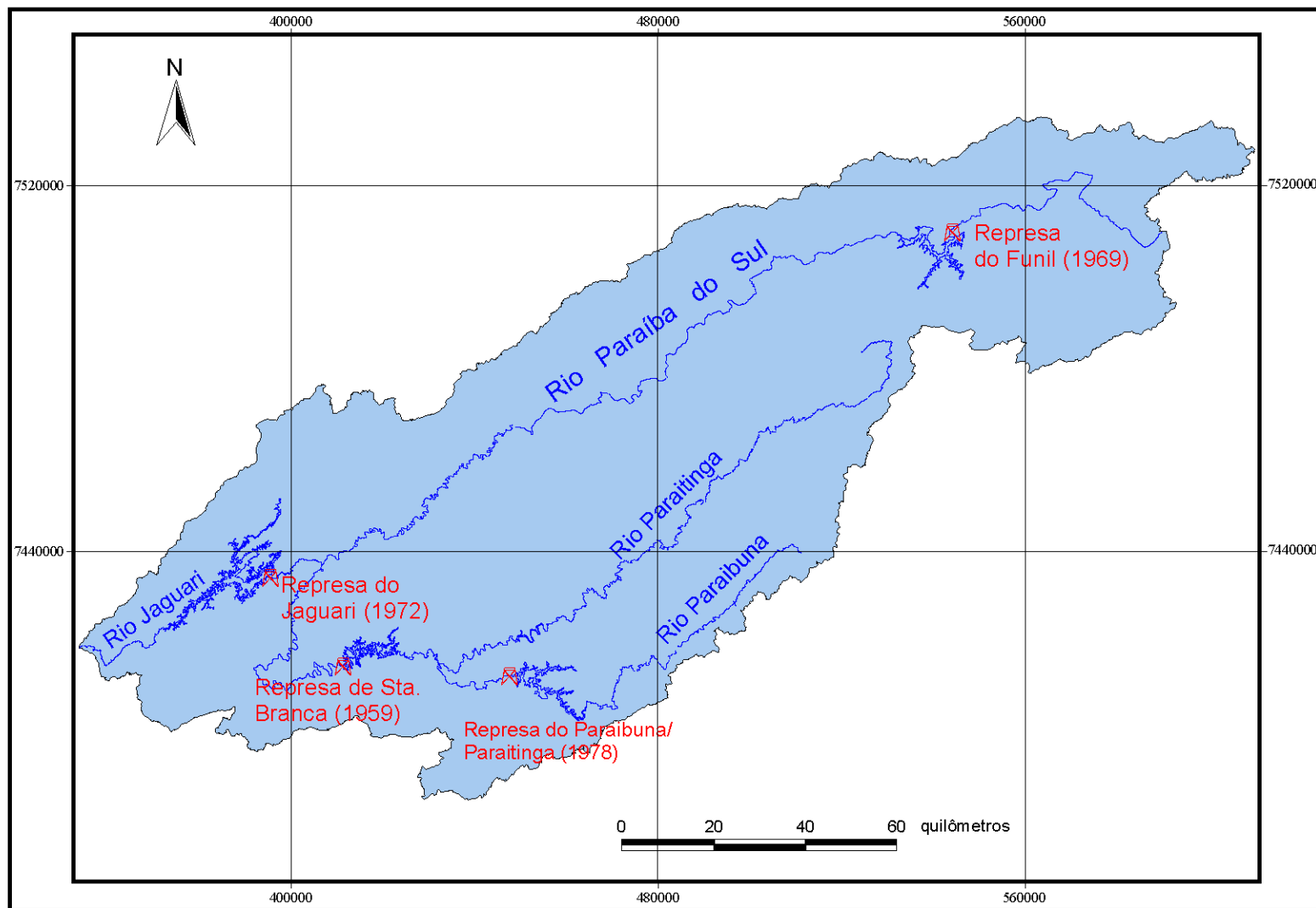


Figura 6 – Localização e ano de instalação dos reservatórios presentes na área em estudo.

Quadro 4 – Identificação das estações fluviométricas selecionadas para a realização da regionalização

<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Curso d'água</b>	<b>Entidade</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
58030000	Estrada do Cunha	Paraitinga	ANEEL	22°59'45"	45°02'30"
58060000	Ponte Alta 1	Paraibuna	ANEEL	23°19'44"	45°08'38"
58087300	UHE Paraibuna-jus	Paraibuna	LIGHT	23°25'00"	45°36'00"
58096000	Santa Branca-jus.barr.	Paraíba do Sul	LIGHT	23°22'00"	45°53'00"
58105300	Guararema V1-018	Paraíba do Sul	LIGHT	23°24'57"	46°01'27"
58142200	Buquirinha 2	Buquira	ANEEL	23°04'30"	45°54'24"
58155000	Ceramica Quirino 2E-016	Caçapava velha	DAEE-SP	23°04'16"	45°40'08"
58165000	Fazenda Kanegai 2D-054R	Piracuama	DAEE-SP	22°54'15"	45°33'10"
58182500	Ponte de Pindamonhangaba	Paraíba do Sul	DAEE-SP	22°54'43"	45°28'16"
58183000	Pindamonhangaba (PCD)	Paraíba do Sul	ANEEL	22°54'40"	45°28'13"
58185000	Pindamonhangaba 2D-025	do Pinhão	DAEE-SP	22°55'32"	45°26'37"
58192000	Várzea do Paraíba 2D-025	Paraíba do Sul	DAEE-SP	22°52'27"	45°24'23"
58198000	Pirapitingui 2D-059R	Pirapitingui	DAEE-SP	22°56'01"	45°19'03"
58201000	Potim 2D-053S	Paraíba do Sul	DAEE-SP	22°50'38"	45°15'07"
58211000	Colônia Piagui 2D-037	Piagui	DAEE-SP	22°44'13"	45°12'11"
58214000	Lorena/Piquete 2D-028	Paraíba do Sul	DAEE-SP	22°41'59"	45°07'07"
58215000	Faz. Santa Catarina 2D-056	dos Macacos	DAEE-SP	22°41'54"	45°08'09"
58217500	Piteu 2D-061R	Palmital	DAEE-SP	22°40'23"	45°01'02"
58218000	Cachoeira Paulista (PCD)	Paraíba do Sul	ANEEL	22°39'42"	45°00'45"
58220000	Fazenda Santa Clara	Bocaina	ANEEL	22°41'32"	44°58'28"
58227000	Embaú 2D-058R	Embaú	DAEE-SP	22°35'51"	45°02'08"
58230100	Cruzeiro 1D-008R	Paraíba do Sul	DAEE-SP	22°35'08"	44°57'18"
58235100	Queluz V1-033	Paraíba do Sul	LIGHT	23°32'20"	44°46'19"
58242000	Itatiaia	Paraíba do Sul	ANEEL	22°30'01"	44°33'15"
58250000	Resende	Paraíba do Sul	ANEEL	22°29'00"	44°26'43"
58258000	Ponte Nova	Pirapetinga	ANEEL	22°43'22"	44°24'38"
58262000	Floriano V1-082	Paraíba do Sul	LIGHT	22°28'00"	44°17'00"
58270000	Glicerio	Turvo	ANEEL	22°28'27"	44°13'44"
58300001	Barra Mansa V1-034	Paraíba do Sul	LIGHT	22°32'00"	44°11'00"
58305000	Volta Redonda V1-080	Paraíba do Sul	LIGHT	22°31'00"	44°07'00"

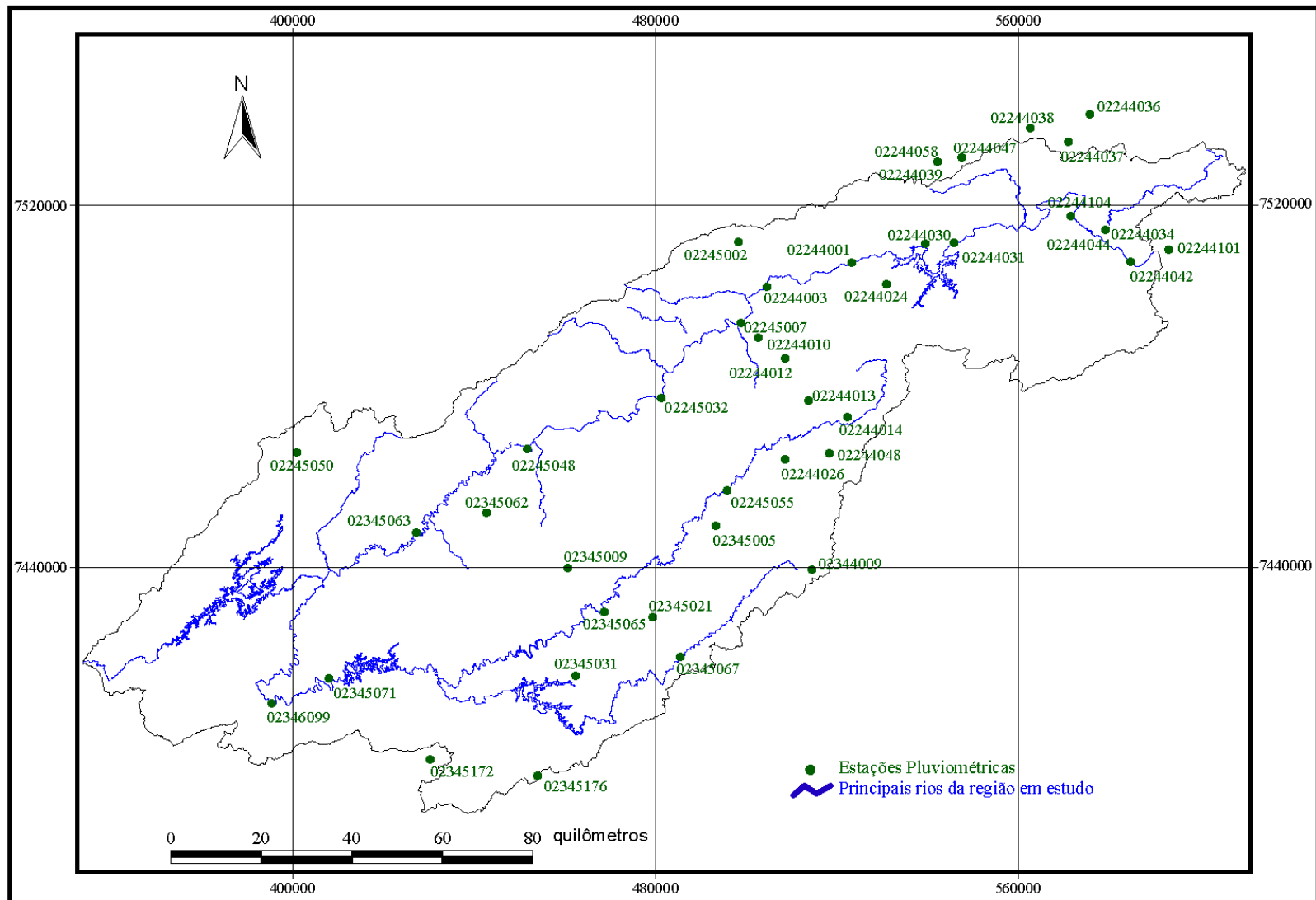


Figura 7 – Distribuição das estações pluviométricas selecionadas na área em estudo.

Quadro 5 – Identificação das estações pluviométricas selecionadas para a realização da regionalização

<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Entidade</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
02244001	Queluz	ANEEL	500	22°32'25"	44°46'23"
02244003	Cruzeiro	ANEEL	514	22°35'21"	44°57'21"
02244010	Bocaina (Faz. Santa Clara)	ANEEL	550	22°41'31"	44°58'30"
02244012	Usina Bocaina	DAEE-SP	560	22°44'00"	44°55'00"
02244013	Xadrez	DAEE-SP	1090	22°49'00"	44°52'00"
02244014	Capetinga	DAEE-SP	1060	22°51'00"	44°47'00"
02244024	Areias	DAEE-SP	530	22°35'00"	44°42'00"
02244026	Vargem do Tanque	DAEE-SP	480	22°56'00"	44°55'00"
02244030	Nhangapi	ANEEL	440	22°30'12"	44°36'56"
02244031	Itatiaia	ANEEL	380	22°30'01"	44°33'15"
02244034	Ribeirão de São Joaquim	ANEEL	620	22°28'27"	44°13'44"
02244036	Zelinda	ANEEL	550	22°14'35"	44°15'49"
02244037	Fumaça	ANEEL	720	22°17'51"	44°18'38"
02244038	Ponte do Souza	ANEEL	950	22°16'14"	44°23'30"
02244039	Fazenda Agulhas Negras	ANEEL	1460	22°20'21"	44°35'26"
02244042	Barra Mansa	ANEEL	376	22°32'17"	44°10'31"
02244044	Glicério	ANEEL	390	22°28'27"	44°13'44"
02244047	Visconde de Mauá	ANEEL	1030	22°19'48"	44°32'18"
02244048	Campos de Cunha	ANEEL	750	22°55'16"	44°49'20"
02244058	Mirantão	ANEEL	1070	22°20'20"	44°35'27"
02244101	Volta Redonda	LIGHT	390	22°30'46"	44°05'39"
02244104	Sítio das Palmeiras	LIGHT	390	22°26'48"	44°18'15"
02245007	Cachoeira Paulista	ANEEL	511	22°39'42"	45°00'45"
02245032	Guaratinguetá	ANEEL	519	22°48'44"	45°10'57"
02245048	Pindamonhangaba	ANEEL	524	22°54'40"	45°28'13"
02245055	Estrada do Cunha	ANEEL	790	22°59'45"	45°02'30"
02344009	Alto Serra do Mar	ANEEL	1050	23°09'13"	44°51'32"
02345005	Capivara	DAEE-SP	800	23°04'00"	45°04'00"
02345009	Fazenda Santa Leonor	DAEE-SP	760	23°09'00"	45°23'00"
02345021	Catucaba	DAEE-SP	830	23°15'00"	45°12'00"
02345031	Laranjal	DAEE-SP	800	23°22'00"	45°22'00"
02345062	Taubaté	ANEEL	586	23°02'22"	45°33'32"
02345063	Capaçava	ANEEL	545	23°04'40"	45°42'37"
02345065	São Luiz do Paraitinga	ANEEL	760	23°14'22"	45°18'19"
02345067	Ponte Alta 1	ANEEL	888	23°19'44"	45°08'38"
02345071	Santa Branca	ANEEL	573	23°22'08"	45°54'00"
02346099	Guararema	ANEEL	567	23°25'09"	46°01'28"

### 3.4. Extração das características físicas da bacia com base no MDEHC

A delimitação das bacias de drenagem de cada estação fluviométrica foi feita de modo automático, com base no MDEHC obtido, bastando para tal a localização exata de cada uma das estações.

Para a implementação da delimitação automática foram utilizadas duas bases de dados, geradas a partir do MDEHC:

- base de dados contendo a direção do escoamento de cada célula; e
- base de dados contendo o valor do escoamento acumulado de cada célula.

A direção do escoamento superficial foi obtida através do método determinístico de oito células vizinhas, que considera apenas uma das oito direções possíveis de escoamento para cada uma das células do modelo digital de elevação (Norte, Sul, Leste, Oeste, Nordeste, Noroeste, Sudeste e Sudoeste). Cada uma dessas opções foi associada a uma codificação numérica específica em um novo arquivo digital de mesma resolução espacial. O sentido de escoamento foi sempre descendente, modelando o comportamento da água no mundo real.

Por meio do algoritmo “flowaccumulation”, disponível no software ARCVIEW 3.2a, foi calculado o número de células localizadas a montante de cada célula, obtendo-se o escoamento acumulado para cada uma delas. Células que possuem valor acumulado igual a zero correspondem, em geral, às cristas e picos.

A delimitação dos limites da bacia hidrográfica necessitou da base de dados da direção do fluxo e da criação de uma nova base de dados contendo o ponto de partida para a delimitação da bacia, que neste trabalho foi a localização de cada estação fluviométrica.

De posse da delimitação da área de cada bacia, passou-se então à determinação das diferentes características físicas usadas no estudo de regionalização. O cálculo da densidade de drenagem ( $D_d$ ) foi realizado a partir da estimativa de variáveis primárias como a área da bacia ( $A$ ) e o comprimento total dos cursos d'água ( $L_{total}$ ). Os cursos d'água principais ( $L$ ) foram identificados como aqueles que drenavam a maior área, em suas respectivas bacias. Já as determinações da declividade média da bacia ( $S_m$ ) e da declividade do curso d'água principal ( $S_{rp}$ ) foram feitas com o auxílio do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC). A declividade média da bacia foi calculada pela média aritmética das declividades de todas as células do interior de cada

área de drenagem. Já a declividade média do curso d'água principal foi calculada com base no critério de declividade equivalente constante, utilizando-se a equação 4.

### 3.5. Determinação das características de precipitação média de cada bacia

As características climáticas utilizadas no estudo de regionalização foram: precipitação do semestre mais chuvoso ( $P_{sc}$ ), precipitação do trimestre mais chuvoso ( $P_{tc}$ ), precipitação do mês mais chuvoso ( $P_{mc}$ ), precipitação diária máxima anual ( $P_{máx}$ ), precipitação do semestre mais seco ( $P_{ss}$ ), precipitação do trimestre mais seco ( $P_{ts}$ ) e precipitação total anual, que foi calculada com base no ano hidrológico ( $P_{aH}$ ) e também com base no ano civil ( $P_{aC}$ ). A  $P_{aH}$  foi utilizada para a regionalização da vazão média de longo período e a  $P_{aC}$  para a regionalização das vazões mínimas, das vazões associadas aos diferentes níveis de permanência e das vazões correspondentes à regularização de diferentes percentagens da vazão média.

Para o cálculo da precipitação média sobre a bacia (no estudo de regionalização entende-se por bacia a área de drenagem de cada uma das estações pluviométricas) foi utilizado o método do Polígono de Thiessen. Este método atribui um fator de peso aos totais precipitados em cada aparelho proporcional à área de influência de cada um. As áreas de influência (pesos) foram determinadas em mapas da bacia contendo as estações, unindo-se os pontos adjacentes por linhas retas e, em seguida, traçando-se as mediatrizes dessas retas, formando polígonos.

A precipitação média ( $P_m$ ) foi calculada pela média ponderada entre a precipitação de cada estação e o peso a ela atribuído ( $P_i$ ).

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (6)$$

em que

$P_i$  = precipitação pluviométrica de cada estação (mm);

$A_i$  = área de influência de  $P_i$ , km<sup>2</sup>; e

$n$  = número de estações pluviométricas consideradas.

Foi utilizada para a obtenção da precipitação média na área de drenagem das diferentes estações pluviométricas rotina computacional desenvolvida no Departamento

de Engenharia Agrícola da UFV, e disponibilizada no software RH 3.0 (EUCLYDES et al., 1999), bastando para tal o fornecimento das coordenadas geográficas das estações pluviométricas, o valor precipitado no período a ser analisado (total anual, semestre mais chuvoso, etc) e o arquivo com o contorno da área de drenagem de cada estação pluviométrica (extensão vec).

### 3.6. Preenchimento de falhas

Após a análise dos dados hidrológicos, àqueles inexistentes ou considerados inconsistentes foram atribuídas falhas para posterior preenchimento. O preenchimento de falhas foi realizado por meio de correlações segundo critérios consagrados de escolha de bases para as regressões.

Para um mesmo curso d'água iniciou-se, preferencialmente, pela estação mais próxima e, quando esta condição não era atendida, foi aplicado o princípio da semelhança hidrológica, tendo nos coeficientes de correlação a base para a tomada de decisão.

Para o preenchimento de falhas de vazão foi utilizada a regressão linear simples.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (7)$$

em que

$Y$  = vazão do posto com falhas;

$X$  = vazão do posto com dados; e

$\beta_0$  e  $\beta_1$  = parâmetros ajustados na regressão.

Para o preenchimento de falhas em séries pluviométricas, utilizou-se o método da ponderação regional com base em regressões lineares, que consiste em estabelecer regressões lineares entre o posto com dados a serem preenchidos,  $Y_c$ , e cada um dos postos vizinhos,  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . De cada uma das regressões lineares efetuadas obtém-se o coeficiente de correlação, sendo o preenchimento realizado com base na equação

$$Y_c = \frac{r_{yx1} X_1 + r_{yx2} X_2 + \dots + r_{yx_n} X_n}{(r_{yx1} + r_{yx2} + \dots + r_{yx_n})} \quad (8)$$

em que

$r_{yxj}$  = coeficiente de correlação entre os postos citados; e

n = número de postos vizinhos considerados.

Para a realização do preenchimento tanto dos dados de vazão como de precipitação adotou-se como critério a obtenção de coeficiente de determinação superior a 0,7 e a existência de pelo menos oito pares de eventos entre as estações para a realização da regressão.

### **3.7. Identificação das regiões hidrologicamente homogêneas**

As regiões que subdividem uma área maior foram escolhidas, teoricamente, com base na homogeneidade das características hidrológicas. Na prática, a homogeneidade na regionalização foi traduzida por um alto coeficiente de determinação, obtido da aplicação da regressão múltipla das vazões com as características físicas e climáticas das bacias.

Foram utilizados dois critérios para identificação das regiões homogêneas:

a) Critério baseado na análise da distribuição de frequência das vazões adimensionalizadas de cada estação.

O princípio em que se baseia este critério é que as distribuições de frequência das vazões médias, máximas e mínimas das estações em uma região hidrologicamente homogênea seguem uma mesma tendência, sendo as diferenças proporcionais à média das séries de vazões consideradas. Essa característica permite que ao se obter séries transformadas de vazões, através da divisão dos seus valores pelas respectivas médias, as distribuições de frequência dessas séries transformadas sejam idênticas.

O gráfico formado pelos pontos representativos dos valores de vazões, anotados em papel probabilístico adequado, é uma linha reta. A equação da reta de regressão foi ajustada às vazões adimensionalizadas de cada estação plotadas em papel probabilístico. Os parâmetros foram estimados pelo método gráfico e o ajuste foi feito pelo método dos mínimos quadrados.

As estações que apresentaram valores do coeficiente de regressão “b” próximos foram consideradas, para efeito do estudo, como pertencentes a uma região homogênea do ponto de vista hidrológico.

b) Critério estatístico baseado na análise do ajuste do modelo de regressão múltipla.

Estabeleceu-se regressões múltiplas entre as séries de vazões (média, máxima e mínima) e as diferentes características físicas e climáticas das bacias, com base na seguinte função:

$$Q = F(A, L, Dd, S_m, S_{rp}, P) \quad (9)$$

As regiões hidrologicamente homogêneas foram definidas em função da distribuição geográfica das estações e da combinação de estações que apresentou o melhor ajuste, avaliado por intermédio do teste da função F, do coeficiente de determinação ajustado, do desvio padrão dos erros do ajustamento, também chamado de erro padrão da estimativa, e dos erros percentuais (%dr) entre os valores das vazões observadas e estimadas pelos modelos de regressão obtidos para cada uma das regiões homogêneas.

Quando os dois critérios apresentaram bons resultados a região foi definida como hidrologicamente homogênea para as vazões estudadas, entretanto nos casos em que isso não ocorreu houve a necessidade de subdividir a região ou reorganizar as estações dentro das regiões e reiniciar o processo.

### **3.8. Regionalização de vazões máxima, mínima e média de longo período**

As vazões máximas e mínimas foram regionalizadas com um determinado nível de risco, ou seja, associadas a um período de retorno específico (T). Já a vazão média de longo período, por ser caracterizada como a média das vazões médias diárias anuais, foi regionalizada sem se considerar o nível de risco.

Verificou-se por meio da análise da data de ocorrência dos valores máximos diários anuais que, na quase totalidade dos anos da série histórica, estes ocorriam entre os meses de setembro a abril e, por isso, foi adotado, para a regionalização das vazões máxima e média, o ano hidrológico com início em setembro. Tendo em vista o fato de não ter sido identificado de forma clara ao longo da bacia o período definido de ocorrência de eventos mínimos, optou-se por trabalhar com o ano civil (janeiro-dezembro) na regionalização da vazão mínima.

O intervalo de tempo utilizado para a definição da vazão média foi de um dia, de modo que foi determinada uma vazão média (baseada em dados diários) de longo período para cada estação fluviométrica estudada.

A regionalização da vazão média e da sua distribuição estatística foi realizada com base em duas etapas:

- determinação da curva adimensional de probabilidade de vazões médias anuais; e

- ajuste da equação de regressão entre a vazão média das médias anuais, ou vazão média de longo período, e as características físicas e climáticas da bacia.

Após a seleção e análise de dados básicos, as séries anuais de vazões máximas diárias e mínimas com sete dias de duração para cada estação foram submetidas à análise estatística, para identificação do modelo probabilístico que melhor se ajustava aos dados. Os modelos de distribuição de eventos extremos máximos ajustados foram os seguintes: Gumbel, Log-Normal a dois e três parâmetros, Pearson e Log-Pearson III. Já para eventos mínimos foram utilizadas as seguintes distribuições: Log-Normal a dois e três parâmetros, Pearson III, Log-Pearson III e Weibull.

As funções densidade de probabilidade,  $f(x)$ , e as funções de distribuição acumulada,  $F(x)$ , das distribuições teóricas Log-Normal a dois parâmetros, Log-Normal a três parâmetros, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III, Gumbel e Weibull são representadas pelas expressões apresentadas a seguir (NERC, 1975; HAAN, 1977, STEDINGER et al., 1992).

**- Distribuição Log-Normal a dois parâmetros:**

$$f(x) = \frac{1}{x \sigma_Y \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}\right]; \quad x > 0 \quad (10)$$

em que

$f(x)$  = função densidade ou de intensidade de probabilidade de uma variável aleatória contínua qualquer;

$\mu_Y$  = parâmetro de posição da distribuição Log-Normal;

$\sigma_Y^2$  = parâmetro de escala da distribuição Log-Normal;

$X$  = variável aleatória; e

$Y = \ln(X)$ .

A função de distribuição acumulada é dada pela expressão

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \left\{ \frac{1}{x\sigma_Y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}\right] \right\} dx \quad (11)$$

ou,

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = \int_0^x f(x)dx = P[X \leq x] \quad (12)$$

ou seja, a integral da função densidade de probabilidade fornece a probabilidade de que uma variável aleatória normal  $X$ , de parâmetros  $\mu_Y$  e  $\sigma_Y$ , seja igual ou inferior a um valor dado  $x$ .

### - Distribuição Log-Normal a três parâmetros:

Esta distribuição difere da distribuição Log-Normal a dois parâmetros pela introdução de um parâmetro de posição  $x_0$ , tal que  $Y = \ln(x - x_0)$ .

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sigma_Y\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[\ln(x - x_0) - \mu_Y]^2}{2\sigma_Y^2}\right\} \quad (13)$$

$$F(x) = \int_{x_0}^x \frac{1}{(x - x_0)\sigma_Y\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[\ln(x - x_0) - \mu_Y]^2}{2\sigma_Y^2}\right\} dx \quad (14)$$

### - Distribuição Pearson tipo III:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha x \Gamma(\beta)} \left\{ \frac{x - x_0}{\alpha} \right\}^{\beta-1} \exp\left\{-\frac{x - x_0}{\alpha}\right\} \quad (15)$$

$$F(x) = \int_{x_0}^z \frac{1}{\alpha x \Gamma(\beta)} \left\{ \frac{x - x_0}{\alpha} \right\}^{\beta-1} \exp\left\{-\frac{x - x_0}{\alpha}\right\} dx \quad (16)$$

em que

$\alpha$  = parâmetro de escala da distribuição Pearson tipo III;

$\beta$  = parâmetro de forma da distribuição Pearson tipo III;

$x_0$  = parâmetro de posição da distribuição Pearson tipo III; e

$\Gamma(\cdot)$  = função Gamma.

**- Distribuição Log-Pearson tipo III:**

$$f(x) = \frac{1}{\alpha x \Gamma(\beta)} \left\{ \frac{\ln x - x_0}{\alpha} \right\}^{\beta-1} \exp\left\{ -\frac{\ln x - x_0}{\alpha} \right\} \quad (17)$$

$$F(x) = \int_{x_0}^z \frac{1}{\alpha x \Gamma(\beta)} \left\{ \frac{\ln x - x_0}{\alpha} \right\}^{\beta-1} \exp\left\{ -\frac{\ln x - x_0}{\alpha} \right\} dx \quad (18)$$

**- Distribuição Gumbel:**

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left\{ -\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right) - \exp\left[\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right] \right\} \quad (19)$$

em que

$$\begin{cases} -\infty < x < \infty \\ -\infty < \beta < \infty \\ \alpha > 0 \end{cases}$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\alpha} \exp\left\{ -\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right) - \exp\left[\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right] \right\} dx \quad (20)$$

ou,

$$F(x) = \exp\left[ -\exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right) \right] \quad (21)$$

em que  $\alpha$  é o parâmetro de escala e  $\beta$  o parâmetro de posição, sendo válidas as seguintes relações:

$$E(X) = \beta + \frac{\delta}{\alpha}; \quad \delta = 0,57721 \text{ (constante de Euler)}$$

$$\text{Var}(X) = \frac{\pi}{\sqrt{6} \alpha^2} \quad (22)$$

$$g = 1,1396$$

em que

$$E(X) = \text{esperança matemática};$$

Var (X) = variância de X; e

g = coeficiente de assimetria.

**- Distribuição Weibull:**

$$f(x) = \frac{k}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^k\right] \quad (23)$$

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^k\right] \quad (x > 0) \quad (24)$$

A seleção da distribuição de probabilidade ajustável a cada série histórica foi efetuada utilizando-se o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 20% de probabilidade, e o ajuste dos parâmetros de cada distribuição realizado por intermédio do método dos momentos, que consiste em igualar os momentos populacionais da série aos momentos amostrais de uma série de eventos aleatórios, quais sejam, a média, o desvio padrão e os coeficientes de assimetria e de curtose.

O teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) pressupõe que se duas sub-amostras são de uma mesma população, então as distribuições de probabilidades acumuladas das duas sub-amostragens devem estar muito próximas. Se duas distribuições acumuladas são "muito discrepantes" em determinado ponto, então as sub-amostras podem ser de populações diferentes. Assim, um grande desvio é uma indicação para rejeitar-se a hipótese  $H_0$  (de serem da mesma população).

O teste é baseado nos desvios da função de distribuição da amostra de eventos  $P(x)$  em relação à função de distribuição contínua escolhida  $P_0(x)$ , assim:

$$D_n = \max |P(x) - P_0(x)| \quad (25)$$

O teste requer que o valor de  $D_n$  obtido seja menor que o valor tabelado para um determinado nível de confiança. Se o valor de  $D_n$  for maior que o valor crítico, rejeita-se  $H_0$ . No Quadro 1 encontram-se os valores críticos para os níveis de significância usuais.

Quadro 1 – Valores críticos de  $D_n$  para o teste de Kolmogorov-Smirnov

Tamanho amostra (n)	Nível de significância para $D_n = \max  P(x) - Po(x) $				
	$\alpha = 20\%$	$\alpha = 15\%$	$\alpha = 10\%$	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 1\%$
1	0,900	0,925	0,950	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,828
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,733
5	0,446	0,474	0,510	0,565	0,669
6	0,410	0,436	0,470	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,410	0,490
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,392
17	0,250	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,371
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,363
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,356
25	0,210	0,220	0,240	0,270	0,320
30	0,190	0,200	0,220	0,240	0,290
35	0,180	0,190	0,210	0,230	0,270
> 35	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,63}{\sqrt{n}}$

FONTE: HAAN, 1977.

Ao se analisar os dados do Quadro 1 verifica-se que os valores críticos de  $D_n$  para o nível de significância de 20% são menores que para 5 ou 1% e, em função disso, maior a possibilidade do valor de  $D_n$  obtido ser maior que o valor tabelado, tornando o teste mais rigoroso.

Após a seleção da distribuição probabilística com melhor ajuste aos dados de vazões foram obtidos os valores das vazões mínimas com sete dias de duração associadas aos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20 e 50 anos, e de 2, 10, 20, 50 e 100 anos para vazão máxima.

De posse dos dados de vazões máxima, mínima e média de longo período e das características físicas ( $A$ ,  $L$ ,  $Dd$ ,  $S_m$  e  $S_{rp}$ ) e de precipitação média pluvial ( $P_{aH}$ ,  $P_{aC}$ ,  $P_{sc}$ ,  $P_{tc}$ ,  $P_{mc}$ ,  $P_{máx}$ ,  $P_{ss}$ ,  $P_{ts}$ ) correspondentes às áreas de drenagem das diferentes estações

fluviométricas pertencentes a uma mesma região homogênea, foi aplicada a regressão múltipla à vazão média de longo período e às vazões específicas máximas e mínimas para os períodos de retorno estudados.

No ajuste das equações foram utilizados os seguintes modelos de regressão:

- Modelo linear

$$Q = \beta_0 + \beta_1 \mathbf{A} + \beta_2 \mathbf{L} + \beta_3 \mathbf{Dd} + \beta_4 \mathbf{S_m} + \beta_5 \mathbf{S_{rp}} + \beta_6 \mathbf{P} \quad (26)$$

- Modelo Potencial

$$Q = \beta_0 \mathbf{A}^{\beta_1} \mathbf{L}^{\beta_2} \mathbf{Dd}^{\beta_3} \mathbf{S_m}^{\beta_4} \mathbf{S_{rp}}^{\beta_5} \mathbf{P}^{\beta_6} \quad (27)$$

- Modelo Exponencial

$$Q = e^{(\beta_0 + \beta_1 \mathbf{A} + \beta_2 \mathbf{L} + \beta_3 \mathbf{Dd} + \beta_4 \mathbf{S_m} + \beta_5 \mathbf{S_{rp}} + \beta_6 \mathbf{P})} \quad (28)$$

- Modelo Logarítmico

$$Q = \beta_0 + \beta_1 \ln \mathbf{A} + \beta_2 \ln \mathbf{L} + \beta_3 \ln \mathbf{Dd} + \beta_4 \ln \mathbf{S_m} + \beta_5 \ln \mathbf{S_{rp}} + \beta_6 \ln \mathbf{P} \quad (29)$$

- Modelo Recíproco

$$Q = (\beta_0 + \beta_1 \mathbf{A} + \beta_2 \mathbf{L_p} + \beta_3 \mathbf{Dd} + \beta_4 \mathbf{S_m} + \beta_5 \mathbf{S_{rp}} + \beta_6 \mathbf{P})^{-1} \quad (30)$$

As características de precipitação média utilizadas para a regionalização da vazão máxima foram  $P_{mc}$ ,  $P_{tc}$ ,  $P_{sc}$  e  $P_{m\acute{a}x}$  e para a regionalização da vazão mínima  $P_{ts}$ ,  $P_{ss}$  e  $P_{ac}$ . Já para a regionalização da vazão média foi utilizada apenas  $P_{aH}$ .

Os melhores modelos resultantes da aplicação da regressão múltipla foram selecionados observando-se: maiores valores do coeficiente de determinação ajustado, menores valores de erro padrão fatorial, resultados significativos pelo teste F e menor número de variáveis independentes.

Foi utilizado para a obtenção dos diversos modelos de regressão múltipla o software RH 3.0, desenvolvido por EUCLYDES et al. (1999).

### 3.9. Regionalização da curva de permanência

O procedimento adotado para a obtenção da curva de permanência para cada estação fluviométrica foi o seguinte:

- seleção, para cada estação, dos anos da série histórica com mais de 95% dos dados diários de vazão, totalizando um mínimo de 347 dias. Os anos com menos de

95% dos dados foram descartados da análise para fins de obtenção da curva de permanência;

- definição de 50 intervalos de classe das vazões diárias, sendo a subdivisão das classes feita com base na escala logarítmica, devido à grande variação de magnitude das vazões envolvidas:

- cálculo do intervalo de classe pela equação

$$\Delta X = \frac{[\ln(Q_{\text{máx}}) - \ln(Q_{\text{mín}})]}{50} \quad (31)$$

em que

$Q_{\text{máx}}$  = vazão máxima da série; e

$Q_{\text{mín}}$  = vazão mínima da série.

• cálculo dos limites dos intervalos, a partir de  $Q_{\text{mín}}$ , adicionando o intervalo calculado anteriormente, o que resultou na vazão do limite superior do intervalo i:

$$Q_{i+1} = \exp[\ln(Q_i) + \Delta X] \quad (31)$$

- determinação, com base nos dados de vazão da série histórica de cada estação fluviométrica, do número de vazões classificadas em cada intervalo;

- determinação da frequência ( $f_i$ ) associada ao limite inferior de cada intervalo:

$$f_i = \frac{Nq_i}{NT} \cdot 100 \quad (32)$$

em que

$Nq_i$  = número de vazões de cada intervalo; e

$NT$  = número total de vazões.

- obtenção da curva de permanência plotando-se na ordenada os limites inferiores dos intervalos de classe de vazão e na abscissa a frequência de ocorrência.

A metodologia utilizada na regionalização da curva de permanência compreendeu as etapas seguintes:

- determinação da curva de permanência de cada posto fluviométrico, conforme metodologia apresentada anteriormente;

- determinação das vazões associadas a 50, 75, 80, 90 e 95% de permanência no tempo, a partir da curva de permanência obtida para as diferentes estações.

- estabelecimento das equações de regressão para  $Q_{50}$ ,  $Q_{75}$ ,  $Q_{80}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  com base nas características físicas da bacia de drenagem e características de precipitação média correspondentes ao total anual ( $P_{ac}$ ), semestre mais seco ( $P_{ss}$ ) e trimestre mais seco ( $P_{ts}$ ), para cada região homogênea.

### 3.10. Regionalização da curva de regularização

A regionalização da curva de regularização envolveu as seguintes etapas:

- seleção da série de vazões diárias correspondente apenas aos anos com mais de 95% dos dados;

- cálculo da vazão média com base na série histórica utilizada ( $\bar{Q}$ );

- estabelecimento de 20 diferentes valores de vazão a serem regularizados ( $Q_{reg\ i}$ ), utilizando-se uma variação de 0,05 da  $\bar{Q}$  para cada valor, ou seja, as vazões regularizadas variaram de 0,05 a 1,0  $\bar{Q}$

- obtenção da equação de regularização para cada vazão regularizada  $\beta_i = Q_{reg\ i} / \bar{Q}$ ;

- obtenção, para cada vazão a ser regularizada, dos valores das diferenças entre as vazões diárias naturais e a vazão a ser regularizada;

- determinação do volume necessário do reservatório para atender a equação de regularização: quando  $Q_{natural} < Q_{reg\ i}$  (diferença negativa) foi iniciado o acúmulo das diferenças de vazões até que fosse obtido um valor acumulado positivo. Foi pesquisado então o maior volume acumulado até o momento e repetido o mesmo procedimento iniciando-se o acúmulo no próximo valor de diferença negativa. Ao final de todos os cálculos foi feita uma nova pesquisa para identificar o máximo volume deficitário acumulado para cada vazão regularizada.;

- cálculo, para cada  $Q_{reg\ i}$ , do valor de  $\alpha_i$  (adimensionalização com base na vazão média de longo período)

$$\alpha_i = \frac{\text{Volume Reservatório}}{86400 \times 365 \times \bar{Q}} \quad (33)$$

- montagem de tabela com o valor de  $\alpha_i$  para cada um dos 20 valores de  $\beta_i$ ;

- ajuste da curva de regularização para cada estação fluviométrica, relacionando os valores de  $\alpha_i$  e  $\beta_i$ ; e

- estabelecimento, para cada região homogênea, das equações de regressão regionalizadas para os valores de  $\beta_i$  de 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 e 1,0, com base nas características físicas da bacia de drenagem e de precipitação média correspondentes ao total anual ( $P_{ac}$ ), semestre mais seco ( $P_{ss}$ ) e trimestre mais seco ( $P_{ts}$ ), para cada região homogênea.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**

O modelo digital de elevação obtido pôde ser considerado hidrologicamente consistente devido ao fato da rede de drenagem gerada ter apresentado sobreposição com a rede de drenagem mapeada (Figura 8). Para a determinação da rede de drenagem gerada a partir do MDEHC considerou-se como início da formação de um canal de drenagem o acúmulo de 50 células, ou seja, 4,5 ha. Este valor foi obtido após a realização de diversos testes, sendo este o que apresentou a maior coincidência quando comparado com a rede de drenagem mapeada. Além da comparação entre as redes de drenagem mapeada e gerada fez-se também a verificação da consistência nas delimitações automáticas das áreas de drenagem das diferentes estações fluviométricas (Figuras 9 e 10), comprovada pela inexistência de cortes na hidrografia e localização correta de divisores de água. Na Figura 9 apresentou-se em detalhe a delimitação da bacia de contribuição correspondente à estação fluviométrica Cerâmica Quirino (58155000), escolhida aleatoriamente, sendo que as delimitações das outras estações podem ser visualizadas na Figura 10. As setas que aparecem na Figura 9 correspondem à direção de escoamento de cada segmento de drenagem.

Na Figura 11 é apresentada visão geral do MDEHC gerado para a bacia do Paraíba do Sul a montante de Volta Redonda, indicando a cota para cada célula da área. A Figura 12 apresenta vista parcial do MDEHC utilizando efeito de sombreado para permitir melhor visualização do relevo da área relativa à represa de Funil, nas proximidades da cidade de Itatiaia.

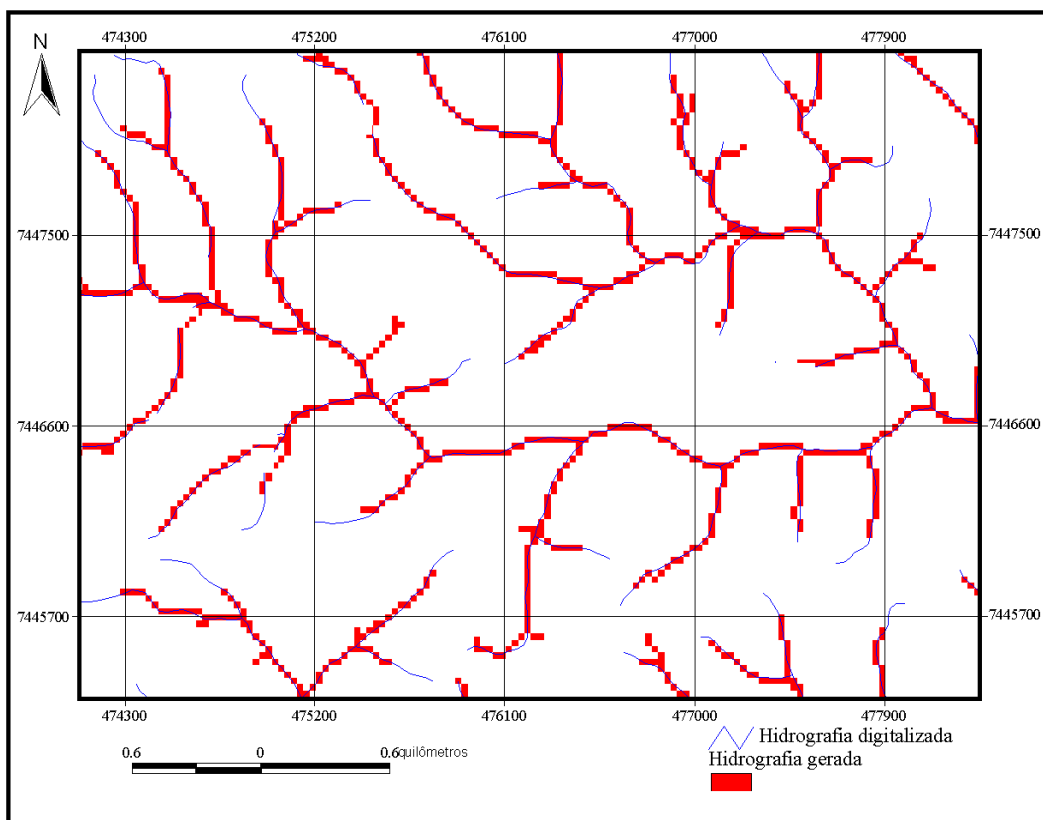


Figura 8 – Comparação visual da rede de drenagem gerada pelo modelo com a drenagem mapeada.

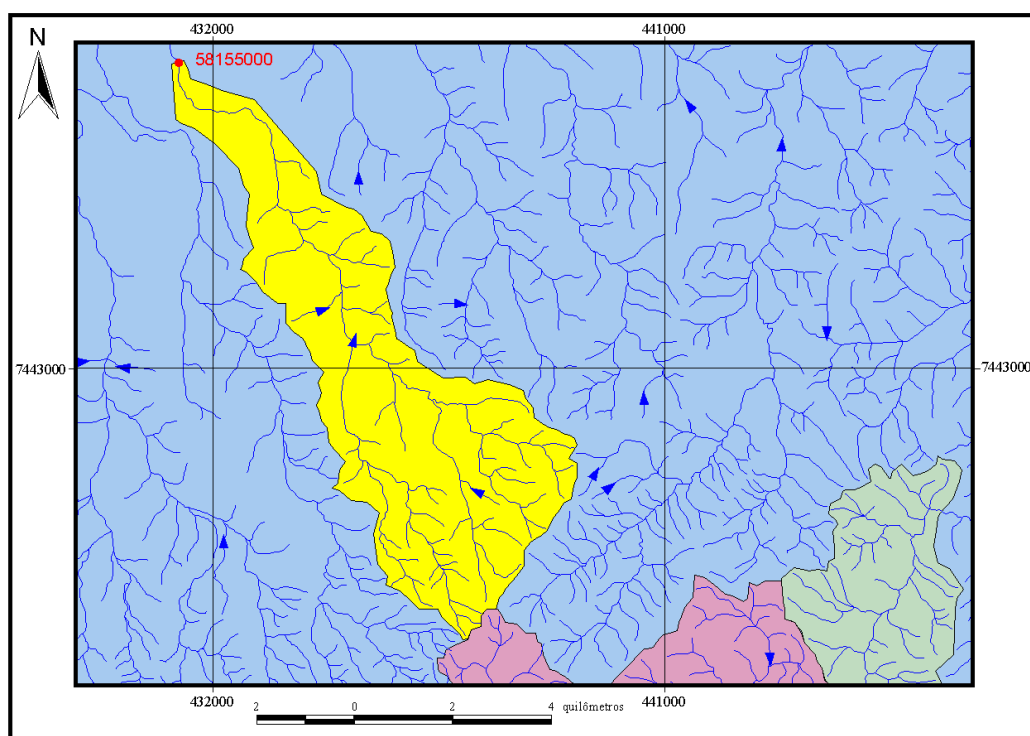


Figura 9 – Verificação da delimitação automática da bacia de contribuição a montante da estação fluviométrica 58155000.

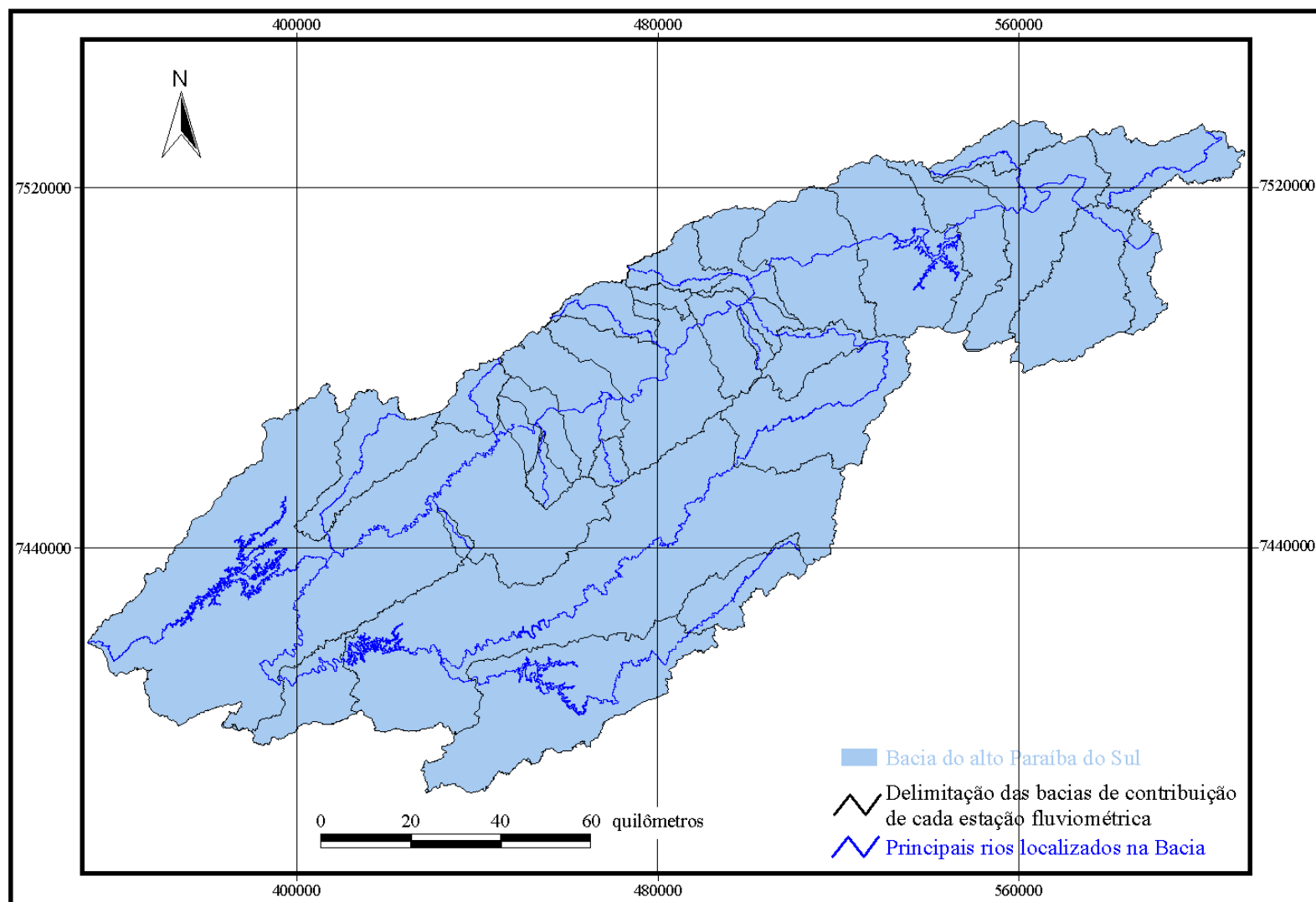


Figura 10. Delimitação das bacias de contribuição de cada estação fluviométrica utilizada no estudo de regionalização.

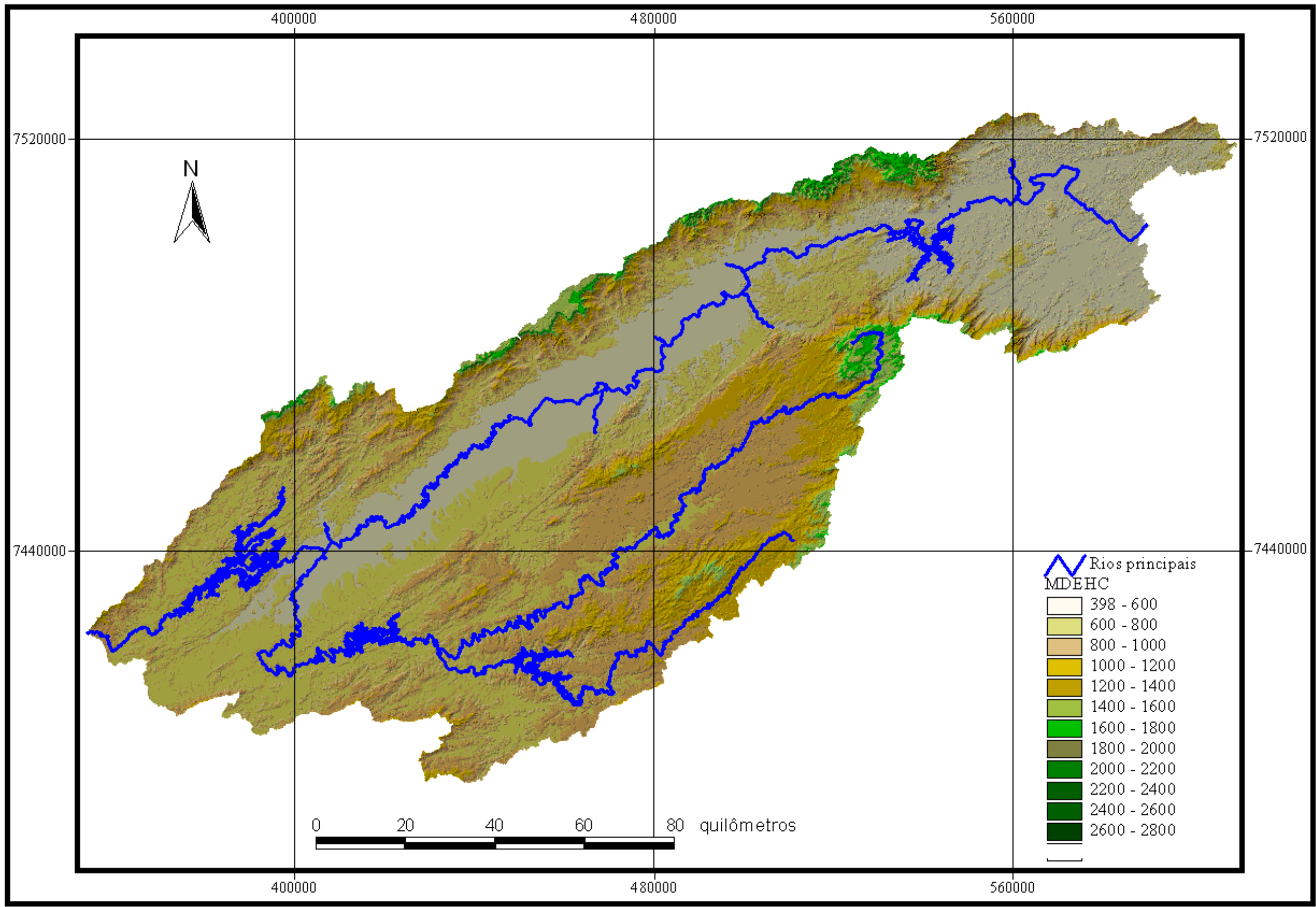


Figura 11. Modelo digital de elevação hidrológicamente consistente contendo a cota para cada célula da área em estudo.

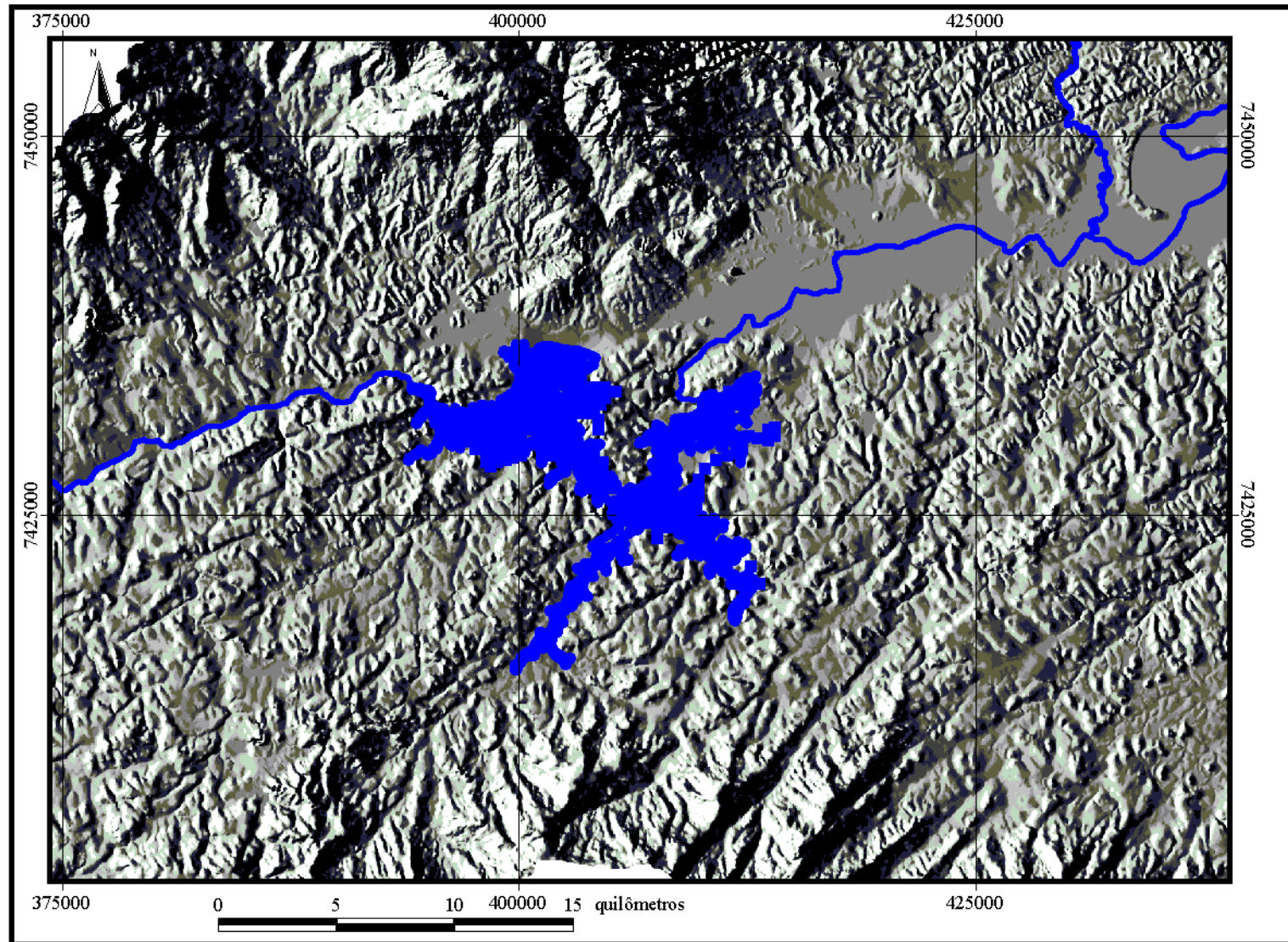


Figura 12. Vista parcial do MDEHC utilizando-se efeito de sombreamento para melhor visualização do relevo da área em estudo.

## 4.2. Características físicas e de precipitação média pluvial da bacia

Nos Quadros 6 e 7 são apresentados os valores das características físicas e da precipitação média na bacia de contribuição para cada uma das 30 estações fluviométricas efetivamente utilizadas no estudo de regionalização.

Verifica-se, pelo Quadro 6, que a área de drenagem das estações fluviométricas utilizadas variou de valores desde 30,46 km<sup>2</sup>, como é o caso da estação com código 58155000, até valores de 15.839,24 km<sup>2</sup> para a estação 58305000, localizada nas proximidades da cidade de Volta Redonda e, portanto, na foz do trecho superior da bacia do Paraíba do Sul. Nota-se, também, que a densidade de drenagem variou de 1,96 a 3,43 km km<sup>-2</sup>, e o comprimento do rio principal de 15,08 a 898,31 km para as áreas de drenagem correspondentes às diferentes estações fluviométricas. Estes valores são altamente influenciáveis pela escala dos mapas utilizados para a geração do MDEHC, que no presente trabalho foi de 1:50.000. Diversos pesquisadores (SILVA, 2002a, SILVA, 2002b, EUCLYDES, 2001a, EUCLYDES, 2002), trabalhando com mapas na escala de 1:250.000, obtiveram valores de densidade de drenagem variando de 0,17 a 0,88 km km<sup>-2</sup>. Os valores de declividade média das áreas de drenagem das diferentes estações fluviométricas variaram de 7,2 até 40,2%, sendo a declividade média da área em estudo em torno de 16%. Por último, os valores de declividade média dos cursos d'água principais variaram de 0,04 até 2,3 %. Vale ressaltar que tanto a declividade da bacia como do rio principal apresentaram os maiores valores nas áreas de cabeceira, sendo as estações situadas ao longo do rio Paraíba do Sul as que apresentaram as menores declividades, tanto média da bacia quanto do curso d'água principal.

Na obtenção das características de precipitação média pluvial na região em estudo, apresentadas no Quadro 7, verificou-se que o mês mais chuvoso normalmente é dezembro, o mais seco julho, o trimestre mais chuvoso inclui os meses de novembro, dezembro e janeiro, enquanto o mais seco inclui junho, julho e agosto. Já a precipitação máxima diária ocorre, na maior parte dos anos, no mês de janeiro.

Quadro 6 – Características físicas das estações fluviométricas utilizadas na regionalização

<b>Código da Estação</b>	<b>Nome da Estação</b>	<b>A (km<sup>2</sup>)</b>	<b>L (km)</b>	<b>L<sub>(total)</sub> (km)</b>	<b>Dd (km km<sup>2</sup>)</b>	<b>Sm (m m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Srp (m m<sup>-1</sup>)</b>
58030000	Estrada do Cunha	716,64	86,45	2105,52	2,94	0,1879	0,0053
58060000	Ponte Alta 1	264,09	45,71	650,98	2,47	0,1958	0,0060
58087300	UHE Paraibuna-jus	1374,71	197,79	2863,84	2,08	0,1737	0,0010
58096000	Santa Branca-jus.barr,	4891,82	391,41	12161,94	2,49	0,1657	0,0006
58105300	Guararema V1-018	5178,52	424,81	12910,88	2,49	0,1620	0,0005
58142200	Buquirinha 2	390,17	48,46	1288,51	3,30	0,2315	0,0036
58155000	Ceramica Quirino 2E-016	30,46	17,29	70,11	2,30	0,0953	0,0063
58165000	Fazenda Kanegai 2D-054R	161,67	27,75	423,41	2,62	0,2418	0,0230
58182500	Ponte de Pindamonhangaba	9530,43	594,18	22772,17	2,39	0,1478	0,0005
58183000	Pindamonhangaba (PCD)	9626,03	602,97	22874,56	2,38	0,1470	0,0004
58185000	Pindamonhangaba 2D-025	80,75	23,84	158,27	1,96	0,0720	0,0025
58192000	Várzea do Paraíba 2D-025	9807,00	611,83	23236,99	2,37	0,1459	0,0004
58198000	Pirapitingui 2D-059R	67,91	15,08	165,64	2,44	0,2481	0,0225
58201000	Potim 2D-053S	10232,40	630,93	24138,59	2,36	0,1468	0,0004
58211000	Colônia Piagui 2D-037	166,13	41,164	515,24	3,10	0,2570	0,0063
58214000	Lorena/Piquete 2D-028	11201,56	664,66	26489,91	2,36	0,1476	0,0004
58215000	Faz. Santa Catarina 2D-056	52,69	22,98	180,99	3,44	0,1807	0,0069
58217500	Piteu 2D-061R	42,44	18,62	102,03	2,40	0,1072	0,0055
58218000	Cachoeira Paulista (PCD)	11731,64	683,27	27840,98	2,37	0,1475	0,0003
58220000	Fazenda Santa Clara	199,72	32,46	583,1	2,92	0,2430	0,0077
58227000	Embaú 2D-058R	177,48	34,51	526,39	2,97	0,2643	0,0059
58230100	Cruzeiro 1D-008R	12151,30	697,51	28986,11	2,39	0,1512	0,0004
58235100	Queluz V1-033	12741,60	722,49	30492,73	2,39	0,1535	0,0004
58242000	Itatiaia	13477,24	820,86	32474,01	2,41	0,1594	0,0005
58250000	Resende	13817,80	835,33	33459,12	2,42	0,1607	0,0005
58258000	Ponte Nova	172,25	29,24	387,16	2,25	0,4024	0,0078
58262000	Floriano V1-082	14695,62	874,92	34456,25	2,34	0,1647	0,0005
58270000	Glicerio	374,45	55,04	904,76	2,42	0,2306	0,0043
58300001	Barra Mansa V1-034	15692,24	889,81	37879,34	2,41	0,1682	0,0004
58305000	Volta Redonda V1-080	15839,24	898,31	38264,03	2,42	0,1669	0,0004

Quadro 7 – Características de precipitação média pluvial das estações fluviométricas utilizadas na regionalização

Código da Estação	Nome da Estação	Precipitação média pluvial (mm)							
		Anual (P <sub>aH</sub> )*	Anual (P <sub>aC</sub> )**	Semestre mais chuvoso (P <sub>sc</sub> )	Trimestre mais chuvoso (P <sub>tc</sub> )	Mês mais chuvoso (P <sub>mc</sub> )	Máxima diária anual (P <sub>máx</sub> )	Semestre mais seco (P <sub>ss</sub> )	Trimestre mais seco (P <sub>ts</sub> )
58030000	Estrada do Cunha	1439,4	1418,9	1117,9	682,3	293,7	68,0	316,8	90,0
58060000	Ponte Alta 1	2041,1	2044,6	1524,8	935,1	413,9	106,6	529,5	164,3
58087300	UHE Paraibuna-jus	1742,5	1750,4	1312,6	836,2	358,7	82,0	439,4	135,4
58096000	Santa Branca-jus,barr.	1538,8	1543,1	1181,9	754,5	321,4	75,5	363,4	106,8
58105300	Guararema V1-018	1531,9	1533,6	1176,4	753,1	319,6	75,6	361,8	106,6
58142200	Buquirinha 2	1342,4	1323,6	1042,9	658,7	256,4	71,8	318,5	90,3
58155000	Ceramica Quirino	1334,8	1315,4	1037,9	655,0	258,2	71,1	313,8	88,3
58165000	Fazenda Kanegai	1228,9	1116,2	975,8	593,4	264,2	66,5	237,4	70,0
58182500	Ponte de Pindamonhangaba	1452,0	1436,3	1115,5	716,5	295,7	73,3	342,5	100,3
58183000	Pindamonhangaba (PCD)	1451,3	1435,2	1115,0	716,0	295,7	73,2	342,1	100,2
58185000	Pindamonhangaba	1261,8	1196,8	993,7	615,4	266,2	66,5	259,9	73,5
58192000	Várzea do Paraíba	1446,4	1428,5	1111,9	713,4	294,9	73,1	339,9	99,6
58198000	Pirapitingui 2D-059R	1310,2	1270,0	1028,0	637,6	271,1	68,1	278,0	78,0
58201000	Potim 2D-053S	1439,5	1418,7	1107,8	709,2	293,9	72,9	336,5	98,5
58211000	Colônia Piagui 2D-037	1497,0	1488,7	1168,6	702,6	298,2	77,7	348,4	95,1
58214000	Lorena/Piquete 2D-028	1443,0	1423,2	1112,0	708,3	294,2	73,3	337,0	98,0
58215000	Faz. Santa Catarina	1386,3	1380,7	1092,6	667,5	289,9	83,3	305,3	79,2
58217500	Piteu 2D-061R	1497,3	1516,6	1188,8	739,8	334,9	78,8	325,1	80,1
58218000	Cachoeira Paulista	1444,7	1425,9	1114,8	709,1	295,6	73,6	336,1	97,1
58220000	Fazenda Santa Clara	1605,2	1595,4	1267,9	787,7	357,7	79,0	334,4	80,3
58227000	Embaú 2D-058R	1337,5	1329,6	1060,3	653,0	287,1	86,3	284,1	70,7
58230100	Cruzeiro 1D-008R	1443,5	1424,6	1114,9	708,3	295,8	74,1	334,8	96,3
58235100	Queluz V1-033	1447,7	1429,6	1119,4	710,2	297,7	74,9	334,4	95,6
58242000	Itatiaia	1448,6	1433,0	1122,1	711,4	299,5	75,4	332,4	94,6
58250000	Resende	1452,2	1438,5	1126,7	714,7	300,7	75,6	331,4	93,9
58258000	Ponte Nova	2187,6	2208,3	1803,1	1127,6	480,5	99,6	383,6	96,0
58262000	Floriano V1-082	1464,2	1452,2	1140,0	723,6	305,2	76,3	329,9	92,9
58270000	Glicerio	1598,8	1652,1	1294,0	830,7	376,3	83,3	298,9	78,2
58300001	Barra Mansa V1-034	1463,5	1453,8	1143,0	726,4	307,7	76,8	325,4	90,8
58305000	Volta Redonda V1-080	1461,7	1452,1	1142,1	726,0	307,7	76,9	324,4	90,3

\*Considerando o ano hidrológico (setembro – agosto)

\*\*Considerando o ano civil (janeiro – dezembro)

### **4.3. Preenchimento de falhas e extensão de séries**

Nos Quadros 8, 9 e 10 são apresentadas as informações referentes às estações usadas no preenchimento de falhas das séries de vazões máximas, mínimas e médias, respectivamente, assim como as equações de regressão obtidas, o valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o período de dados preenchidos para as estações com falhas em seus registros. Para a maioria das estações, entretanto, não foi possível realizar o preenchimento devido ao fato dos valores de  $R^2$  obtidos na regressão terem sido inferiores ao valor mínimo adotado de 0,7. Vale ressaltar que, para fins de preenchimento das falhas, só foram consideradas as estações que estavam próximas à estação em análise, a montante ou jusante, e, de preferência, localizadas no mesmo rio.

O preenchimento de falhas nas séries de dados pluviométricos não foi realizado pois os valores de  $R^2$  encontrados para a quase totalidade das estações não foram satisfatórios. Além disso, os períodos com falhas, na maioria das vezes, era coincidente entre a estação em análise e a estação a ser usada para o preenchimento, tornando este procedimento inviável. Os dados originais e preenchidos de vazão e os dados de precipitação média são apresentados nos Apêndices B e C, respectivamente.

### **4.4. Identificação das regiões hidrologicamente homogêneas**

Conforme já mencionado, a definição das regiões hidrologicamente homogêneas para as vazões estudadas foi feita com base em dois critérios estatísticos: distribuição de frequência em papel probabilístico das vazões adimensionalizadas de cada estação (critério 1) e ajuste de modelos de regressão múltipla das vazões com as características físicas e climáticas das áreas de drenagem de cada uma das estações fluviométricas (critério 2).

Primeiramente analisou-se o comportamento das estações por intermédio do critério 1, pois verificou-se ser este um critério menos seletivo na identificação das regiões homogêneas que o critério 2. Ajustou-se então as equações de regressão das vazões adimensionalizadas plotadas em papel probabilístico, da forma  $Y = a + bX$ , para cada estação fluviométrica. As curvas que apresentaram inclinações das retas semelhantes (coeficientes “b” próximos) foram agrupadas, fazendo-se uma identificação preliminar das estações que apresentavam um comportamento semelhante, tanto para vazões máximas como para mínimas e médias de longo período. Nesta identificação preliminar a distribuição geográfica das estações foi um fator limitante no agrupamento. Após esse pré-agrupamento, passou-se então para o critério 2, sendo este o critério determinante para a formação final das regiões consideradas hidrologicamente homogêneas.

Quadro 8 – Informações pertinentes ao preenchimento de falhas de vazões máximas

<b>Estação com falhas (Y)</b>	<b>Estação correlacionada (X)</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Período preenchido</b>
Guararema V1-018	Santa Branca-jus. Barr.	$Y = - 21,798 + 1,2824X$	0,93	1990-1997
Ponte de Pindamonhangaba	Várzea do Paraíba	$Y = 14,13 + 0,8361 X$	0,95	1978-1982
Lorena/Piquete	Potim	$Y = - 40,335 + 1,2708X$	0,98	1993-1996
Cachoeira Paulista	Potim	$Y = 38,542 + 1,053 X$	0,91	1978 -1986
Resende	Itatiaia	$Y = - 27,361 + 1,1893 X$	0,98	1979-1981; 1995 - 1997
Volta Redonda	Barra Mansa	$Y = 152,27 + 0,87 X$	0,93	1978-1980; 1989

Quadro 9 – Informações pertinentes ao preenchimento de falhas de vazões mínimas

<b>Estação com falhas (Y)</b>	<b>Estação correlacionada (X)</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Período preenchido</b>
Guararema V1-018	Santa Branca-jus. Barr.	$Y = 1,8023 + 1,0272X$	0,94	1990-1997
Lorena/Piquete	Potim	$Y = -7,8025 + 1,1505 X$	0,80	1993-1997
Cachoeira Paulista	Queluz	$Y = 19,884 + 0,7168 X$	0,92	1980 -1986
Embaú	Colônia Piagui	$Y = 0,656 + 0,7605 X$	0,85	1990 - 1995

Quadro 10 – Informações pertinentes ao preenchimento de falhas de vazões médias

<b>Estação com falhas (Y)</b>	<b>Estação correlacionada (X)</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Período preenchido</b>
Guararema V1-018	Santa Branca-jus. Barr.	$Y = -1,822 + 1,1141 X$	0,99	1990-1996
Ponte de Pindamonhangaba	Várzea do Paraíba	$Y = 7,7984 + 0,8999 X$	0,98	1978-1982
Lorena/Piquete	Potim	$Y = -21,322 + 1,2335 X$	0,99	1993-1996
Cachoeira Paulista	Potim	$Y = -2,6766 + 1,1164 X$	0,96	1979 -1987
Volta Redonda	Florianópolis	$Y = 59,012 + 0,8698 X$	0,98	1978-1980

Inicialmente fez-se uma tentativa preliminar de reunir todas as estações em uma só região, entretanto todos os modelos de regressão resultantes da aplicação da regressão múltipla aos dados das 30 estações fluviométricas apresentaram coeficientes de determinação ajustados ( $R^2_a$ ) insatisfatórios, com valores inferiores a 0,7. A bacia foi dividida em mais regiões, baseando-se na distribuição geográfica das estações, na homogeneidade das características de relevo e climáticas, na similaridade dos coeficientes de regressão “b”, nos coeficientes de determinação das equações obtidas para cada região e na dispersão dos valores observados em relação aos estimados pelos modelos de regressão selecionados para cada região homogênea.

Mesmo considerando-se todos os critérios citados anteriormente, um número mínimo de estações em cada região homogênea precisou ser respeitado pois, em caso contrário, a utilização de um número maior de variáveis explicativas nos modelos de regressão múltipla testados ficaria impossibilitada. Procurou-se então não individualizar regiões com menos do que cinco estações fluviométricas, o que proporcionaria a utilização de pelo menos duas variáveis explicativas nos modelos de regressão.

Após diversas tentativas, identificou-se quatro regiões hidrologicamente homogêneas para as vazões máxima, mínima e média de longo período para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Volta Redonda (Figura 12).

Na execução do critério 2 foram testados diversos modelos de regressão, utilizando-se várias combinações de variáveis explicativas (características físicas e climáticas), sendo que as equações recomendadas para estimar as vazões médias: máxima, mínima e média de longo período, para as quatro regiões homogêneas, são apresentadas no Quadro 11.

Analisando-se os modelos recomendados no Quadro 11, verifica-se que a área de drenagem, o comprimento do rio principal e, ou, a declividade média da bacia foram as variáveis que melhor explicaram o comportamento da vazão média máxima para todas as quatro regiões homogêneas. Para a representação do comportamento da vazão média mínima a área de drenagem e, ou, a precipitação do trimestre mais seco foram as variáveis mais expressivas, exceto para a região homogênea I, onde se destacaram, além da área, o comprimento do rio principal e a precipitação do semestre mais seco. Já o comportamento da vazão média de longo período foi melhor explicado pela área de drenagem, sendo também variáveis expressivas a precipitação total anual e o comprimento do curso d'água principal. Vale ressaltar que, além das equações apresentadas no Quadro 11, foram selecionadas diversas outras, também com boa qualidade, que estão apresentadas no Apêndice D.

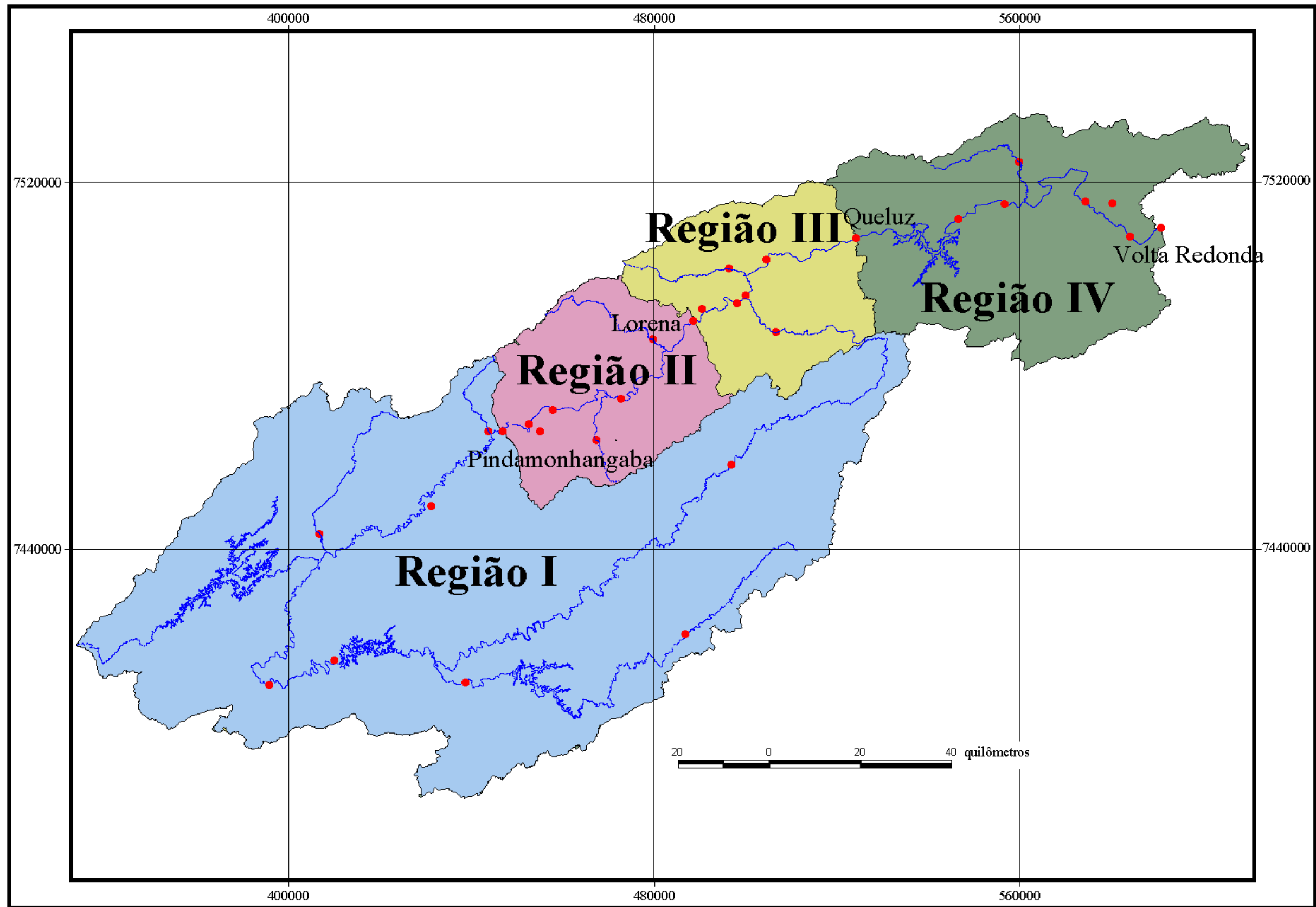


Figura 13 – Delimitação das regiões hidrológicamente homogêneas para vazões máxima, mínima e média de longo período para a bacia do Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda.

Quadro 11 - Modelos de regressão recomendados para a representação das vazões média máxima ( $\bar{Q}_{\text{máx}}$ ,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ), média mínima ( $\bar{Q}_{\text{mín}}$ ,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ), e média de longo período ( $\bar{Q}$ ,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) e parâmetros estatísticos a eles associados nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

Região	Modelos recomendados	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)
<b>Vazão média máxima</b>					
I	$\bar{Q}_{\text{máxI}} = 17,71426 L^{0,938294} S_m^{1,774634}$	0,97	0,96	1,322	0,0147
II	$\bar{Q}_{\text{máxII}} = L^{1,004142} S_m^{0,242224}$	0,99	0,99	1,070	0,0000
III	$\bar{Q}_{\text{máxIII}} = 0,493273 A^{1,069938} L^{-0,48033}$	0,99	0,99	1,104	0,0003
IV	$\bar{Q}_{\text{máxIV}} = e^{(4,083952 + 0,000162 A)}$	0,99	0,99	1,068	0,0000
<b>Vazão média mínima</b>					
I	$\bar{Q}_{\text{mínI}} = 3,17 \times 10^{-7} A^{2,909845} L^{-2,54674} P_{\text{ss}}^{1,570326}$	0,99	0,99	1,080	0,0001
II	$\bar{Q}_{\text{mínII}} = e^{(-7,33323 + 0,000407 A + 0,078301 P_{\text{ts}})}$	0,99	0,99	1,363	0,0053
III	$\bar{Q}_{\text{mínIII}} = A^{1,190508} P_{\text{ts}}^{-1,39163}$	0,99	0,99	1,248	0,0000
IV	$\bar{Q}_{\text{mínIV}} = 0,009286 A^{1,036746}$	0,99	0,99	1,091	0,0000
<b>Vazão média de longo período</b>					
I	$\bar{Q}_{\text{medI}} = 0,000002 A^{1,999030} L^{-1,45480} P_{\text{aH}}^{1,244370}$	0,99	0,99	1,071	0,0001
II	$\bar{Q}_{\text{medII}} = 1,03 \times 10^{-11} A^{1,013383} P_{\text{aH}}^{2,902286}$	0,99	0,99	1,037	0,0000
III	$\bar{Q}_{\text{medIII}} = 0,018193 A^{1,595696} L^{-0,86242}$	0,99	0,99	1,138	0,0002
IV	$\bar{Q}_{\text{medIV}} = 0,068763 A^{0,861867}$	0,99	0,99	1,110	0,0000

De posse das equações recomendadas obteve-se os valores das vazões estimadas ( $Q_e$ ) por cada uma destas equações citadas e comparou-se com os valores das vazões observadas ( $Q_o$ ) em cada uma das estações situadas nas quatro diferentes regiões homogêneas. Nos Quadros 12, 13 e 14 são apresentados os resultados dessa comparação, contendo também os valores dos resíduos padronizados (r.p.) e do erro percentual (%dr) entre os valores das vazões observadas ( $Q_o$ ) e estimadas ( $Q_e$ ), para vazões médias: máxima, mínima e de longo período, respectivamente.

Para a tomada de decisão final sobre a definição de regiões homogêneas adotou-se como valores referenciais r.p. entre  $-1,5$  e  $1,5$ , os quais indicam uma boa estimativa do modelo de regressão, conforme EUCLYDES et al (1999), além de menores valores de % dr.

Pode-se observar, pelos valores apresentados nos Quadros 12, 13 e 14, que a subdivisão da bacia nas quatro regiões gerou valores satisfatórios para r.p. e % dr, concluindo-se então que, com base nos critérios adotados, as quatro regiões poderiam ser consideradas hidrologicamente homogêneas. Apesar de terem sido encontrados desvios percentuais (%dr) elevados para algumas estações, estes valores foram os melhores dentro de todas as possibilidades existentes para cada região homogênea. Portanto, caso as equações com estes desvios não fossem adotadas, nenhuma outra equação regional poderia ser apresentada.

A estação UHE Paraibuna Jusante, situada na região homogênea I, foi retirada da análise por apresentar desvios altos para todos os modelos testados na identificação das regiões homogêneas. Somente após a retirada dessa estação foi possível a obtenção de modelos com desvios baixos na região homogênea I.

Quadro 12 – Valores dos resíduos padronizados (r.p.) e do erro percentual (% dr) entre os valores das vazões médias máximas ( $m^3 s^{-1}$ ) observadas ( $Q_o$ ) e estimadas ( $Q_e$ ) pelos modelos de regressão obtidos para cada região homogênea

<b>Região homogênea</b>	<b>Nome da estação</b>	<b><math>Q_o</math></b>	<b><math>Q_e</math></b>	<b>r.p.</b>	<b>%dr</b>
<b>I</b>	Estrada do Cunha	47,61	59,83	-0,82	-25,68
	Ponte Alta 1	53,52	35,42	1,48	33,82
	Santa Branca	159,47	197,48	-0,77	-23,83
	Guararema	183,36	204,99	-0,40	-11,80
	Buquirinha 2	45,83	50,35	-0,34	-9,87
	Cerâmica Quirino	3,74	3,96	-0,20	-5,78
	Fazenda Kanegai	31,64	32,23	-0,07	-1,86
	Ponte de Pindamonhangaba	325,25	238,56	1,11	26,65
<b>II</b>	Pindamonhangaba (PCD)	401,30	389,12	0,45	3,04
	Pindamonhangaba 2D-054R	12,86	12,77	0,10	0,67
	Várzea do Paraíba	372,10	394,20	-0,85	-5,94
	Pirapitingui	10,23	10,88	-0,90	-6,35
	Potim	386,45	407,11	-0,76	-5,35
	Colônia Piagui	33,35	30,08	1,25	9,81
	Lorena/Piquete	447,80	429,56	0,61	4,07
	<b>III</b>	Faz. Santa Catarina	7,06	7,61	-0,76
Pitéu		7,24	6,68	0,82	7,74
Cachoeira Paulista		434,96	484,75	-1,10	-11,45
Fazenda Santa Clara		26,42	26,82	-0,15	-1,51
Embaú		23,07	22,95	0,05	0,51
Cruzeiro		493,77	498,36	-0,94	-0,93
Queluz		582,18	515,52	1,23	11,45
<b>IV</b>	Itatiaia	497,26	523,73	-0,78	-5,32
	Resende	564,12	553,35	0,29	1,91
	Ponte Nova	57,33	61,06	-0,95	-6,51
	Floriano	695,86	637,65	1,32	8,36
	Glicério	67,21	63,08	0,96	6,14
	Barra Mansa	707,89	749,03	-0,85	-5,81
	Volta Redonda V1-080	768,11	767,03	0,02	0,14

Quadro 13 – Valores dos resíduos padronizados (r.p.) e do erro percentual (% dr) entre os valores das vazões médias mínimas ( $m^3 s^{-1}$ ) observadas ( $Q_o$ ) e estimadas ( $Q_e$ ) pelos modelos de regressão obtidos para cada região homogênea

Região homogênea	Nome da estação	$Q_o$	$Q_e$	r.p.	%dr
I	Estrada do Cunha	6,83	6,37	0,89	6,80
	Ponte Alta 1	4,02	3,96	0,21	1,63
	Santa Branca	41,64	46,75	-1,47	-12,27
	Guararema	44,65	42,93	0,50	3,85
	Buquirinha 2	4,53	4,78	-0,66	-5,36
	Cerâmica Quirino	0,04	0,04	-0,08	-0,64
	Fazenda Kanegai	0,96	0,96	0,04	0,35
	Ponte de Pindamonhangaba	103,41	98,88	0,57	4,38
II	Pindamonhangaba (PCD)	93,01	83,86	0,33	9,84
	Pindamonhangaba 2D-054R	0,16	0,21	-0,98	-35,40
	Várzea do Paraíba	98,18	85,42	0,45	12,99
	Pirapitingui	0,46	0,30	1,34	30,08
	Potim	98,42	93,94	0,15	4,55
	Colônia Piagui	1,03	1,20	-0,49	-16,26
	Lorena/Piquete	102,02	131,31	-0,81	-20,70
	III	Faz. Santa Catarina	0,19	0,20	-0,25
Pitéu		0,15	0,19	-1,28	-32,93
Cachoeira Paulista		109,81	117,55	-0,31	-7,05
Fazenda Santa Clara		1,78	1,22	0,68	31,06
Embaú		1,42	1,27	0,50	10,54
Cruzeiro		127,58	126,56	0,04	0,80
Queluz		125,45	135,28	-0,34	-7,84
IV		Itatiaia	159,28	177,49	-1,24
	Resende	169,99	183,10	-0,85	-7,71
	Ponte Nova	2,05	1,93	0,70	5,93
	Floriano	202,45	194,16	0,48	4,10
	Glicério	4,04	4,32	-0,77	-6,97
	Barra Mansa	221,76	207,82	0,74	6,28
	Volta Redonda V1-080	228,57	210,53	0,94	7,89

Quadro 14 – Valores dos resíduos padronizados (r.p.) e do erro percentual (% dr) entre os valores das vazões médias de longo período ( $m^3 s^{-1}$ ) observadas ( $Q_o$ ) e estimadas ( $Q_e$ ) pelos modelos de regressão obtidos para cada região homogênea

Região homogênea	Nome da estação	$Q_o$	$Q_e$	r.p.	%dr
I	Estrada do Cunha	13,54	14,97	-1,45	-10,55
	Ponte Alta 1	8,05	7,99	0,12	0,81
	Santa Branca	81,88	84,06	-0,38	-2,67
	Guararema	89,56	83,15	1,08	7,16
	Buquirinha 2	9,90	9,45	0,68	4,55
	Cerâmica Quirino	0,26	0,26	-0,03	-0,18
	Fazenda Kanegai	3,32	3,27	0,23	1,56
	Ponte de Pindamonhangaba	159,02	161,62	-0,24	-1,64
II	Pindamonhangaba (PCD)	165,60	168,38	-0,45	-1,68
	Pindamonhangaba 2D-054R	0,84	0,88	-1,25	-4,69
	Várzea do Paraíba	168,04	169,91	-0,30	-1,11
	Pirapitingui	0,87	0,83	1,34	4,82
	Potim	177,50	174,93	0,40	1,45
	Colônia Piagui	5,09	5,12	-0,15	-0,56
	Lorena/Piquete	196,04	193,09	0,41	1,51
III	Faz. Santa Catarina	0,73	0,68	0,55	6,94
	Pitéu	0,51	0,58	-0,91	-12,49
	Cachoeira Paulista	185,81	203,59	-0,70	-9,57
	Fazenda Santa Clara	3,83	4,24	-0,78	-10,61
	Embaú	3,93	3,33	1,27	15,15
	Cruzeiro	219,53	211,54	0,29	3,64
	Queluz	229,64	221,35	0,28	3,61
IV	Itatiaia	226,70	249,18	-0,91	-9,92
	Resende	238,90	254,60	-0,61	-6,57
	Ponte Nova	6,52	5,82	1,09	10,77
	Florianópolis	287,33	268,48	0,65	6,56
	Glicério	9,95	11,36	-1,27	-14,19
	Barra Mansa	298,06	284,10	0,46	4,68
	Volta Redonda V1-080	304,46	286,40	0,59	5,93

As quatro regiões hidrologicamente homogêneas obtidas para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Volta Redonda (Figura 12) ficaram assim definidas:

- Região I: compreende os rios Paraitinga e Paraibuna, estendendo-se além da confluência dos rios formadores do Paraíba do Sul até a estação fluviométrica Ponte de Pindamonhangaba, localizada nas proximidades da cidade de Pindamonhangaba, no Estado de São Paulo. Abrange uma área de drenagem de 9.530,43 km<sup>2</sup>, englobando as seguintes estações fluviométricas: Estrada do Cunha, Ponte Alta 1, UHE Paraibuna-jusante, Santa Branca, Guararema V1-018, Fazenda Igaçaba, Buquirinha 2, Cerâmica Quirino 2E-016, Fazenda Kanegai 2D-054R e Ponte de Pindamonhangaba.

- Região II: compreende o leito principal do rio Paraíba do Sul da cidade de Pindamonhangaba até a estação fluviométrica Lorena/Piquete, nas proximidades da cidade de Lorena, ainda no Estado de São Paulo. Abrange uma área de drenagem de 1.671,13 km<sup>2</sup>, englobando as seguintes estações fluviométricas: Pindamonhangaba (PCD), Pindamonhangaba 2D-025, Várzea do Paraíba, Pirapitingui, Potim, Colônia Piagui e Lorena/Piquete.

- Região III: compreende o leito principal do rio Paraíba do Sul da cidade de Lorena até a estação fluviométrica Queluz, nas proximidades da cidade de mesmo nome, ainda no Estado de São Paulo. Abrange uma área de drenagem de 1.540,04 km<sup>2</sup>, englobando as seguintes estações fluviométricas: Fazenda Santa Catarina, Pitéu, Cachoeira Paulista, Fazenda Santa Clara, Embaú, Cruzeiro e Queluz.

- Região IV: compreende o leito principal do rio Paraíba do Sul da cidade de Queluz até a estação fluviométrica Volta Redonda V1-080, nas proximidades da cidade de Volta Redonda, já no Estado do Rio de Janeiro. Abrange uma área de drenagem de 3.097,64 km<sup>2</sup>, englobando as seguintes estações fluviométricas: Itatiaia, Resende, Ponte Nova, Floriano, Glicério, Barra Mansa e Volta Redonda.

A área das quatro regiões homogêneas totaliza 15.839,24 km<sup>2</sup>, sendo que a região I se destaca pelo tamanho da área abrangida. O ideal seria uma sub-divisão dessa região em duas ou mais regiões, conforme pode ser observado pelos valores obtidos de %dr, principalmente para vazões máximas, entretanto isso não foi possível devido à distribuição geográfica das estações, pois, conforme já destacado, a região dos rios Paraitinga e Paraibuna, formadores do Paraíba do Sul, apresenta deficiência de estações fluviométricas. Caso essa região fosse dividida, a quantidade de estações em cada região seria muito pequena, o que impossibilitaria o ajuste das equações de regressão múltipla, pois o número de graus de liberdade dos modelos seria muito baixo. Deve-se ressaltar que devido ao fato de ter sido adotado um período-base comum a todas as estações para o estudo de

regionalização, que foi de 1978 a 1997, muitas estações foram descartadas da análise por não apresentarem dados no período em questão, o que proporcionou redução expressiva do número de estações efetivamente utilizadas na regionalização.

Outro fato que deve ser destacado é a influência que os diversos reservatórios instalados na bacia podem provocar no estudo de regionalização de vazões, visto que, mesmo usando para o estudo apenas dados posteriores à entrada em operação do reservatório mais recente (1978), em todas as regiões homogêneas verificou-se a existência de estações influenciadas pelo reservatório (localizadas no mesmo curso d'água, porém a jusante do reservatório) e outras que não sofriam nenhuma influência, como no caso das estações localizadas nas cabeceiras da bacia, em cursos d'água sem reservatórios a montante.

#### **4.5. Regionalização de vazões máximas**

As vazões máximas diárias anuais ( $Q_{m\acute{a}x}$ ,  $m^3s^{-1}$ ) associadas aos períodos de retorno de 2, 10, 20, 50 e 100 anos, resultantes da aplicação das distribuições Log-Normal a dois parâmetros, Log-Normal a três parâmetros, Gumbel e Pearson tipo III para as quatro regiões homogêneas são apresentadas no Quadro 15. Neste quadro são também apresentados os valores de significância pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (%K-S) e o coeficiente de variação entre a função de distribuição e os dados (CV).

Observa-se no Quadro 15 que a distribuição Log-Normal a dois parâmetros foi a única que apresentou significância a 20% de probabilidade pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov para todas as estações da região I, sendo, portanto, selecionada para a representação das séries de vazão máxima das estações desta região. Para as demais regiões homogêneas, todas as distribuições testadas, à exceção da Log-Pearson III, apresentaram significância a 20% de probabilidade pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov e, por isso, a seleção foi baseada no menor coeficiente de variação. Foi adotada a distribuição Pearson III para as regiões homogêneas II, III e IV, por esta ter apresentado os valores mais baixos de coeficiente de variação para a maior parte das estações de cada região.

A distribuição Log-Pearson III não apresentou significância a 20% de probabilidade pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov para nenhuma das estações fluviométricas utilizadas e, por isso, os resultados da aplicação desta distribuição não são apresentados no Quadro 15.

Quadro 15 - Vazões máximas diárias ( $Q_{m\acute{a}x}$ ,  $m^3s^{-1}$ ) associadas a diferentes períodos de retorno, obtidas após o ajuste das distribuições de probabilidade, para cada uma das estações fluviométricas das regiões homogêneas

Estação	Vazão ( $m^3s^{-1}$ )					Distribuição	CV*	%K-S**
	Período de retorno (anos)							
	2	10	20	50	100			
<b>Região I</b>								
Estrada do Cunha	46,86	58,85	62,78	67,51	70,86	L-Normal 2	7,54	20
	46,23	58,79	63,49	69,51	74,03	L-Normal 3	9,11	10
	46,34	61,46	67,24	74,72	80,32	Gumbel	1024	10
	49,83	55,89	56,68	57,22	57,43	Pearson III	3,87	20
Ponte Alta 1	48,95	84,11	98,07	116,56	130,79	L-Normal 2	13,57	20
	49,98	84,63	97,28	113,36	125,28	L-Normal 3	14,67	20
	50,04	92,24	108,36	129,24	144,88	Gumbel	16,90	20
	47,74	84,66	99,54	118,97	133,60	Pearson III	13,39	20
Santa Branca	157,52	192,60	203,90	217,41	226,90	L-Normal 2	5,15	20
	154,63	192,04	206,88	226,53	241,64	L-Normal 3	4,45	20
	155,77	200,68	217,84	240,05	256,70	Gumbel	5,27	20
	151,51	191,16	209,21	233,85	253,05	Pearson III	4,80	20
Guararema	178,94	237,51	257,37	281,70	299,19	L-Normal 2	9,24	20
	173,36	233,85	260,84	298,81	329,58	L-Normal 3	7,66	20
	177,33	250,50	278,46	314,65	341,77	Gumbel	9,57	20
	168,35	228,06	261,90	311,69	352,59	Pearson III	8,31	1
Buquirinha 2	44,00	63,42	70,35	79,06	85,45	L-Normal 2	5,29	20
	43,73	63,35	70,61	79,89	86,82	L-Normal 3	5,12	20
	43,90	68,29	77,61	89,68	98,71	Gumbel	7,05	20
	42,19	63,19	72,02	83,73	92,67	Pearson III	4,38	20
Cerâmica Quirino	3,52	5,53	6,29	7,26	8,00	L-Normal 2	8,55	20
	3,61	5,54	6,19	6,99	7,55	L-Normal 3	8,78	20
	3,55	6,04	6,99	8,23	9,15	Gumbel	11,22	20
	3,51	5,56	6,32	7,26	7,95	Pearson III	8,61	20
Fazenda Kanegai	28,91	49,83	58,15	69,18	77,67	L-Normal 2	6,17	20
	29,95	50,22	57,23	65,92	72,22	L-Normal 3	6,32	20
	29,61	55,32	65,15	77,87	87,40	Gumbel	9,67	20
	28,73	50,35	58,61	69,17	76,99	Pearson III	5,32	20
Ponte de Pindamonhangaba	313,70	442,82	488,30	545,08	586,55	L-Normal 2	9,97	20
	324,65	439,82	472,84	510,19	535,21	L-Normal 3	8,70	20
	312,15	471,12	531,86	610,49	669,40	Gumbel	12,92	20
	326,20	438,81	470,18	505,19	528,34	Pearson III	9,02	20
<b>Região II</b>								
Pindamonhangaba (PCD)	378,61	586,29	663,70	763,08	837,46	L-Normal 2	7,60	20
	393,33	586,02	645,98	716,47	765,31	L-Normal 3	6,98	20
	380,47	630,39	725,89	849,50	942,13	Gumbel	10,10	20
	388,92	587,94	652,42	729,47	783,53	Pearson III	6,98	20
Pindamonhangaba 2D-025	11,63	20,66	24,32	29,22	33,02	L-Normal 2	19,96	20
	12,74	20,71	23,04	25,70	27,49	L-Normal 3	13,99	20
	11,97	22,80	26,94	32,30	36,31	Gumbel	21,79	20
	13,04	20,51	22,53	24,74	26,19	Pearson III	14,21	20
Várzea do Paraíba	358,69	507,59	560,12	625,74	673,70	L-Normal 2	8,33	20
	371,34	504,18	542,31	585,46	614,37	L-Normal 3	7,37	20
	357,00	540,22	610,23	700,84	768,75	Gumbel	11,03	20
	370,90	504,45	543,04	586,85	616,28	Pearson III	7,59	20
Pirapitingui	9,24	16,50	19,45	23,41	26,49	L-Normal 2	16,51	20
	9,08	16,30	19,47	23,88	27,42	L-Normal 3	16,73	20
	9,57	19,25	22,96	27,75	31,33	Gumbel	23,20	20
	8,91	14,83	19,02	25,63	31,32	Pearson III	18,41	20

Continua...

Quadro 15, Cont.

Estação	Vazão (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )					Distribuição	CV*	%K-S**
	Período de retorno (anos)							
	2	10	20	50	100			
Potim	373,76	520,54	571,81	635,56	681,95	L-Normal 2	8,37	20
	382,15	518,95	560,53	608,89	642,06	L-Normal 3	7,02	20
	371,69	555,71	626,03	717,05	785,26	Gumbel	11,52	20
	393,57	511,13	540,51	571,58	591,15	Pearson III	6,42	20
Colônia Piagui	32,89	40,71	43,25	46,29	48,44	L-Normal 2	3,86	20
	33,05	40,67	43,02	45,79	47,71	L-Normal 3	3,98	20
	32,54	42,66	46,53	51,54	55,29	Gumbel	5,82	20
	32,85	40,75	43,31	46,38	48,53	Pearson III	4,16	20
Lorena/Piquete	429,72	620,80	689,18	775,05	838,14	L-Normal 2	8,47	20
	446,02	617,13	666,75	723,17	761,12	L-Normal 3	6,58	20
	428,60	664,55	754,70	871,40	958,85	Gumbel	11,51	20
	450,67	614,01	658,76	708,15	740,56	Pearson III	6,79	20
<b>Região III</b>								
Faz. Sta Catarina	6,75	9,93	11,08	12,54	13,61	L-Normal 2	8,51	20
	7,06	9,86	10,65	11,55	12,15	L-Normal 3	6,35	20
	6,75	10,73	12,25	14,22	15,70	Gumbel	11,80	20
	7,07	9,85	10,64	11,52	12,11	Pearson III	6,67	20
Pitéu	6,26	12,52	15,24	19,02	22,04	L-Normal 2	14,30	20
	6,60	12,80	15,16	17,95	20,09	L-Normal 3	14,50	20
	6,63	14,43	17,41	21,27	24,16	Gumbel	18,54	20
	6,11	12,75	15,52	19,20	21,99	Pearson III	14,01	20
Cachoeira Paulista	422,26	576,90	630,27	696,26	744,03	L-Normal 2	5,05	20
	432,01	574,42	616,67	665,23	698,21	L-Normal 3	4,53	20
	419,08	609,59	682,39	776,61	847,22	Gumbel	7,78	20
	430,40	575,30	619,23	670,21	705,10	Pearson III	4,78	20
Faz. Santa Clara	24,82	39,04	44,39	51,29	56,47	L-Normal 2	7,56	20
	25,22	39,14	43,99	50,04	54,43	L-Normal 3	8,10	20
	25,00	42,19	48,76	57,26	63,63	Gumbel	9,95	20
	24,48	39,24	44,84	51,98	57,26	Pearson III	7,53	20
Embaú	22,75	28,18	29,94	32,06	33,55	L-Normal 2	4,03	20
	22,97	28,10	29,62	31,37	32,56	L-Normal 3	3,73	20
	22,53	29,96	32,80	36,48	39,23	Gumbel	6,97	20
	23,28	27,89	29,08	30,36	31,18	Pearson III	3,54	20
Cruzeiro	480,46	648,34	705,85	776,68	827,79	L-Normal 2	5,82	20
	493,30	644,09	687,14	735,73	768,20	L-Normal 3	5,02	20
	476,56	685,41	765,21	868,51	945,92	Gumbel	8,43	20
	493,03	644,26	687,60	736,60	769,39	Pearson III	5,09	20
Queluz	568,03	754,83	818,22	895,92	951,77	L-Normal 2	6,13	20
	578,59	751,82	803,21	862,27	902,38	L-Normal 3	4,94	20
	563,17	800,07	890,59	1007,8	1095,6	Gumbel	9,28	20
	588,10	745,46	786,70	831,37	860,15	Pearson III	4,62	20
<b>Região IV</b>								
Itatiaia	474,03	704,69	788,54	894,88	973,61	L-Normal 2	6,21	20
	485,35	704,59	774,99	859,04	918,05	L-Normal 3	5,95	20
	473,98	753,28	859,99	998,13	1101,6	Gumbel	8,30	20
	478,68	707,02	784,20	878,10	944,99	Pearson III	5,81	20
Resende	534,92	812,43	914,66	1045,1	1142,3	L-Normal 2	5,40	20
	546,50	813,36	901,63	1008,5	1084,5	L-Normal 3	5,38	20
	536,20	871,10	999,06	1164,7	1288,8	Gumbel	7,54	20
	536,48	816,31	914,66	1036,3	1124,1	Pearson III	5,12	20
Ponte Nova	51,45	93,39	110,59	133,76	151,84	L-Normal 2	10,83	20
	52,71	94,26	109,82	129,87	144,90	L-Normal 3	12,19	20
	53,26	104,76	124,43	149,90	169,00	Gumbel	15,42	20
	49,32	93,72	112,77	138,23	157,75	Pearson III	9,78	20

Continua...

Quadro 15, Cont.

Estação	Vazão (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )					Distribuição	CV*	%K-S**
	Período de retorno (anos)							
	2	10	20	50	100			
Florianópolis	676,30	918,47	1001,8	1104,5	1178,8	L-Normal 2	5,01	20
	695,38	912,22	973,99	1043,7	1090,2	L-Normal 3	4,21	20
	671,89	986,47	1106,7	1262,3	1378,8	Gumbel	8,20	20
	695,00	912,46	974,64	1044,9	1091,9	Pearson III	4,11	20
Glicério	64,03	95,40	106,82	121,31	132,04	L-Normal 2	9,47	20
	63,03	94,89	107,58	124,42	137,39	L-Normal 3	9,11	20
	64,17	104,13	119,41	139,18	153,99	Gumbel	11,62	20
	59,80	93,14	109,41	132,18	150,24	Pearson III	9,36	20
Barra Mansa	689,78	923,48	1003,1	1101,0	1171,5	L-Normal 2	2,34	20
	700,04	921,24	989,13	1068,4	1123,0	L-Normal 3	2,08	20
	684,01	977,45	1089,6	1234,7	1343,5	Gumbel	5,33	20
	695,20	923,44	996,34	1082,9	1143,3	Pearson III	1,88	20
Volta Redonda	753,87	966,05	1036,4	1121,8	1182,6	L-Normal 2	3,88	20
	766,70	961,28	1017,3	1080,8	1123,4	L-Normal 3	3,30	20
	746,17	1015,8	1118,8	1252,2	1352,2	Gumbel	6,61	20
	765,84	961,80	1018,8	1083,6	1127,2	Pearson III	3,46	20

\*Coeficiente de variação entre a função de distribuição e os dados.

\*\*Valor de significância pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

No Quadro 16 estão apresentados, para os distintos períodos de retorno, os modelos de regressão recomendados para estimar a vazão específica máxima ( $q_{m\acute{a}x}$ , m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>) em cada região homogênea, os quais foram obtidos, conforme já mencionado, com base nos seguintes critérios: simplicidade do modelo (menor número de variáveis e, ou, maior facilidade de obtenção das variáveis), coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>a), erro padrão fatorial ( $\sigma_F$ ) e significância pelo teste F. Outros modelos de regressão selecionados de vazão específica máxima ( $q_{m\acute{a}x}$ , m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>) que apresentaram ajustes satisfatórios e possíveis de serem aplicados em cada região hidrologicamente homogênea são apresentados no Apêndice E.

Analisando-se os resultados apresentados no Quadro 16, evidencia-se que para a região I obteve-se boa representação da vazão específica máxima, para todos os períodos de retorno estudados, a partir de modelos recíprocos que contemplam apenas a área de drenagem e o comprimento do rio principal. Nas regiões II e III observa-se que a área de drenagem caracterizou-se como a variável mais expressiva para representação da vazão específica máxima, para todos os períodos de retorno estudados. Para a região IV os modelos logarítmicos, contemplando apenas a declividade média da bacia, representaram de forma satisfatória a vazão específica máxima para todos os períodos de retorno analisados.

Quadro 16 - Modelos de regressão recomendados para a representação da vazão específica máxima ( $q_{\text{máx}}$ ,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$ ) para diferentes períodos de retorno (T) e parâmetros estatísticos a eles associados nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

<b>T</b>	<b>Modelos recomendados</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup><sub>a</sub></b>	<b>σF</b>	<b>F(%)</b>
<b>Região I</b>					
2	$q_{\text{máx}} = (4,721110 - 0,00504A + 0,124125 L)^{-1}$	0,95	0,93	0,338	0,049
10	$q_{\text{máx}} = (-0,00686A + 0,144939 L)^{-1}$	0,90	0,88	0,314	0,035
20	$q_{\text{máx}} = (-0,00654A + 0,136694 L)^{-1}$	0,90	0,88	0,333	0,035
50	$q_{\text{máx}} = (-0,00619A + 0,127998 L)^{-1}$	0,89	0,88	0,351	0,039
100	$q_{\text{máx}} = (-0,00597A + 0,122522 L)^{-1}$	0,89	0,87	0,363	0,042
<b>Região II</b>					
2	$q_{\text{máx}} = e^{(-1,81877 - 0,00014 A)}$	0,96	0,95	1,17	0,009
10	$q_{\text{máx}} = e^{(-1,42314 - 0,00015 A)}$	0,98	0,98	1,114	0,001
20	$q_{\text{máx}} = 0,482006 - 0,04580 \ln(A)$	0,99	0,99	0,01	0,000
50	$q_{\text{máx}} = 1,549628 A^{-0,34637}$	0,99	0,98	1,118	0,001
100	$q_{\text{máx}} = 1,821129 A^{-0,35879}$	0,98	0,98	1,15	0,002

Continua...

Quadro 16, Cont.

<b>T</b>	<b>Modelos recomendados</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup><sub>a</sub></b>	<b>σF</b>	<b>F(%)</b>
<b>Região III</b>					
2	$q_{\text{máx}} = 0,215848 - 0,01844 \ln(A)$	0,98	0,98	0,01	0,002
10	$q_{\text{máx}} = 0,704949 A^{-0,27363}$	0,96	0,95	1,19	0,014
20	$q_{\text{max}} = (4,471106 + 0,001072A)^{-1}$	0,96	0,95	0,62	0,013
50	$q_{\text{max}} = (4,028314 + 0,001014A)^{-1}$	0,96	0,95	0,65	0,014
100	$q_{\text{max}} = (3,775717 + 0,000978A)^{-1}$	0,96	0,95	0,67	0,014
<b>Região IV</b>					
2	$q_{\text{máx}} = 0,545567 + 0,276622 \ln(S_m)$	0,99	0,99	0,010	0,0003
10	$q_{\text{máx}} = 1,037109 + 0,540668 \ln(S_m)$	0,99	0,99	0,010	0,0000
20	$q_{\text{máx}} = 1,252992 + 0,657303 \ln(S_m)$	0,99	0,99	0,013	0,0000
50	$q_{\text{máx}} = 1,543906 + 0,814732 \ln(S_m)$	0,99	0,99	0,018	0,0000
100	$q_{\text{máx}} = 1,768319 + 0,936308 \ln(S_m)$	0,99	0,99	0,021	0,0000

Conforme apresentado no Quadro 16 as variáveis que melhor explicaram o comportamento da vazão máxima foram a área de drenagem, o comprimento do rio principal e a declividade média da bacia, entretanto diversos outros modelos com a declividade média do rio principal e características de precipitação média pluvial também apresentaram ajustes satisfatórios. No caso específico das características climáticas as precipitações máxima diária anual e do mês mais chuvoso se destacaram das demais utilizadas para representação do comportamento das vazões máximas, demonstrando que as precipitações de menor duração foram as que melhor explicaram seu comportamento.

#### **4.6. Regionalização de vazões mínimas**

As vazões mínimas anuais com sete dias de duração ( $Q_{\min}$ ,  $m^3s^{-1}$ ) associadas aos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20 e 50 anos, resultantes da aplicação das distribuições Log-Normal a dois e três parâmetros, Weibull, Pearson III e Log-Pearson III para as quatro regiões homogêneas são apresentadas no Quadro 17. Neste quadro são também apresentados os valores de significância pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (%K-S) e o coeficiente de variação entre a função de distribuição e os dados (CV).

Observa-se no Quadro 17 que a distribuição probabilística que melhor se ajustou aos dados de todas as estações fluviométricas foi a Log-Normal a três parâmetros para as quatro regiões homogêneas da bacia em estudo, visto que apresentou significância a 20% de probabilidade pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov para todas as estações, além de ter apresentado valores baixos de coeficiente de variação. A distribuição Log-Pearson III não apresentou significância a 20% de probabilidade pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov para nenhuma das estações fluviométricas utilizadas e, por isso, os resultados da aplicação desta distribuição não são apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 - Vazões mínimas com sete dias de duração ( $Q_{\min}$ ,  $m^3s^{-1}$ ) associadas a diferentes períodos de retorno, obtidas após o ajuste das distribuições de probabilidade, para cada uma das estações fluviométricas das regiões homogêneas

Estação	Vazão ( $m^3s^{-1}$ )					Distribuição	CV*	%K-S**
	Período de retorno (anos)							
	2	5	10	20	50			
<b>Região I</b>								
Estrada do Cunha	6,671	5,560	5,054	4,671	4,275	L-Normal 2	8,44	20
	6,462	5,691	5,416	5,237	5,075	L-Normal 3	6,01	20
	6,359	5,684	5,521	5,447	5,406	Weibull	7,69	20
	6,280	5,996	5,986	5,976	5,903	Pearson III	6,00	20
Ponte Alta 1	3933,	3,289	2,996	2,773	2,543	L-Normal 2	3,65	20
	3,914	3,294	3,019	2,816	2,608	L-Normal 3	3,53	20
	3,894	3,255	3,010	2,855	2,729	Weibull	4,626	20
	3,850	3,300	3,095	2,963	2,848	Pearson III	3,28	20
Santa Branca	41,371	37,599	35,764	34,318	32,759	L-Normal 2	2,88	20
	41,299	37,598	35,833	34,459	32,997	L-Normal 3	2,95	20
	41,275	37,400	35,692	34,495	33,402	Weibull	3,00	20
	41,109	37,580	36,008	34,843	33,668	Pearson III	3,03	20
Guararema	44,386	40,511	38,620	37,125	35,513	L-Normal 2	2,67	20
	44,320	40,509	38,683	37,256	35,733	L-Normal 3	2,73	20
	44,300	40,308	38,634	37,282	36,131	Weibull	2,73	20
	44,136	40,489	38,849	37,624	36,378	Pearson III	2,81	20
Buquirinha 2	4,365	3,458	3,061	2,768	2,472	L-Normal 2	10,11	20
	4,237	3,544	3,289	3,120	2,965	L-Normal 3	7,65	20
	4,149	3,532	3,375	3,301	3,258	Weibull	9,467	20
	4,066	3,814	3,804	3,797	3,740	Pearson III	6,40	20
Cerâmica Quirino	0,030	0,017	0,012	0,010	0,007	L-Normal 2	29,15	20
	0,031	0,016	0,010	0,006	0,003	L-Normal 3	31,18	20
	0,029	0,016	0,012	0,011	0,010	Weibull	35,20	20
	0,028	0,021	0,021	0,021	0,020	Pearson III	29,53	10
Fazenda Kanegai	0,770	0,439	0,327	0,256	0,195	L-Normal 2	18,59	20
	0,805	0,391	0,234	0,128	0,029	L-Normal 3	19,48	20
	0,759	0,379	0,275	0,224	0,193	Weibull	24,65	20
	0,701	0,503	0,482	0,480	0,474	Pearson III	19,93	20
Ponte de Pindamonhangaba	102,94	95,009	91,106	88,004	84,641	L-Normal 2	2,76	20
	102,35	95,032	91,706	89,191	86,591	L-Normal 3	3,44	20
	104,56	95,642	90,232	85,379	79,552	Weibull	2,29	20
	105,33	96,251	90,251	84,584	77,386	Pearson III	1,76	20
<b>Região II</b>								
Pindamonhangaba (PCD)	91,752	79,866	74,274	69,954	65,392	L-Normal 2	6,27	20
	94,901	80,921	78,442	64,801	55,479	L-Normal 3	6,41	20
	94,299	80,367	72,344	65,438	57,522	Weibull	5,776	20
	91,869	79,862	74,154	69,717	65,003	Pearson III	4,97	20
Pindamonhangaba 2D-025	0,123	0,068	0,050	0,039	0,029	L-Normal 2	22,70	20
	0,114	0,071	0,065	0,063	0,063	L-Normal 3	24,35	20
	0,122	0,056	0,038	0,029	0,023	Weibull	25,43	20
	0,130	0,058	0,031	0,012	-	Pearson III	21,33	20
Várzea do Paraíba	97,251	86,611	81,516	77,537	73,291	L-Normal 2	3,40	20
	99,398	87,269	80,189	73,947	66,479	L-Normal 3	3,40	20
	99,100	86,875	80,015	74,227	67,738	Weibull	3,08	20
	97,392	86,615	81,382	77,261	72,827	Pearson III	2,75	20
Pirapitingui	0,436	0,335	0,292	0,261	0,230	L-Normal 2	12,20	20
	0,409	0,395	0,393	0,385	0,361	L-Normal 3	11,98	20
	0,417	0,339	0,317	0,306	0,299	Weibull	14,71	20
	0,426	0,341	0,309	0,287	0,266	Pearson III	13,23	20

Continua...

Quadro 17, Cont.

Estação	Vazão (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )					Distribuição	CV*	%K-S**
	Período de retorno (anos)							
	2	5	10	20	50			
Potim	97,396	86,247	80,932	76,791	72,385	L-Normal 2	4,37	20
	96,480	86,226	81,845	78,694	75,618	L-Normal 3	4,49	20
	97,077	85,638	80,749	77,401	74,423	Weibull	5,169	20
	97,203	86,255	81,130	77,182	73,027	Pearson III	4,48	20
Colônia Piagui	0,939	0,652	0,539	0,460	0,386	L-Normal 2	8,54	20
	0,975	0,631	0,480	0,369	0,259	L-Normal 3	6,13	20
	0,994	0,613	0,446	0,330	0,223	Weibull	8,95	20
	0,996	0,633	0,460	0,326	0,183	Pearson III	5,66	20
Lorena/Piquete	100,87	88,845	83,176	78,748	74,047	L-Normal 2	3,40	20
	102,83	89,328	81,788	75,311	67,745	L-Normal 3	3,16	20
	102,66	88,879	81,472	75,428	68,900	Weibull	3,53	20
	101,53	88,918	82,583	77,484	71,887	Pearson III	2,72	20
<b>Região III</b>								
Faz. Sta Catarina	0,176	0,129	0,110	0,096	0,082	L-Normal 2	10,26	20
	0,166	0,134	0,127	0,124	0,122	L-Normal 3	10,46	20
	0,171	0,127	0,114	0,106	0,101	Weibull	12,78	20
	0,175	0,130	0,111	0,099	0,086	Pearson III	11,48	20
Pitéu	0,132	0,090	0,073	0,063	0,052	L-Normal 2	17,67	20
	0,124	0,118	0,117	0,112	0,098	L-Normal 3	16,32	20
	0,124	0,094	0,087	0,084	0,082	Weibull	19,68	20
	0,128	0,094	0,082	0,074	0,068	Pearson III	15,01	20
Cachoeira Paulista	108,72	96,528	90,703	86,160	81,320	L-Normal 2	3,31	20
	107,25	96,589	92,279	89,305	86,535	L-Normal 3	3,29	20
	107,95	95,880	90,959	87,709	84,930	Weibull	4,104	20
	108,19	96,573	91,278	87,267	83,110	Pearson III	3,23	20
Faz. Santa Clara	1,716	1,375	1,225	1,113	1,000	L-Normal 2	5,36	20
	1,647	1,399	1,326	1,287	1,262	L-Normal 3	4,95	20
	1,678	1,364	1,258	1,197	1,152	Weibull	6,378	20
	1,697	1,383	1,252	1,158	1,066	Pearson III	4,81	20
Embaú	1,390	1,170	1,069	0,992	0,912	L-Normal 2	3,61	20
	1,393	1,168	1,064	0,986	0,905	L-Normal 3	3,69	20
	1,406	1,158	1,043	0,959	0,878	Weibull	4,37	20
	1,406	1,169	1,053	0,960	0,860	Pearson III	3,70	20
Cruzeiro	125,52	107,85	99,617	93,297	86,663	L-Normal 2	4,78	20
	130,19	109,27	96,726	85,496	71,875	L-Normal 3	4,60	20
	129,48	108,56	96,535	86,206	74,387	Weibull	2,97	20
	125,90	107,83	99,221	92,522	85,397	Pearson III	2,31	20
Queluz	123,44	106,11	98,039	91,838	85,329	L-Normal 2	3,53	20
	121,47	106,25	100,24	96,164	92,449	L-Normal 3	3,58	20
	122,66	105,16	98,071	93,415	89,456	Weibull	4,76	20
	123,02	106,17	98,514	92,727	86,744	Pearson III	3,53	20
<b>Região IV</b>								
Itatiaia	157,42	138,36	122,33	122,32	114,88	L-Normal 2	4,56	20
	157,64	138,36	121,11	121,87	114,14	L-Normal 3	4,59	20
	161,16	139,01	126,40	115,64	103,43	Weibull	3,93	20
	161,88	139,78	126,64	114,92	100,77	Pearson III	3,29	20
Resende	168,75	152,41	144,50	138,28	131,60	L-Normal 2	3,43	20
	167,81	152,47	145,49	140,21	134,74	L-Normal 3	4,09	20
	172,35	153,72	142,43	132,31	120,19	Weibull	2,97	15
	173,97	154,98	142,47	130,67	115,69	Pearson III	2,27	20
Ponte Nova	1,982	1,583	1,407	1,277	1,145	L-Normal 2	8,15	20
	1,930	1,615	1,496	1,416	1,342	L-Normal 3	6,34	20
	1,893	1,607	1,530	1,493	1,470	Weibull	8,35	20
	1,953	1,694	1,676	1,674	1,670	Pearson III	6,49	20

Continua...

Quadro 17, Cont.

Estação	Vazão ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ )					Distribuição	CV*	%K-S**
	Período de retorno (anos)							
	2	5	10	20	50			
Florianópolis	201,55	186,12	178,58	172,49	165,95	L-Normal 2	3,73	20
	198,18	187,34	183,26	180,51	177,97	L-Normal 3	2,82	20
	196,92	187,07	184,41	183,13	182,35	Weibull	3,62	20
	195,40	191,28	191,06	191,00	190,37	Pearson III	3,18	20
Glicério	3,912	3,157	2,822	2,572	2,318	L-Normal 2	4,93	20
	3,919	3,155	2,813	2,557	2,294	L-Normal 3	5,15	20
	3,899	3,109	2,797	2,596	2,429	Weibull	6,76	20
	3,825	3,169	2,928	2,774	2,643	Pearson III	5,23	20
Barra Mansa	220,66	202,97	194,29	187,40	179,94	L-Normal 2	3,14	20
	220,49	202,96	194,44	187,73	180,50	L-Normal 3	3,26	20
	220,46	202,09	193,73	187,73	182,10	Weibull	3,66	20
	219,66	202,86	195,18	189,36	183,38	Pearson III	3,26	20
Volta Redonda	228,22	217,82	212,56	208,32	203,65	L-Normal 2	1,64	20
	226,68	217,96	214,24	211,53	208,82	L-Normal 3	1,39	20
	226,26	217,43	214,26	212,36	210,90	Weibull	1,78	20
	225,21	218,43	216,35	215,23	214,47	Pearson III	1,43	20

\*Coeficiente de variação entre a função de distribuição e os dados.

\*\*Valor de significância pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

No Quadro 18 estão apresentados, para os distintos períodos de retorno, os modelos de regressão recomendados para estimar a vazão específica mínima ( $q_{\text{mín}}$ ,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$ ) em cada região, os quais foram obtidos com base nos mesmos critérios citados para a vazão específica máxima ( $q_{\text{máx}}$ ). Outros modelos de regressão selecionados de vazão específica mínima ( $q_{\text{mín}}$ ,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$ ) que apresentaram ajustes satisfatórios e possíveis de serem aplicados em cada região hidrologicamente homogênea são apresentados no Apêndice F.

Analisando os resultados apresentados no Quadro 18 evidencia-se que para a região I obteve-se boa representação da vazão específica mínima, para todos os períodos de retorno estudados, com o uso de modelos potenciais que contemplam principalmente a área de drenagem (para todos os períodos de retorno), o comprimento do rio principal para períodos de retorno menores (2, 5 e 10 anos) e a densidade de drenagem para períodos de retorno maiores (20 e 50 anos), além da precipitação do semestre mais seco para os períodos de retorno de 2, 5, 10 e 50 anos e do trimestre mais seco para o período de retorno de 20 anos. Para as outras três regiões homogêneas destacaram-se as variáveis independentes área de drenagem e comprimento do curso d'água principal como as mais expressivas na representação do comportamento das vazões mínimas para todos os períodos de retorno estudados, à exceção da região IV para o período de 50 anos, onde, no lugar do comprimento do rio principal, foi inserida no modelo a precipitação total anual.

Quadro 18 - Modelos de regressão recomendados para a representação da vazão específica mínima ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ ) para diferentes períodos de retorno (T) e parâmetros estatísticos a eles associados nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

T	Modelos recomendados	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	σF	F(%)
<b>Região I</b>					
2	$q_{\text{mín}} = 8,83 \times 10^{-8} A^{1,986850} L^{-2,61693} P_{\text{ss}}^{1,745420}$	0,99	0,99	1,08	0,005
5	$q_{\text{mín}} = 1,32 \times 10^{-9} A^{2,245086} L^{-2,85834} P_{\text{ss}}^{2,318207}$	0,98	0,97	1,19	0,047
10	$q_{\text{mín}} = 5,84 \times 10^{-11} A^{2,424025} L^{-3,02973} P_{\text{ss}}^{2,757435}$	0,97	0,95	1,33	0,170
20	$q_{\text{mín}} = -0,02773 + 6,91 \times 10^{-7} A + 0,007805 Dd + 0,000115 P_{\text{ts}}$	0,97	0,96	0,001	0,119
50	$q_{\text{mín}} = 3,18 \times 10^{-21} A^{0,600871} Dd^{7,932528} P_{\text{ss}}^{5,104372}$	0,99	0,98	1,349	0,038
<b>Região II</b>					
2	$q_{\text{mín}} = 0,006078 \ln(A) - 0,00722 \ln(L)$	0,85	0,83	0,001	0,309
5	$q_{\text{mín}} = 0,008174 \ln(A) - 0,01043 \ln(L)$	0,90	0,88	0,001	0,101
10	$q_{\text{mín}} = 0,009068 \ln(A) - 0,01181 \ln(L)$	0,93	0,91	0,001	0,049
20	$q_{\text{mín}} = -0,00119 + 0,00969 \ln(A) - 0,01258 \ln(L)$	0,96	0,94	0,001	0,173
50	$q_{\text{mín}} = 0,009373 \ln(A) - 0,01245 \ln(L)$	0,93	0,91	0,001	0,050

Continua...

Quadro 18, Cont.

T	Modelos recomendados	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)
<b>Região III</b>					
2	$q_{\min} = 0,003327 + 0,004630 \ln(A) - 0,00564 \ln(L)$	0,93	0,89	0,001	0,488
5	$q_{\min} = 0,002707 \ln(A) - 0,00249 \ln(L)$	0,85	0,82	0,001	0,283
10	$q_{\min} = 0,002408 \ln(A) - 0,00216 \ln(L)$	0,84	0,81	0,000	0,322
20	$q_{\min} = 0,002203 \ln(A) - 0,00194 \ln(L)$	0,85	0,82	0,001	0,568
50	$q_{\min} = 0,002889 A^{0,807827} L^{-1,02618}$	0,89	0,84	1,203	1,141
<b>Região IV</b>					
2	$q_{\min} = 0,011640 + 0,0000020 A - 0,00003 L$	0,93	0,90	0,001	0,445
5	$q_{\min} = e^{(-4,64822 + 0,000196 A - 0,00308 L)}$	0,92	0,88	1,064	0,622
10	$q_{\min} = e^{(-4,73519 + 0,000221 A - 0,00344 L)}$	0,90	0,86	1,085	0,929
20	$q_{\min} = e^{(-4,80255 + 0,000242 A - 0,00377 L)}$	0,89	0,83	1,106	1,322
50	$q_{\min} = (293,0878 - 0,00625 A - 0,07481 P_{aC})^{-1}$	0,91	0,87	0,090	0,738

#### 4.7. Regionalização da vazão média de longo período

Os diversos modelos de regressão selecionados para a representação da vazão média de longo período ( $\bar{Q}$ ,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) são apresentados no Apêndice D, sendo que os modelos recomendados, para as regiões I, II, III e IV foram, respectivamente:

$$\bar{Q}_{\text{medI}} = 0,000002 A^{1,999030} L^{-1,45480} P_{\text{aH}}^{1,244370}$$

$$\bar{Q}_{\text{medII}} = 1,03 \times 10^{-11} A^{1,013383} P_{\text{aH}}^{2,902286}$$

$$\bar{Q}_{\text{medIII}} = 0,018193 A^{1,595696} L^{-0,86242}$$

$$\bar{Q}_{\text{medIV}} = 0,068763 A^{0,861867}$$

Analisando os modelos recomendados verifica-se que a área de drenagem foi a variável que melhor explicou o comportamento das vazões médias de longo período para todas as regiões homogêneas. Nas regiões I, II e III, além da área de drenagem, os modelos de regressão recomendados contemplaram o comprimento do curso d'água principal (regiões I e III) e a precipitação total anual obtida com base no ano hidrológico (regiões I e II).

#### 4.8. Regionalização da curva de permanência

No Quadro 19 estão apresentados os modelos de regressão recomendados para a representação das vazões correspondentes aos níveis de permanência de 50, 75, 80, 90 e 95% em cada região, os quais, conforme já mencionado, foram obtidos com base nos seguintes critérios: simplicidade do modelo (menor número de variáveis e, ou, maior facilidade de obtenção das variáveis), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_a$ ), erro padrão fatorial ( $\sigma F$ ) e significância pelo teste F. Outros modelos de regressão selecionados que apresentaram ajustes satisfatórios e possíveis de serem aplicados em cada região hidrologicamente homogênea são apresentados no Apêndice G.

Analisando-se os resultados apresentados no Quadro 19 evidencia-se que o melhor modelo, para todos os níveis de permanência, foi o potencial, utilizando área e densidade de drenagem, sendo que na região homogênea IV somente a área de drenagem foi suficiente para a explicação do comportamento das vazões correspondentes aos diferentes níveis de permanência.

As vazões associadas às permanências de 50 a 95%, em intervalos de 5%, para as 30 estações fluviométricas, estão apresentadas no Apêndice H.

Quadro 19 – Modelos de regressão recomendados para a representação das vazões correspondentes a diferentes níveis de permanência ( $m^3 s^{-1}$ ) e parâmetros estatísticos a eles associados nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

Níveis de Permanência	Modelos recomendados	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)
<b>Região I</b>					
50	$Q_{50} = 0,0000020A^{1,093128} Dd^{9,066141}$	0,98	0,97	1,494	0,0056
75	$Q_{75} = 0,0000010 A^{1,134366} Dd^{8,852770}$	0,97	0,96	1,675	0,017
80	$Q_{80} = 9,48 \times 10^{-7} A^{1,147592} Dd^{8,989948}$	0,97	0,96	1,689	0,0172
90	$Q_{90} = 6,04 \times 10^{-7} A^{1,198713} Dd^{8,896335}$	0,96	0,95	1,793	0,0245
95	$Q_{95} = 3,58 \times 10^{-7} A^{1,233528} Dd^{9,087540}$	0,96	0,95	1,873	0,0303
<b>Região II</b>					
50	$Q_{50} = 0,000708 A^{1,100905} Dd^{2,472620}$	0,99	0,99	1,072	0,000
75	$Q_{75} = 0,000322 A^{1,150579} Dd^{2,628800}$	0,99	0,99	1,141	0,000
80	$Q_{80} = 0,000263 A^{1,160548} Dd^{2,691190}$	0,99	0,99	1,187	0,001
90	$Q_{90} = 0,000173 A^{1,183859} Dd^{2,769613}$	0,99	0,99	1,269	0,002
95	$Q_{95} = 0,000127 A^{1,203683} Dd^{2,807423}$	0,99	0,99	1,340	0,004

Continua...

Quadro 19, Cont.

Níveis de Permanência	Modelos recomendados	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)
<b>Região III</b>					
50	$Q_{50} = 0,000851 A^{1,142582} Dd^{1,841232}$	0,99	0,99	1,206	0,001
75	$Q_{75} = 0,000493 A^{1,183873} Dd^{1,826126}$	0,99	0,99	1,212	0,001
80	$Q_{80} = 0,000409 A^{1,193944} Dd^{1,880986}$	0,99	0,99	1,213	0,001
90	$Q_{90} = 0,000396 A^{1,201079} Dd^{1,712265}$	0,99	0,99	1,239	0,001
95	$Q_{95} = 0,000365 A^{1,210197} Dd^{1,602552}$	0,99	0,99	1,272	0,002
<b>Região IV</b>					
50	$Q_{50} = 0,042957 A^{0,896561}$	0,99	0,99	1,095	0,000
75	$Q_{75} = 0,020318 A^{0,964548}$	0,99	0,99	1,085	0,000
80	$Q_{80} = 0,017508 A^{0,977463}$	0,99	0,99	1,086	0,000
90	$Q_{90} = 0,012484 A^{1,006339}$	0,99	0,99	1,086	0,000
95	$Q_{95} = 0,009124 A^{1,033302}$	0,99	0,99	1,105	0,000

#### 4.9. Regionalização da curva de regularização

No Quadro 20 estão apresentados os modelos de regressão recomendados para a representação das vazões correspondentes às regularizações de 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 e 1,0  $\bar{Q}$  em cada região, os quais foram obtidos com base nos mesmos critérios citados anteriormente para a regionalização de vazões máxima, mínima e da curva de permanência. Outros modelos de regressão selecionados que apresentaram ajustes satisfatórios e possíveis de serem aplicados em cada região hidrologicamente homogênea são apresentados no Apêndice I.

Analisando-se os resultados apresentados no Quadro 20 verifica-se que houve uma dificuldade considerável para se regionalizar as diferentes vazões regularizadas. Isso provavelmente ocorreu devido ao fato de que a existência e a operação de reservatórios na bacia já regulariza parcialmente a vazão. Por isso, quando se analisa conjuntamente os dados das estações que recebem influência dos reservatórios com os dados das que não recebem (estações de cabeceira), resulta em equações de regressão com  $R^2_a$  baixos e desvios altos para algumas estações. Em virtude disso, os resultados da regionalização dessa função devem ser utilizados com critério.

De qualquer maneira, evidencia-se que a área de drenagem foi a variável que melhor explicou o comportamento das diferentes vazões regularizadas, sendo acompanhada de diferentes outras variáveis em cada região homogênea. Para a região I verifica-se que o modelo logarítmico foi o que melhor representou as diferentes vazões regularizadas sendo que o melhor ajuste foi obtido usando, além da área de drenagem, o comprimento do curso d'água principal e, ou, a precipitação total anual (para vazões regularizadas de 0,6 a 0,9  $\bar{Q}$ ) e a densidade de drenagem (vazões regularizadas de 0,9 e 1,0  $\bar{Q}$ ).

Para a região II observou-se que, para as diferentes vazões regularizadas, as variáveis mais expressivas foram a área de drenagem e o comprimento do curso d'água principal, sendo também utilizada a densidade de drenagem para as vazões regularizadas de 0,8  $\bar{Q}$  a 1,0  $\bar{Q}$ .

Para a região III observou-se que a variável mais expressiva para representação do comportamento das diferentes vazões regularizadas foi também a área de drenagem e a densidade de drenagem para 0,8  $\bar{Q}$  e 0,9  $\bar{Q}$ . Para a regionalização da vazão regularizada correspondente a 1,0  $\bar{Q}$  não foi encontrado nenhum modelo satisfatório que se ajustasse aos dados.

Para a região IV observou-se que, para as diferentes vazões regularizadas, a variável mais expressiva também foi a área de drenagem, sendo acompanhada da densidade de drenagem para  $0,6\bar{Q}$  e do comprimento do curso d'água principal para as demais vazões regularizadas, sendo que para a regionalização da vazão regularizada correspondente a  $1,0\bar{Q}$  não foi encontrado nenhum modelo satisfatório que se ajustasse aos dados.

Os valores de  $\alpha_i$  correspondentes à regularização de 5 a 100% da vazão média de longo período em intervalos de 5%, para as 30 estações fluviométricas, estão apresentadas no Apêndice J.

Quadro 20 - Modelos de regressão recomendados para a representação das vazões regularizadas ( $m^3 s^{-1}$ ) e parâmetros estatísticos a eles associados considerando diferentes níveis de permanência nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

Vazões regularizadas	Modelos recomendados	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	σF	F(%)
<b>Região I</b>					
0,6 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,6\bar{Q})} = 1,270821 - 0,20311 \ln(A) + 0,244244 \ln(L) - 0,13083 \ln(P_{ac})$	0,96	0,93	0,026	0,268
0,7 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,7\bar{Q})} = 2,017284 - 0,41289 \ln(A) + 0,509093 \ln(L) - 0,19839 \ln(P_{ac})$	0,98	0,97	0,033	0,055
0,8 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,8\bar{Q})} = 3,593700 - 0,62931 \ln(A) + 0,778955 \ln(L) - 0,37260 \ln(P_{ac})$	0,99	0,98	0,036	0,015
0,9 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,9\bar{Q})} = 1,475908 - 0,64344 \ln(A) - 0,728480 \ln(L)$	0,94	0,92	0,100	0,090
1,0 $\bar{Q}$	$Q_{r(1,0\bar{Q})} = 3,328486 - 0,18131 \ln(A) - 1,16234 \ln(Dd)$	0,87	0,82	0,170	0,572
<b>Região II</b>					
0,6 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,6\bar{Q})} = 1,276594 A^{-4,02855} L^{5,056243}$	0,97	0,96	1,327	0,077
0,7 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,7\bar{Q})} = 0,543289 - 0,64366 \ln(A) + 0,842766 \ln(L)$	0,95	0,93	0,047	0,242
0,8 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,8\bar{Q})} = e^{(-0,00358 A + 0,058429 L - 0,93848 Dd)}$	0,94	0,91	1,306	0,354
0,9 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,9\bar{Q})} = (0,009569 A - 0,15799 L + 2,179311 Dd)^{-1}$	0,92	0,89	1,492	0,566
1,0 $\bar{Q}$	$Q_{r(1,0\bar{Q})} = (0,003904 A - 0,06481 L + 1,054211 Dd)^{-1}$	0,92	0,88	3,797	0,635

Continua...

Quadro 20, Cont.

Vazões regularizadas	Modelos recomendados	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)
<b>Região III</b>					
0,6 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,6\bar{Q})} = A^{-0,41047} Dd^{-0,28597}$	0,98	0,98	1,16	0,001
0,7 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,7\bar{Q})} = 9,385364A^{-0,43137} Dd^{-1,73301}$	0,96	0,94	1,30	0,190
0,8 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,8\bar{Q})} = 2,659949 - 0,12665 \ln(A) - 1,53706 \ln(Dd)$	0,95	0,93	0,07	0,216
0,9 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,9\bar{Q})} = 3,618367 - 0,16548 \ln(A) - 1,94636 \ln(Dd)$	0,88	0,83	0,15	1,372
<b>Região IV</b>					
0,6 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,6\bar{Q})} = e^{(1,732372 - 0,00017 A - 1,62671 Dd)}$	0,99	0,99	1,16	0,009
0,7 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,7\bar{Q})} = e^{(-1,07291 + 0,001316 A - 0,02426 L)}$	0,96	0,94	1,18	0,151
0,8 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,8\bar{Q})} = -2,21803 + 4,037873 \ln(A) - 5,37654 \ln(L)$	0,93	0,90	0,04	0,457
0,9 $\bar{Q}$	$Q_{r(0,9\bar{Q})} = 0,822001 + 0,000362 A - 0,00666 L$	0,92	0,88	0,07	0,695

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

No presente trabalho foi realizada a regionalização de vazões máxima, mínima e média de longo período e das curvas de permanência e de regularização para a bacia do rio Paraíba do Sul a montante da cidade de Volta Redonda, com base em um modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC), gerado com o objetivo de aumentar a confiabilidade do estudo e de facilitar a sua posterior utilização, em decorrência da automatização do processo de determinação das características físicas das bacias de drenagem associadas aos diferentes locais de interesse no interior da bacia.

Foram digitalizadas as curvas de nível e a hidrografia da área correspondente à bacia em estudo com base em 45 cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000. As curvas de nível foram interpoladas utilizando-se o módulo TOPOGRID, do software ARC/INFO, gerando-se o Modelo Digital de Elevação. As depressões espúrias e os demais erros na interpolação foram retirados, sendo a verificação da consistência do MDEHC feita com base na comparação das redes de drenagem gerada pelo modelo e mapeada e através da verificação da precisão na delimitação automática das bacias de drenagem associadas a diferentes estações fluviométricas.

As características físicas da bacia hidrográfica utilizadas na regionalização foram a área de drenagem ( $A$ ), o comprimento do rio principal ( $L$ ), a densidade de drenagem ( $Dd$ ), a declividade média da bacia ( $S_m$ ) e a declividade média do rio principal ( $S_{rp}$ ), que foram determinadas de forma automática pelo MDEHC. As características climáticas utilizadas no estudo de regionalização foram: precipitação total anual considerando o ano civil ( $P_{ac}$ ), total anual considerando o ano hidrológico ( $P_{aH}$ ), do semestre mais chuvoso ( $P_{sc}$ ), do trimestre mais chuvoso ( $P_{tc}$ ), do mês mais

chuvoso ( $P_{mc}$ ), diária máxima anual ( $P_{m\acute{a}x}$ ), do semestre mais seco ( $P_{ss}$ ) e do trimestre mais seco ( $P_{ts}$ ). Os valores médios destas precipitações foram obtidos pelo método de Thiessen.

O estabelecimento das regiões hidrologicamente homogêneas para fins da regionalização foi feito através da constatação de um alto coeficiente de determinação, obtido da aplicação da regressão múltipla das vazões com as características físicas e climáticas das sub-bacias.

As vazões máximas e mínimas foram regionalizadas com um determinado nível de risco. Já a vazão média de longo período, por ser caracterizada como a média das vazões médias diárias anuais, foi regionalizada sem se considerar o nível de risco. O intervalo de tempo utilizado para a definição da vazão média foi de um dia, de modo que foi determinada uma vazão média (baseada em dados diários) de longo período para cada seção estudada. Após a seleção e análise de dados básicos, as séries históricas de vazões máximas e mínimas para cada estação foram submetidas à análise estatística, para identificação do modelo probabilístico que melhor se ajustasse aos dados. A análise estatística das vazões máximas foi realizada com base nos valores máximos diários anuais, enquanto para as vazões mínimas foram utilizados os valores mínimos anuais com sete dias de duração. Os modelos de distribuição de eventos extremos ajustados foram os seguintes: Gumbel, Log-Normal a dois e três parâmetros, Pearson III, Log-Pearson III e Weibull. A seleção da distribuição de probabilidade ajustável a cada série histórica foi efetuada utilizando o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. Após a identificação do modelo probabilístico com melhor ajuste aos dados foram obtidas, para cada estação fluviométrica, as vazões previstas para os períodos de retorno de 2, 10, 20, 50 e 100 anos para vazões máximas e de 2, 5, 10, 20 e 50 anos para vazões mínimas.

De posse dos dados de vazões máxima, mínima e média de longo período e das características físicas e de precipitação média correspondentes às áreas de drenagem das diferentes estações fluviométricas pertencentes a uma mesma região homogênea, aplicou-se a regressão múltipla à vazão média de longo período e às vazões específicas máximas e mínimas associadas aos períodos de retorno estudados, com base na função matemática  $Q = F(A, L, Dd, S_m, S_{rp}, P)$ . Os melhores modelos resultantes da aplicação da regressão múltipla foram selecionados observando-se: maiores valores do coeficiente de determinação ajustado, menores valores de erro padrão fatorial, resultados significativos pelo teste F e menor número de variáveis independentes.

A curva de permanência foi obtida da frequência de ocorrência das vazões correspondentes a determinada estação fluviométrica. Em seguida estabeleceu-se as equações de regressão para as vazões com 50, 75, 80, 90 e 95% de permanência no

tempo em função das características físicas da bacia de drenagem e de precipitação média pluvial ( $P_{ac}$ ,  $P_{ss}$  e  $P_{ts}$ ), para cada região homogênea.

A regionalização da curva de regularização envolveu a determinação do volume de armazenamento necessário no reservatório para garantir uma determinada vazão regularizada constante durante todo o período da série histórica. Em seguida, estabeleceu-se, para cada região homogênea, as equações de regressão regionalizadas para os valores correspondentes a 60; 70; 80; 90 e 100% da vazão média, com base nas características físicas das bacias de drenagem e de precipitação média pluvial ( $P_{ac}$ ,  $P_{ss}$ , e  $P_{ts}$ ).

A análise dos resultados obtidos permitiu as seguintes conclusões:

- o modelo digital de elevação se mostrou hidrológicamente consistente, possibilitando a determinação automática das características físicas da bacia e permitindo a aplicação dos resultados da regionalização de forma mais fácil e rápida pelos diferentes usuários.
- a distribuição probabilística Pearson III foi a que melhor se ajustou aos dados de vazão máxima para as regiões homogêneas II, III e IV. Para a região I foi selecionada a distribuição Log-Normal a dois parâmetros. Já para a vazão mínima a distribuição probabilística Log-Normal a três parâmetros foi a que melhor se ajustou aos dados para todas as regiões homogêneas.
- a área de drenagem caracterizou-se como a variável mais expressiva para a representação da vazão específica máxima para todas as regiões hidrológicamente homogêneas. O comprimento do rio principal (região I) e a declividade média da bacia (região IV) também foram utilizados nos modelos de regressão recomendados para vazão máxima.
- a área de drenagem e o comprimento do rio principal foram as variáveis que melhor representaram a vazão mínima, sendo também utilizadas a densidade de drenagem e a precipitação do semestre mais seco.
- a área de drenagem foi a variável que melhor explicou o comportamento da vazão média de longo período, sendo acompanhada do comprimento do curso d'água principal e, ou, da precipitação total anual.
- a área e a densidade de drenagem foram as variáveis mais expressivas para representação da vazão em todos os níveis de permanência regionalizados.
- a área de drenagem foi a variável que melhor explicou o comportamento das diferentes vazões regularizadas, sendo acompanhada do comprimento do curso d'água principal, da precipitação total anual e, ou, da densidade de drenagem na região I, e do comprimento e da densidade de drenagem nas regiões II, III e IV.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A BRIGA pela água. **Guia Rural**, São Paulo, v. 1, p. 53-55, fev. 1991. Edição especial.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas (Coord.). **Inventário de estações fluviométricas**. Brasília, 2001a.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas (Coord.). **Inventário de estações pluviométricas**. Brasília, 2001b.

BENSON, M. A. (1960). **Evolution of methods for evaluation the ocurrence of floods**. USGS Water Paper 1580-A, 1962.

CARONI, E. et al. **Valutazione delle piene**. Milano: Consiglio Nazionale Delle Ricerche, PF Conservazione Del Suolo, 1982. (Publicazione, 165).

CEBALLOS, A.; SCHNABEL, S. Hydrological behaviour of a small catchment in the dehesa landuse system (Extremadure, SW Spain). **Journal of Hidrology**, v. 210, p. 146-160, 1998.

CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a bacia Amazônica**. 2002. 111 p. Tese (M. Sc) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Imprensa Universitária, 2002, 111 p.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro, 1985. 2 v.

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. ARC/INFO v. 7.1.1. **Help on Line**. Redlands, Califórnia: ESRI, 1997.

EUCLYDES, H. P. et al. Estudo de vazão máxima, mínima e média de longo período para as sub-bacias dos rios Verde Grande, Pardo e Jequitaiá. In: **Tecnologia para elaboração de projetos hidroagrícolas em bacias hidrográficas**. Viçosa: UFV/RURALMINAS, 1994a p. 03-61. (Boletim Técnico, n. 1).

\_\_\_\_\_. Regionalização de vazão máxima, mínima e média de longo período e da curva de permanência para a bacia do Rio Jequitinhonha. In: **Tecnologia para elaboração de projetos hidroagrícolas em bacias hidrográficas para o Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV/RURALMINAS, 1994b p. 3-79. (Boletim Técnico, n. 2).

\_\_\_\_\_. Regionalização de vazão máxima, mínima e média de longo período e da curva de permanência para a bacia do Rio Doce. In: **Tecnologia para elaboração de projetos hidroagrícolas em bacias hidrográficas para o Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV/RURALMINAS, 1996 p. 1-96. (Boletim Técnico, n. 3).

\_\_\_\_\_. Regionalização de vazão máxima, mínima e média de longo período e da curva de permanência para a bacia do Rio Paracatu. In: **Tecnologia para elaboração de projetos hidroagrícolas em bacias hidrográficas para o Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV/RURALMINAS, 1997, p. 1-80. (Boletim Técnico, n. 4).

\_\_\_\_\_. Regionalização de vazão máxima, mínima e média de longo período e da curva de permanência para a bacia do Rio São Francisco. In: **Tecnologia para elaboração de projetos hidroagrícolas em bacias hidrográficas**. Viçosa: UFV/RURALMINAS, 2001b p. 1-124. (Boletim Técnico, n. 5).

\_\_\_\_\_. Regionalização de vazão máxima, mínima e média de longo período e da curva de permanência para a bacia do Alto e Médio São Francisco. In: **Tecnologia para elaboração de projetos hidroagrícolas em bacias**. Viçosa: UFV/RURALMINAS, 2002 p. 1-142. (Boletim Técnico, n. 6).

\_\_\_\_\_. Regionalização hidrológica na bacia do Alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 2. p. 81-105, 2001a.

\_\_\_\_\_; PICCOLO, M. J. **Aplicação de um critério de semelhança hidrológica pela distribuição de probabilidade de vazão de pico de cheia da microregião do Circuito das Águas – Sul de Minas Gerais**. Milão: Instituto de Hidráulica e Construção Hidráulica do Politécnico de Milão, Itália, 1985.

\_\_\_\_\_; SOUZA, E. F.; FERREIRA, P. A. **RH3.0 Regionalização hidrológica: Manual do programa**. Viçosa: UFV, DEA; Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: RURALMINAS. 1999. 149 p.

FILL, H. H. Informações hidrológicas. In: **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987. (Coleção ABRH de Recursos hídricos).

FURTADO, A. M. **Metodologia para extração de informações hidrológicas a partir de um modelo digital de elevação utilizando sistemas de informações geográficas**. 1998. 42 p. Monografia apresentada no I Curso de Especialização em Geoprocessamento, IGC/UFMG/CETEC, Belo Horizonte, 1998.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda., 1988.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L. W. Digital elevation model issues in water resources modeling. In: **Annual Esri Users Conference**, 1999, California. Proceedings... California: ESRI, 1999. ([www.esri.com](http://www.esri.com)).

HAAN, C. T. **Statistical methods in hidrology**. 2. ed. Ames, Iowa: The Iowa State University, Press/Ames, 1977. 378 p.

HIDROSSISTEMAS. **Deflúvios superficiais no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1993. 264 p.

HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments**. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 1997. 224 p.

IBIAPINA, A.V. et al. Evolução da hidrometria no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. (Org). **O estado das águas no Brasil**. Brasília, DF: ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, 1999.

JENSON, S. K.; DOMINGUE, J. Extrating topografic structure from digital elevation data for geografic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and remote sensing**, v. 54, n. 11. 159301600, 1988.

KAVISKI, E. Vazões de estiagens em pequenas bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5, Florianópolis, 1983. **Anais...**, s.l.: Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1983. p. 43-67.

MAIDMENT, D. R. Delineation of watersheds and streams. In: **GISHydro Workshop**, Dallas, Texas, 1997. (<http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/gishyd97/class/wshed.html>).

MAIONE, U. **Aponti di idrologia – Le piene fluviali**. Pavia, La Goliardica Pavese. 1977. 224 p.

NERC – NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL. **Flood studies report**. London, v.1 e 2, 1975.

PINHEIRO, M. M. G.; NAGHETTINI, M. Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na Região Metropolitana de Belo Horizonte – **RMBH, Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 4, p. 73-87, 1998.

PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia básica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1976. 278 p.

PINTO, S. **Um sistema de representação de relevos**. 1994. 64 p. Tese (Mestrado) - DCC, ICEX, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994.

PIRES, C. L. F. Análise de Frequência - Revisão Metodológica. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, n. 3, p. 13-22, out. 1994.

SANTOS, A. R. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa**. 2001. 125 p., il. Tese (D. S.) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SILVA, D. D. et al. **Regionalização de vazões para a Sub-Bacia 51**. Brasília: ANEEL; Viçosa: UFV, 2002a. 207p.

\_\_\_\_\_. **Regionalização de vazões para a Sub-Bacia 52**. Brasília: ANEEL; Viçosa: UFV, 2002b. 138p.

STEDINGER, J. R.; VOGEL, R. M.; FOUFOULA-GEORGIU, E. Frequency analysis of extreme events. In: MAIDMENT, D. R. **Handbook of hidrology**. New York: MacGraw Hill, Inc., 1992, cap. 18, p. 18. 1-18.66.

THIERFELDER, T. **The morphology of landscape elements as predictors of water quality in glacial/boreal lakes**. v. 207, p. 189-203, 1998.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. In: TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed da Universidade/ ABRH/EDUSP, 1997, cap.15, p. 573-619.

\_\_\_\_\_. **Regionalização de vazões**. Ed. Universidade/UFRGS, 2002, 256 p.

TUCCI, C. E. M. et al. Estudo regional de vazões máximas e médias do Alto Paraguai. In: Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 5, Florianópolis, **Anais...**, s. l., 1983. p. 17-42, 1983.

VERDIN, K. L.; JENSON, S. K. **Developmente of continental scale digital elevation models and extraction of hydrographic features**. INTERNATIONAL CONFERENCE, 3, Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. Santa Fé, NM: NCGIA, 1996. (CD-ROM).

VISSMAN Jr., W.; HARBAUGH, T. E.; KNAPP, J. W. **Introduction to Hydrology**. New York: Intext Education, 1972.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw Hill, 1975. 250 p.,

WALKER, A. et al. Remote sensing and hidrology: accumulation network extration from digital elevation models and their use in continental ad global scale hidrological models. In: **The annual remote sensing society one day student meeting**. University college London, 1997. ([http://www.ps.ucl.ac.uk/awalker/RSS\\_student\\_sem\\_97/rss\\_seminar97.html](http://www.ps.ucl.ac.uk/awalker/RSS_student_sem_97/rss_seminar97.html)).

WANG,X.; YIN, Z. Y. A comparison of drainage networks derived from digital elevation models at two scales. **Journal of Hidrology**, v. 210, p. 221-241, 1998.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

Quadro 1A – Cartas topográficas utilizadas

<b>Carta</b>	<b>Mapa Índice</b>	<b>Editora</b>	<b>UF</b>
Agulhas Negras	2712 –4	IBGE	RJ MG SP
Bananal	2743 –1	IBGE	RJ SP
Barra do Pirai	2714 –3	IBGE	RJ
Camanducaia	2739-4	IBGE	SP
Campos de Cunha	2742 –3	IBGE	SP RJ
Campos do Jordão	2740-2	IBGE	SP
Caraguatatuba	2796-1	IBGE	SP
Cruzeiro	2742 –1	IBGE	SP
Cunha	2771 –1	IBGE	RJ SP
Cunhambebe	2743 –3	DSG	RJ SP
Delfim Moreira	2741 –1	IBGE	SP MG
Guaratinguetá	2741 –4	IBGE	SP
Igaratá	2768 –2	IBGE	SP
Itaguai	2744 –3	DSG	RJ
Itaquaquecetuba	2768-3	IBGE	SP
Jacareí	2769 –3	IBGE	SP
Lagoinha	2770 –2	IBGE	SP
Lorena	2741 –2	IBGE	SP MG
Mangaratiba	2743 –4	DSG	RJ SP
Mogi das Cruzes	2794-2	IBGE	SP
Monteiro Lobato	2740 –3	IBGE	MG SP
Natividade da Serra	2770 –3	IBGE	SP
Nossa Senhora do Amparo	2713 –4	IBGE	RJ MG
Paracambi	2744 –2	DSG	RJ
Paraibuna	2769 –4	IBGE	SP
Parati	2771 –2	IBGE	RJ
Passa-Quatro	2712 –3	IBGE	RJ MG SP
Picinguaba	2771 –3	IBGE	RJ SP
Pico do Papagaio	2795-2	IBGE	SP RJ
Pindamonhangaba	2741 –3	IBGE	SP
Piracaia	2768-1	IBGE	SP
Pirai	2744 –1	IBGE	RJ
Resende	2713 –3	IBGE	RJ MG
Rio Mambucaba	2742 –4	IBGE	RJ SP
Rio Preto	2714 –1	IBGE	RJ MG
Salesópolis	2795-1	IBGE	SP
Santa Isabel	2768 –4	IBGE	SP
Sao Jose do Barreiro	2742 –2	IBGE	RJ SP
São Jose dos Campos	2769 -1	IBGE	SP
Sao Luis do Paraitinga	2770 –1	IBGE	SP
Taubaté	2769 –2	IBGE	SP
Tremembe	2740 –4	IBGE	SP MG
Ubatuba	2770 –4	IBGE	SP
Virgínia	2711-4	IBGE	SP MG
Volta Redonda	2743 –2	IBGE	RJ SP

## APÊNDICE B

Quadro 1B –Dados originais e preenchidos de vazões máximas (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)

Ano	58030000	58060000	58087300	58096000	58105300	58142200	58155000	58165000	58182500	58183000	58185000	58192000	58198000	58201000	58211000
<b>78</b>	37,5	84	129	130	138			32,14	186,67*	188	7,82	206,36	7,28	213,36	29,16
<b>79</b>	47,9	82,6	124	139	148			37,24	221,03*	268	8,04	247,45	13,56	253,28	24,56
<b>80</b>	27,5	102	124	146	154	57,1	3,9	20,21	309,33*	388	14,54	353,04	6,93	381,77	27,55
<b>81</b>	54,5	41,3	125	167	182	53,8		62,92	281,98*	267	9,16	320,33	8,67	342,57	32,69
<b>82</b>	56,2	50,1	126	235	321	45,5	4,9	44,25	418,39*	584	20,49	483,47	8,97	541,39	27,95
<b>83</b>	51,7	38,6	130	169	203	36	4,26	18,73	393,41	466	20,75	413,75	9,59	438,99	28
<b>84</b>	49,8		128	179	208	35,4	5,1	22,86	228,39	259	18,1	252,46	8,69	283,14	33,5
<b>85</b>	49,4	43,2	126	140	158	34,8	2,33	13,15	273,3	278	20,06	300,32	5,12	315,05	41,39
<b>86</b>	49	46,5	125	170	196	48,2	3,42		424,22	525	19,55	444,17	22,49	438,99	30,39
<b>87</b>	49,5	33,6	145	151	172	44,6	7,02	32,33	439,18	495	15,46	459,72	11,01	446,8	36,41
<b>88</b>	49,1	36,3	126	152	173	41,6	4	24,25	437,98	500	7,12	475		480,21	31,16
<b>89</b>	30	65	121	181	210	33	2,26		222,97	235	5,74	255,53		256,24	40,88
<b>90</b>	53,3	43,8	91	126	139,78*		4,25		400,07	449	12,3	472,6		498,91	42,41
<b>91</b>	50,9	37,2	126	149	169,28*		1,92	14,5	291,25	307	3,61	316,45			29,32
<b>92</b>	56,4	80,1	109	140	157,74*	63,1	2,44	29,52	238,55	304	17,99	306,85			40,54
<b>93</b>	39,5	97,3	114	167	192,36*	35	2,1	22,17	233,99	338	3,9	289,27		293,36	33,44
<b>94</b>	59,6	35,3	112	139	156,45*	79,1	3,14	34,12	358,58	574	7,09	451,32		453,09	37,64
<b>95</b>	52,8	36,4	128	180	209,03*	56,7	4,59	53,21	434,38	688	18,93	555,32		499,73	
<b>96</b>	47,3	28,5	131	170	196,21*	40,7	4,27	44,64	386,1	554	13,67	466,47		432,79	
<b>97</b>	40,2	35	126	170	196,21*	28,6				359					

\* Dados preenchidos

Continua...

Quadro 1B, Cont.

<b>Ano</b>	<b>58214000</b>	<b>58215000</b>	<b>58217500</b>	<b>58218000</b>	<b>58220000</b>	<b>58227000</b>	<b>58230100</b>	<b>58235100</b>	<b>58242000</b>	<b>58250000</b>	<b>58258000</b>	<b>58262000</b>	<b>58270000</b>	<b>58300001</b>	<b>58305000</b>
<b>78</b>	240,7	5,72	2,5	276	14,4	25,66	286,22	351	232	241	39,5	836		595	669,91*
<b>79</b>	259,58	4,09	3,37	305,25*	21,7	25,76	389,67	483	510	579,18*	46	994		686	749,08*
<b>80</b>	444,8	3,56	2,7	440,55*	16,9	19,33	435,01	472	463	523,28*	28	587		604	677,74*
<b>81</b>	395,0	8,1	4,11	399,27*	20,5	29,5	437,1	555	477	539,93*	68	667		700	727
<b>82</b>	647,7	5,72	5,46	608,63*	19,4	17,73	635,01	761	698	833	42,1	874	51	842	849
<b>83</b>	517,5	4,79	5,54	500,80*	24	20,71	495,57	580	554	718	34,1	909	60,4	804	855
<b>84</b>	319,5	7,07	6,1	336,69*	36	25,12	426,58	552	509	576	68,9	663	56,4	657	852
<b>85</b>	360,0	7,01	8,25	370,29*	21,2	16,93	359,22	402	409	456	89,6	560	46,3	521	624
<b>86</b>	517,5	5,84	10,67	500,80*	22	26,71	551,68	678	527	598	43,5	677	41	752	832
<b>87</b>	527,4	8,24	15,75	547	34,4	25,08	592,16	643	575	606		759	105	908	971
<b>88</b>	569,9	5	4,84	544	30,5	22,95	569,6	623	566	584	33,8	667	52,1	734	733
<b>89</b>	285,3		5,05	305	24,3	21,37	377,69	441	333	356	33,3	402	65,9	469	560,29*
<b>90</b>	639,7		15,49	616	23,1		719,42		889	1033		696	119	1040	1010
<b>91</b>	363,6		8,43	357			569,6	752	309	369		451	62,7	666	688
<b>92</b>		8,89	10,33	396	37,9		426,71	464	457	479			70,8	579	604
<b>93</b>	332,45*	9,14		290	14,5		344,05		278	336	36,3		68,7	443	510
<b>94</b>	535,44*	10,28		461	38,5		570,72	706	600	683	108			792	931
<b>95</b>	594,71*	10,28		566	49,3		601,23	678	678	778,98*	73,4		73,3	950	983
<b>96</b>	509,64*	9,25		477	35,2		594,42	756	544	619,62*	120		68,3		
<b>97</b>				402	18,2				337	373,43*	52,7				

\* Dados preenchidos

Quadro 2B –Dados originais e preenchidos de vazões mínimas (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)

Ano	58030000	58060000	58087300	58096000	58105300	58142200	58155000	58165000	58182500	58183000	58185000	58192000	58198000	58201000	58211000
<b>78</b>	5,16	2,63	25,3	38,41	38,33		0,04	0,73		56,3	0,07	70,94	0,43	71,63	0,49
<b>79</b>	6,43	3,93	20,01	39,03	41,2	4,34		1,51		76,46	0,11	71,76	0,43	75,37	1,71
<b>80</b>	6,13	3,37	15,7	33,9	37,3		0,01	1,09		87,89	0,09	90,68	0,43	91,01	1,13
<b>81</b>	5,31	3,86	14,07	35,33	38	3,8		0,94		71,29	0,08	90,05	0,42	92,73	0,98
<b>82</b>	7,13	4,44	12,93	35,64	39,87	5,75	0,03	1,62		89,7	0,25	97,1	0,49	101,21	1,29
<b>83</b>	11,9	5,2	24,06	38,56	44,46	8,3	0,13	3,06		126,43	0,47	121,8		135,69	2,12
<b>84</b>	6,79	2,95	33,6	41,79	44,73	3,86	0,01	0,65	87,67	86,77	0,1	104,05	0,36	100,87	0,38
<b>85</b>	7,1	3,61	48,86	41,1	44,02	3,78	0,02	0,7	83,29	99,61	0,06	94,71		92,69	0,22
<b>86</b>	6,21	3,93	29,79	47,51	50,61	3,66	0,01		99,49	98,81	0,03	96,31	0,29	100,29	0,69
<b>87</b>	8,63	4,64	22,8	47,5	50,60	3,49	0,04	1,63	109,57	64,47	0,29	98,3	0,58	99,72	1,07
<b>88</b>	7,42	4,7	36,93	50,09	53,26	5,08	0,03	0,98	111,76	102,27	0,14	98,76	0,39	103,72	1,07
<b>89</b>	6,45	5,44	41,63	49,87	53,03	4,24	0,04		112,04	100,81	0,22	115,33		107,26	1,22
<b>90</b>	5,96	3,93	31,46	47,93	51,04*	4,28	0,04		109,51	101,87	0,14	102,45		100,16	1,46
<b>91</b>	5,37	4,11	30,89	40,4	43,30*		0,04		98,89	97,91	0,13	81,58		105,17	0,86
<b>92</b>	5,64	3,58	42,07	44,23	47,24*		0,04	0,63	105,65	102,43	0,16	110,09			1,35
<b>93</b>	7,63	3,67	32,5	40,67	43,58*	4,43	0,03	0,38	102,67	94,39	0,11	101,85		119,14	0,93
<b>94</b>	6,29	3,58	33,3	40,4	43,30*	3,2	0,01	0,14	96,85	75,53	0,05	92,09		96,4	0,71
<b>95</b>	6,45	3,04	26,8	40,31	43,21*	4,45	0,04	0,44	99,29	79,96	0,08	96,19		81,55	0,87
<b>96</b>	8,01	6,13	31,35	40,4	43,30*	6,15	0,09	0,69	116,35	86,73	0,47	114,73		101,28	
<b>97</b>	6,58	3,71	34,29	39,71	42,59*	3,76	0,04	0,22	114,68	101,46	0,1	114,79		94,04	

\* Dados preenchidos

Continua...

Quadro 2B, Cont.

Ano	58214000	58215000	58217500	58218000	58220000	58227000	58230100	58235100	58242000	58250000	58258000	58262000	58270000	58300001	58305000
78	70,24	0,17	0,11	80,1	1,37	1,11	77,71	83,73		127,86	1,44	193,57		186,29	
79	76,87	0,25	0,11	85,6	1,62	1,85	90,4	95,49	102,7		1,72	188		178,57	
80	89,29	0,23	0,12	103,34*	1,77	1,47	100,02	116,43	133,89		1,72	198,86		223,57	
81	98,88	0,21	0,1	116,34*	1,64	1,59	115,72	134,57	171,57		2,43	207,29		234,43	229,71
82	108,64	0,25	0,12	120,85*	1,55	1,6	119,8	140,86	154,71	169,43	2,47	207	3,1	225,43	225
83	148,31	0,4	0,37	151,36*	3,09	1,93	151,81	183,43	209	202,43	3,77	257	6,59	278	261,29
84	108,25	0,14	0,15	111,63*	1,89	0,99	112,92	128	178,29	186,86	1,86	216,14	4,28	228,29	238,43
85	98,84	0,2	0,2	99,65*	2,1	1,2	105,84	111,29	148,14	177,86	2,03	201,29	4,38	222,57	227,57
86	107,58	0,1	0,1	115,83*	1,81	1,09	119,83	133,86	145,14		1,56	195	3,83	217,86	222,43
87	106,93	0,22	0,19	131,70	2,33	1,34	161,26	156	178,14	193,29	2,08	215	5,12	238,57	235,57
88	111,53	0,21	0,19	119,86	2,15	1,41	135,86	131,57	179,86	182,43	1,83	201,86	4,46	232,86	228
89	115,60	0,2	0,1	108	1,27	1,46	127,73	120,57	176,57	175,14	2,34	191	4,85	226,14	222,43
90	118,62		0,07	107,71	1,16	1,77*	161,41	120,29	177	175,43	2,17	177,29	3,23	218,57	224,29
91	97,72		0,13	107,43	1,44	1,31*	146,93	103,29	169,29	169,29		185		235,57	230,29
92	95,97	0,14	0,14	107		1,68*	148,73	119,29	143,54	156,71			3,92		212,14
93	129,27*	0,14	0,14	102,91	1,84	1,36*	137,4		167,57	174	1,43		3,67	212,57	221,43
94	103,11*	0,18		104,63	1,31	1,20*	139,18		129,86	136,53	1,96		2,29	201,71	208
95	86,02*	0,12		97,14	1,28	1,32*	136,81	113,29	129,29	152,57	1,68		3,04	208,86	
96	108,72*	0,09		123,29	2,32		147,63	145,14	169,71		2,7		4,58		242
97	100,39*	0,14		101,9	1,81		114,56	121	162		1,79		3,28		

\* Dados preenchidos

Quadro 3B –Dados originais e preenchidos de vazões médias (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)

Ano	58030000	58060000	58087300	58096000	58105300	58142200	58155000	58165000	58182500	58183000	58185000	58192000	58198000	58201000	58211000
78	10,38	6,05	65,61	68,58	73,12			2,76	117,04*	125,08	0,46	121,39	0,64	127,31	4,12
79	13,17	8,74	61,35	68,27	75,28			4,07	130,06*	147,4	0,63	135,86	0,8	143,96	4,33
80	10,18	8,44	76,72	73,84	80,13	9,12	0,15	3,29	140,53*	145,36	0,64	147,49	0,74	150,29	4,24
81	13,54	7,93	48,03	65,12	72,47	11,18		4,77	143,88*	145,96	0,96	151,21	0,85	161,23	5,45
82	19,81	9,32	82,11	96,15	107,4	14,13	0,5	5,13	211,59*	236,13	1,53	226,44	1,18	244,19	6,21
83	18,24	6,88	94,45	108,07	118,58	10,35	0,24		187,29	200,51	0,89	204,42	1,11	209,82	4,53
84	15,11		83,84	92,23	100,93	9,9	0,23	3,89	146,11	161,96	0,68	165,3	0,88	172,63	6,06
85	12,98	7,37	65,97	76,34	83,23	7,2	0,14	2,29	147,53	140,16	0,83	148,59	0,54	154,82	4,93
86	17,23	10,4	79,91	95,65	104,74	10,59	0,39		190,41	192,76	1,5	201,01	1	205,52	4,28
87	14,65	8,75	80,61	92,28	100,99	10,24	0,29	3,44	188,8	183,63	0,79	192,09	0,94	197,97	5,81
88	15	10,31	82,6	94,11	103,03	10,95	0,34	3,97	193,1	193,91	0,93	199,22		206,47	5,48
89	9,2	6,81	79,6	87,36	95,51	6,88	0,22		158,35	155,76	0,58	172,28		170,23	4,28
90	11,66	8,66	58,53	67,4	73,27*		0,31		147,37	149,24	0,88	150,93		167,67	6,68
91	9,48	6,34	79,92	87,47	95,63*		0,12	1,98	143,3	145,33	0,46	152,74			3,94
92		8,26	55,43	65,35	70,99*		0,2	3,3	140,25	142,39	0,97	143,13			7,25
93	12,23	6,98	68,43	73,67	80,26*	7,92	0,12	2,24	135,07	135,09	0,36	145,71		155,04	3,89
94	12,69	7,17	54,89	67,35	73,21*	11,71	0,24	2,8	144,88	152,61	0,73	152,03		161,06	5,02
95	17,36		78,11	89,34	97,71*	12,64	0,35	3,43	185,16	207,35	1,31	200,94		206,41	
96	12,7	8,44	74,5	87,12	95,24*	8,36	0,26	2,51	170,58	179,82	0,89	181,9		182,89	
97	11,63	8,12				7,3				171,46					

\* Dados preenchidos

Continua...

Quadro 3B, Cont.

Ano	58214000	58215000	58217500	58218000	58220000	58227000	58230100	58235100	58242000	58250000	58258000	58262000	58270000	58300001	58305000
78	136,82	0,54	0,29	153,37	2,57	4,17	155,58	173,77			4,63	244,18		225,67	271,40*
79	154,12	0,56	0,38	158,05*	3,38	4,29	171,26	197,05	198,24		5,75	259,53		268,5	284,75*
80	164,07	0,49	0,29	165,12*	3,01	3,98	176,2	203,11	209,45		5,97	251,72		274,96	277,95*
81	177,56	0,72	0,35	177,33*	3,65	4,95	189,99	222,02	221,97		8,6	290,81		307,17	299,95
82	279,89	0,88	0,58	269,95*	4,83	4,21	278,78	322,65	311,81	318,82	7,84	395,11	10,72	412,26	403,48
83	237,50	0,64	0,71	231,58*	4,93	3,78	243,25	283,26	283,13	290,74	6,75	353,81	12,37	363,7	370,11
84	191,62	0,72	0,66	190,06*	5	4,33	207,79	235,12	215,63	225,78	7,39	278,63	11,59	294,51	307,18
85	169,65	0,71	0,44	170,17*	3,77	3,54	182,94	201,3	194	205,9	6,26	250,26		266,56	276,48
86	232,19	0,63	0,52	226,78*	4,63	3,15	245,36	267,26	255,96	276,09	5,95	324,78	8,45	338,11	343,84
87	222,88	0,82	0,73	218,35*	4,16	4,08	250,13	254,78	257,28	266,17		317,69	12,36	342,52	332,91
88	233,36	0,8	0,49	228,62	4,36	3,82	252,07	257,1	259,11	265,88	6,69	318,41	10,37	344,54	333,85
89	188,66		0,24	182,3	2,2	2,8	227,9	204,38	212,06	218,7	5,3	252,57	7,54	275,39	268,8
90	191,36		0,82	188,68			248,32		221,8	230,13		246,36	8,8	299,67	297,38
91	164,22		0,43	169,79			221,35	186,48	193,16	198,77		238,73		261,45	257
92		0,94	0,78	182,05			218,37	206,63	210,48	218,77			9,43	288,56	291,07
93	169,92*	0,62		157,11	2,79		197,54		184,82	191,21	4,37		8	249,13	255,22
94	177,35*	0,96		169,7	3,21		213,33		184,44	198,7	6,1		7,05	254,31	
95	233,29*	1		236,71	5,23		268,68		248,14		8,09		11,01		
96	204,28*	0,68		202,91	4,2		222,26		240,7		8,74		11,61		
97				167,51	3,23				205,04		5,86				

\* Dados preenchidos

## APÊNDICE C

Quadro 1C – Precipitação média das estações pluviométricas utilizadas na regionalização

Código da Estação	Nome da Estação	Precipitação média pluvial (mm)							
		Anual*	Anual**	Semestre mais chuvoso	Trimestre mais chuvoso	Mês mais chuvoso	Máxima diária anual	Semestre mais seco	Trimestre mais seco
02244001	Queluz	1523,6	1551,3	1190,9	751,7	341,1	91,2	335,7	95,6
02244003	Cruzeiro	1516,9	1474,4	1204,4	730,1	317,2	92,3	320,5	72,3
02244010	Bocaina	1314,3	1334,2	1035,2	646,9	280,3	68,7	305,2	81,7
02244012	Usina Bocaina	1749,2	1774,6	1397,9	868,2	408,6	87,6	360,6	81,6
02244013	Xadrez	1454,9	1402,8	1132,8	707,6	304,8	70,1	305,0	76,2
02244014	Capetinga	1408,0	1386,4	1085,8	650,7	287,0	67,0	312,6	97,3
02244024	Areias	1394,9	1415,1	1111,0	691,8	321,3	84,3	278,2	74,6
02244026	Vargem do Tanque	1453,3	1432,2	1130,5	685,0	286,5	63,9	320,8	89,6
02244030	Nhangapi	1385,9	1412,6	1114,6	693,4	309,6	78,7	279,5	64,0
02244031	Itatiaia	1488,9	1554,8	1217,7	795,3	325,8	81,0	280,4	64,2
02244034	Ribeirão de São Joaquim	1778,5	1811,7	1435,3	913,9	419,0	92,2	315,7	74,2
02244036	Zelinda	1761,3	1817,5	1455,1	925,9	436,1	88,1	291,1	61,3
02244037	Fumaça	1966,3	1940,3	1621,0	1070,0	481,3	105,0	327,7	73,9
02244038	Ponte do Souza	2124,1	2128,9	1750,6	1113,5	481,0	91,7	379,8	92,6
02244039	Faz. Agulhas Negras	2494,1	2469,2	2044,4	1252,7	517,4	114,6	457,3	114,7
02244042	Barra Mansa	1263,6	1257,9	1045,6	682,5	302,6	83,1	210,7	41,0
02244044	Glicério	1502,6	1500,6	1242,7	795,1	346,4	83,1	267,2	56,4
02244047	Visconde de Mauá	2212,7	2266,2	1826,4	1121,6	471,4	102,4	379,8	98,6
02244048	Campos de Cunha	1465,5	1468,2	1140,7	712,6	301,9	70,2	331,8	90,8
02244058	Mirantão	2122,7	2156,8	1734,6	1074,5	459,2	90,1	382,0	92,8
02244101	Volta Redonda	1384,2	1467,4	1113,6	715,6	319,0	72,2	283,2	84,3
02244104	Sítio das Palmeiras	1372,7	1364,1	1116,3	722,3	331,9	80,9	264,0	67,2
02245007	Cachoeira Paulista	1309,2	1303,5	1039,5	642,6	283,8	86,7	275,2	68,3
02245032	Guaratinguetá	1504,2	1498,7	1173,8	705,5	299,1	78,0	351,4	95,8
02245048	Pindamonhangaba	1227,7	1113,3	975,2	592,6	264,1	66,5	236,5	69,9
02245055	Estrada do Cunha	1425,0	1409,6	1121,5	688,5	305,9	78,4	306,9	83,0
02344009	Alto Serra do Mar	2381,5	2372,7	1780,1	1084,7	475,4	109,9	619,0	184,6
02345005	Capivara	1361,4	1402,5	1081,2	701,8	313,4	64,8	288,6	73,6
02345009	Faz. Santa Leonor	1332,6	1368,8	1033,5	665,0	269,2	66,0	299,0	80,8
02345021	Catucaba	1275,3	1302,2	969,7	624,5	270,9	63,5	288,5	84,3
02345031	Laranjal	1620,5	1639,1	1232,4	800,3	337,0	67,3	402,4	121,5
02345062	Taubaté	1289,6	1266,1	1007,8	632,7	268,9	66,9	285,7	76,6
02345063	Capaçava	1343,0	1324,3	1043,3	659,0	256,3	71,8	318,9	90,4
02345065	São Luiz do Parait.	1306,1	1324,1	1006,6	643,3	260,7	67,3	304,8	91,9
02345067	Ponte Alta I	2004,3	1986,9	1467,8	895,3	401,1	117,9	530,3	174,4
02345071	Santa Branca	1424,7	1406,7	1117,0	770,1	315,7	86,3	324,1	98,6
02346099	Guararema	1397,9	1328,3	1039,8	680,9	261,0	65,8	349,6	105,7

\*Considerando o ano hidrológico (setembro – agosto)

\*\*Considerando o ano civil (janeiro – dezembro)

**APÊNDICE D**

Quadro 1D - Modelos de regressão selecionados para a representação da vazão média máxima ( $\bar{Q}_{\text{máx}}$ , em m<sup>3</sup>/s) nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2a</sup>	σF	F(%)	%dr máx	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
<b>Região I</b>														
A	L			0,97	0,96	1,312	0,0012	-41,15	Potencial	-	1,554468	-1,34820		
A	S <sub>m</sub>			0,97	0,96	1,318	0,0138	35,77	Potencial	5,364854	0,645037	1,066801		
A	S <sub>rp</sub>			0,95	0,94	1,384	0,0034	44,67	Potencial	-	0,883080	0,300388		
L	S <sub>m</sub>			0,97	0,96	1,322	0,0147	33,82	Potencial	17,71426	0,938294	1,774634		
A	L	Dd		0,99	0,98	1,221	0,0270	22,91	Potencial	12,56724	2,235412	-2,34751	-2,55340	
A	L	S <sub>m</sub>		0,97	0,95	1,360	0,0151	35,28	Potencial	7,284323	0,479222	0,241489	1,248824	
A	L	S <sub>rp</sub>		0,97	0,95	1,341	0,0189	-43,65	Potencial	-	1,473382	-1,14052	0,071670	
A	L	P <sub>tc</sub>		0,98	0,97	1,267	0,0526	-33,29	Potencial	0,000153	1,604267	-1,43602	1,347264	
A	Dd	S <sub>m</sub>		0,98	0,97	1,258	0,0469	23,09	Potencial	79,49795	0,629802	-1,78663	1,569079	
A	S <sub>m</sub>	P <sub>tc</sub>		0,98	0,97	1,267	0,0527	-25,59	Potencial	0,003395	0,621642	1,105262	1,155061	
A	L	P <sub>máx</sub>		0,99	0,98	1,214	0,0238	-21,61	Potencial	0,002473	1,563553	-1,33564	1,359802	
L	S <sub>m</sub>	P <sub>tc</sub>		0,98	0,97	1,293	0,1587	33,92	Potencial	17,48185	0,954842	1,785843	0,017017	
<b>Região II</b>														
A				0,99	0,99	1,213	0,0004	30,09	Potencial	0,668890	0,694609			
L				0,99	0,99	1,147	0,0001	-22,33	Potencial	0,675058	0,992802			
A	L			0,99	0,99	1,166	0,0026	-22,91	Potencial	0,675986	-0,02836	1,033141		
A	Dd			0,99	0,99	1,148	0,0017	-22,91	Potencial	0,268561	0,698013	1,011705		
A	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	1,223	0,0078	-30,37	Potencial	0,869662	0,697628	0,152419		
A	P <sub>máx</sub>			0,99	0,99	1,084	0,0002	-11,06	Potencial	2,30 x 10 <sup>-7</sup>	0,661136	3,536234		
L	Dd			0,99	0,99	1,049	0,0000	5,32	Potencial	0,303794	0,996422	0,888920		
L	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	1,070	0,0000	9,81	Potencial	-	1,004142	0,242224		
L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	1,099	0,0000	13,45	Potencial	-	1,148297	0,178665		
L	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	1,067	0,0001	6,38	Potencial	9,10 x 10 <sup>-10</sup>	0,919895	3,672775		
A	L	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	1,058	0,0000	-5,93	Potencial	-	-0,24474	1,357281	0,250863	
A	L	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	1,070	0,0001	-7,14	Potencial	-	-0,39918	1,747895	0,201094	
L	Dd	P <sub>máx</sub>		0,99	0,99	1,048	0,0000	5,33	Potencial	-	1,001202	0,988798	-0,30470	

Continua...

Quadro 1D, Cont.

Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	%dr máx	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
<b>Região III</b>														
A				0,99	0,99	1,141	0,0000	-19,69	Potencial	0,427480	0,752754			
A	L			0,99	0,99	1,104	0,0003	-11,45	Potencial	0,493273	1,069938	-0,48033		
A	Dd			0,99	0,99	1,149	0,0000	-16,06	Potencial	-	0,723890	-0,66662		
A	S <sub>m</sub>			0,99	0,98	1,180	0,0001	-26,60	Potencial	-	0,746694	0,449960		
A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	1,115	0,0000	-15,54	Potencial	-	0,914628	0,307220		
A	P <sub>máx</sub>			0,99	0,99	1,142	0,0000	-19,53	Potencial	-	0,749074	-0,18918		
L	P <sub>mc</sub>			0,98	0,97	1,396	0,0339	-35,99	Potencial	0,00004	1,160031	1,927341		
A	L	Dd		0,99	0,99	1,090	0,0002	-11,81	Potencial	-	1,094185	-0,55020	-0,54916	
A	L	P <sub>máx</sub>		0,99	0,99	1,103	0,003	-11,64	Potencial	-	1,072957	-0,48925	-0,15703	
A	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	1,116	0,0004	-12,80	Potencial	-	0,744380	-0,41932	0,217725	
A	Dd	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	1,090	0,0002	-9,45	Potencial	-	0,851115	-0,29093	0,195224	
L	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	1,148	0,0306	-13,82	Potencial	68,66898	1,034916	-2,63319	1,325298	
L	Dd	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	1,142	0,0277	-12,95	Potencial	128,7099	2,169766	-2,16934	1,398708	
<b>Região IV</b>														
A				0,99	0,99	1,068	0,0000	8,39	Exponencial	4,083952	0,000162			
L				0,99	0,99	1,085	0,0000	-13,94	Exponencial	4,000800	0,002849			
S <sub>rp</sub>				0,98	0,97	1,204	0,0024	-23,84	Potencial	0,586482	-0,90784			
A	L			0,99	0,99	1,110	0,0031	14,48	Potencial	0,141160	4,992490	-5,83955		
A	Dd			0,99	0,99	1,142	0,0080	-20,35	Potencial	71,67633	0,606398	-4,14350		
A	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	1,061	0,0003	8,36	Exponencial	4,308583	0,000154	-0,70701		
A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	1,103	0,0024	-14,05	Potencial	678,7708	2,643887	3,304251		
A	P <sub>máx</sub>			0,99	0,99	1,062	0,0003	8,37	Exponencial	4,739592	0,000154	-0,00716		
L	Dd			0,99	0,98	1,157	0,0117	-21,47	Potencial	135,1726	0,803418	-4,42807		
L	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	1,135	0,0065	-19,65	Potencial	5,527911	0,945920	0,908722		
L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	1,130	0,0056	-17,24	Potencial	302269,9	5,209977	5,378165		
L	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	7652,3	0,0000	-11,10	Recíproco	0,007393	-0,00001	0,000022		
L	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	1,124	0,0047	-18,07	Potencial	0,000001	1,015520	2,315049		
Dd	S <sub>rp</sub>			0,99	0,98	1,165	0,0141	-22,21	Potencial	34,38712	-5,27927	-0,98067		
S <sub>m</sub>	P <sub>máx</sub>			0,99	0,99	1,145	0,0087	-17,23	Potencial	1,03 10 <sup>-216</sup>	-33,2323	102,3902		
S <sub>rp</sub>	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	1,056	0,0002	-8,17	Exponencial	-7,45183	-1487,91	0,047957		

Quadro 2D - Modelos de regressão selecionados para a representação da vazão média mínima ( $\bar{Q}_{min}$ , em  $m^3 s^{-1}$ )

Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2a</sup>	σF	F(%)	%dr máx	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
<b>Região I</b>														
A	L			0,98	0,97	1,50	0,0045	-54,66	Potencial	0,002253	2,758086	-2,26658		
A	L	P <sub>ss</sub>		0,99	0,99	1,08	0,0001	-12,27	Potencial	3,17 x10 <sup>-7</sup>	2,909845	-2,54674	1,570326	
<b>Região II</b>														
A	Dd			0,99	0,99	1,381	0,0062	39,43	Potencial	0,000277	1,180794	2,164077		
A	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,363	0,0053	-35,40	Exponencial	-7,33323	0,000407	0,078301		
L	Dd			0,99	0,99	1,292	0,0025	-33,92	Exponencial	-4,75551	0,009357	1,460498		
L	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,360	0,0052	-41,72	Exponencial	-6,91140	0,007044	0,071344		
A	L	Dd		0,99	0,99	1,056	0,0006	-7,76	Potencial	0,000212	2,714305	-2,18935	2,432146	
A	L	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,041	0,0002	-5,61	Potencial	1,24 x10 <sup>-12</sup>	2,879558	-2,75391	5,039644	
A	Dd	P <sub>aC</sub>		0,99	0,99	1,144	0,0088	-14,91	Potencial	4,221 x10 <sup>-57</sup>	1,637338	11,54933	-21,0893	
L	Dd	P <sub>aC</sub>		0,99	0,99	1,330	0,0841	26,64	Potencial	1,555 x10 <sup>-144</sup>	3,254794	24,39951	-50,8658	
A	L	Dd	P <sub>aC</sub>	0,99	0,99	1,059	0,0007	-8,19	Potencial	-	2,658397	-2,07048	2,979676	-1,26415
<b>Região III</b>														
A				0,99	0,99	1,320	0,0001	-44,23	Potencial	0,003019	1,113017			
A	L			0,99	0,99	1,185	0,0004	-30,28	Potencial	0,004394	1,772750	-0,98282		
A	Dd			0,99	0,99	1,295	0,0022	-36,13	Potencial	0,000609	1,181919	1,300979		
A	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,248	0,0000	-32,93	Potencial	-	1,190508	-1,39163		
A	L	Dd		0,99	0,99	1,036	0,0001	4,59	Potencial	0,000931	1,810491	-0,96825	1,256317	
A	L	P <sub>ss</sub>		0,99	0,99	1,160	0,0002	-24,49	Potencial	-	1,776546	-0,96856	-0,95610	
A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,218	0,0008	27,82	Potencial	-	1,242306	1,062594	-1,70331	
<b>Região IV</b>														
A				0,99	0,99	1,091	0,0000	-11,44	Potencial	0,009286	1,036746			
L				0,99	0,99	1,119	0,0000	-13,61	Potencial	0,018511	1,369169			
A	L			0,99	0,99	1,059	0,0000	8,11	Potencial	0,001756	3,556630	-3,32976		
A	Dd			0,99	0,99	1,086	0,0001	-10,78	Potencial	0,043237	1,053013	-1,93167		
A	P <sub>aC</sub>			0,99	0,99	1,083	0,0001	-10,62	Potencial	0,000042	1,085707	0,676963		
L	Dd			0,99	0,99	1,120	0,0000	12,57	Potencial	-	1,420752	-4,94804		
L	P <sub>aC</sub>			0,99	0,99	1,016	0,0000	2,07	Exponencial	2,785114	0,004542	-0,00099		
A	L	P <sub>aC</sub>		0,99	0,99	1,006	0,0000	-0,60	Exponencial	2,852520	0,000033	0,003948	-0,00102	
L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,060	0,0000	-7,23	Exponencial	-	0,005152	1,040749	-0,01817	

Quadro 3D - Modelos de regressão selecionados para a representação da vazão média de longo período ( $\bar{Q}$ , em  $m^3s^{-1}$ ) nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2a</sup>	σF	F(%)	%dr máx	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
<b>Região I</b>														
A	L			0,99	0,99	1,258	0,0001	35,84	Potencial	0,017331	1,979055	-1,39659		
A	Dd			0,98	0,97	1,447	0,0072	-52,69	Potencial	0,002721	1,044157	1,680758		
A	L	P <sub>aH</sub>		0,99	0,99	1,071	0,0001	-10,55	Potencial	0,000002	1,999030	-1,45480	1,244370	
A	Dd	P <sub>aH</sub>		0,99	0,98	1,334	0,0215	34,57	Potencial	2,54 x10 <sup>-8</sup>	1,022221	2,183831	1,541110	
<b>Região II</b>														
A				0,98	0,98	1,426	0,0010	48,79	Potencial	0,013441	1,030205			
A	Dd			0,99	0,99	1,127	0,0002	-20,51	Potencial	0,001671	1,037981	2,311720		
A	P <sub>aH</sub>			0,99	0,99	1,037	0,0000	4,82	Potencial	1,03 x10 <sup>-11</sup>	1,013383	2,902286		
L	Dd			0,99	0,99	1,103	0,0001	13,53	Potencial	0,002034	1,479347	2,127465		
L	P <sub>aH</sub>			0,99	0,99	1,245	0,0022	-35,76	Potencial	2,92x10 <sup>-9</sup>	1,448506	2,127933		
A	L	Dd		0,99	0,99	1,015	0,0000	1,65	Potencial	0,001844	0,467241	0,815118	2,211589	
A	L	P <sub>aH</sub>		0,99	0,99	1,017	0,0000	-1,78	Potencial	3,62 x10 <sup>-12</sup>	1,198601	-0,26588	3,046705	
A	Dd	P <sub>aH</sub>		0,99	0,99	1,016	0,0000	-1,66	Potencial	5,15 x10 <sup>-10</sup>	1,018755	0,547581	2,293264	
L	Dd	P <sub>aH</sub>		0,99	0,99	1,015	0,0000	1,89	Potencial	670,2013	1,505717	3,623434	-1,94559	
<b>Região III</b>														
A				0,98	0,98	1,234	0,0001	-28,16	Potencial	0,014070	1,026194			
A	L			0,99	0,99	1,138	0,0002	15,15	Potencial	0,018193	1,595696	-0,86242		
A	Dd			0,99	0,99	1,230	0,0015	-27,32	Potencial	0,005131	1,056814	0,820212		
A	P <sub>aH</sub>			0,99	0,99	1,231	0,0001	-25,86	Potencial	-	1,025917	-0,58549		
A	L	Dd		0,99	0,99	1,127	0,0080	13,53	Potencial	0,008711	1,577449	-0,80176	0,584174	
A	L	P <sub>aH</sub>		0,99	0,99	1,070	0,0015	-9,11	Potencial	6857,803	1,725156	-1,05960	-1,75518	
<b>Região IV</b>														
A				0,99	0,99	1,110	0,0000	-14,19	Potencial	0,068763	0,861867			
L				0,99	0,99	1,133	0,0000	-17,52	Potencial	0,122356	1,137571			
A	L			0,99	0,99	1,071	0,0001	10,75	Potencial	0,009438	3,857814	-3,95725		
A	Dd			0,99	0,99	1,063	0,0000	-8,82	Potencial	-	0,890369	-3,36410		
L	P <sub>aH</sub>			0,99	0,99	1,015	0,0000	2,42	Exponencial	2,941269	0,003985	-0,00054		
A	L	Dd		0,99	0,99	1,058	0,0001	-6,92	Potencial	-	1,722655	-1,09371	-4,03746	

**APÊNDICE E**

Quadro 1E - Modelos de regressão selecionados para a representação da vazão específica máxima ( $q_{m\acute{a}x}$ ,  $m^3 s^{-1}km^{-2}$ ) para diferentes períodos de retorno (T) e parâmetros estatísticos a eles associados nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
<b>Região I</b>														
2	L				0,90	0,88	0,249	0,0373	Recíproco	7,047709	0,047555			
2	S <sub>rp</sub>				0,85	0,82	1,373	0,1189	Potencial	1,267948	0,475582			
2	A	L			0,95	0,93	0,338	0,0494	Recíproco	4,721110	-0,00504	0,124125		
2	A	S <sub>m</sub>			0,92	0,89	1,288	0,1875	Potencial	4,552639	-0,34410	1,040615		
2	A	S <sub>rp</sub>			0,86	0,84	1,351	0,0862	Potencial		-0,10991	0,314885		
2	L	Dd			0,90	0,88	0,254	0,0334	Recíproco		0,049016	2,568360		
2	L	S <sub>m</sub>			0,89	0,87	1,323	0,0470	Potencial		-0,45705	0,286458		
2	L	S <sub>rp</sub>			0,88	0,86	1,324	0,0564	Potencial		-0,27724	0,221792		
2	L	P <sub>max</sub>			0,91	0,88	1,304	0,2380	Potencial	0,003364	-0,50689	1,258143		
2	Dd	S <sub>rp</sub>			0,84	0,82	1,377	0,1256	Potencial		0,143268	0,459410		
2	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,94	0,91	1,248	0,0978	Potencial	0,001811	0,484263	1,528035		
2	A	L	Dd		0,96	0,94	1,209	0,2493	Potencial	8,526758	1,158124	-2,21592	-2,29519	
2	A	L	Dd		0,95	0,94	0,345	0,0443	Recíproco		-0,00497	0,124095	1,734359	
2	A	L	S <sub>m</sub>		0,93	0,90	0,281	0,1232	Recíproco		-0,00560	0,135616	19,52774	
2	A	L	P <sub>max</sub>		0,97	0,95	1,184	0,1561	Potencial	0,003084	0,554689	-1,30706	1,281092	
2	A	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,95	0,92	1,229	0,0682	Potencial		-0,35125	1,109712	0390563	
2	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,96	0,93	1,225	0,3236	Potencial	33,70194	-0,52443	-1,76176	1,141358	
10	L				0,83	0,80	0,242	0,1688	Recíproco	4,842188	0,036801			
10	S <sub>rp</sub>				0,82	0,78	1,495	0,2125	Potencial	2,665056	0,538360			
10	A	L			0,90	0,88	0,314	0,0345	Recíproco		-0,00686	0,144939		
10	A	S <sub>m</sub>			0,88	0,83	1,427	0,5034	Potencial	10,53953	-0,39056	1,133062		
10	L	Dd			0,84	0,81	0,247	0,1493	Recíproco		0,037683	1,785586		
10	A	S <sub>m</sub>			0,88	0,83	1,433	0,5349	Potencial	5,095697	-0,56729	0,704671		
10	L	P <sub>max</sub>			0,89	0,85	1,402	0,390	Potencial	0,001730	-0,57449	1,569592		
10	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,92	0,88	1,342	0,1952	Potencial	0,000858	0,549015	1,875571		
10	A	L	Dd		0,95	0,92	1,276	0,3785	Potencial	48,69321	1,455306	-2,72924	-3,31472	
10	A	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,92	0,88	1,343	0,1973	Potencial		-0,39858	1,207507	0,588445	

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
10	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,95	0,91	0,035	0,5126	Logarítmico	1,598939	-0,07471	-0,62627	0,288671	
10	L	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,94	0,90	1,319	0,6276	Potencial	0,007415	-0,56757	0,661876	1,494736	
10	L	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,95	0,91	0,034	0,4636	Linear	-0,23685	-0,00016	10,22768	0,004716	
20	L				0,81	0,78	1,526	0,2286	Potencial	1,852127	-0,59384			
20	S <sub>rp</sub>				0,81	0,77	1,533	0,2461	Potencial	3,289979	0,556163			
20	A	L			0,90	0,88	0,333	0,0353	Recíproco	-	-0,00654	0,136694		
20	A	S <sub>m</sub>			0,87	0,82	1,470	0,6241	Potencial	13,37228	-0,40373	1,159279		
20	L	S <sub>m</sub>			0,87	0,81	1,477	0,6621	Potencial	6,306615	-0,58634	0,716455		
20	L	P <sub>max</sub>			0,89	0,84	1,434	0,4475	Potencial	0,001433	-0,59366	1,657916		
20	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,91	0,88	1,373	0,2347	Potencial	0,000694	0,567378	1,974127		
20	A	L	Dd		0,95	0,92	1,297	0,4233	Potencial	79,80955	1,539584	-2,87481	-3,60385	
20	A	L	P <sub>max</sub>		0,93	0,88	1,362	0,8362	Potencial	0,001306	0,589385	-1,44388	1,682300	
20	A	Dd	S <sub>m</sub>		0,94	0,90	0,043	0,60745	Logarítmico	1,982975	-0,05974	-0,73794	0,405390	
20	A	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,91	0,87	1,379	0,2501	Potencial		-0,41200	1,235240	0,644562	
20	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,95	0,91	0,0412	0,5038	Logarítmico	1,920378	-0,08765	-0,76912	0,348224	
20	L	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,95	0,91	0,0400	0,4438	Linear	-0,30076	-0,00017	12,42175	0,005697	
50	L				0,80	0,77	1,570	0,2660	Potencial	2,301469	-0,61542			
50	S <sub>rp</sub>				0,80	0,76	1,579	0,2873	Potencial	4,169948	0,576194			
50	A	L			0,89	0,88	0,351	0,0385	Recíproco	-	-0,00619	0,127998		
50	A	S <sub>m</sub>			0,86	0,80	1,521	0,7740	Potencial	17,47953	-0,41856	1,188778		
50	L	S <sub>m</sub>			0,85	0,80	1,529	0,8200	Potencial	8,016380	-0,60779	0,729713		
50	L	P <sub>max</sub>			0,88	0,83	1,473	0,5188	Potencial	0,001159	-0,61523	1,757294		
50	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,90	0,87	1,4099	0,2850	Potencial	0,000547	0,588039	2,085020		
50	A	L	Dd		0,95	0,91	1,323	0,4767	Potencial	139,1552	1,634409	-3,03860	-3,92916	
50	A	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,90	0,86	1,420	0,3175	Potencial		-0,42710	1,266445	0,707703	
50	A	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,94	0,90	0,053	0,6438	Linear	-0,41412	-0,0001	16,21430	0,007140	
50	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,95	0,91	0,049	0,4901	Logarítmico	2,353014	-0,10479	-0,96298	0,428738	
50	L	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,95	0,92	0,047	0,4183	Linear	-0,38834	-0,00019	15,38926	0,007020	
100	L				0,80	0,76	1,601	0,2926	Potencial	2,660003	-0,62981			
100	S <sub>rp</sub>				0,79	0,75	1,611	0,3166	Potencial	4,883621	0,589546			
100	A	L			0,89	0,87	0,363	0,0419	Recíproco	-	-0,00597	0,122522		

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
100	A	S <sub>m</sub>			0,85	0,79	1,56	0,8816	Potencial	20,89602	-0,42844	1,208439		
100	L	P <sub>max</sub>			0,87	0,82	1,4998	0,5698	Potencial	0,001006	-0,62961	1,823532		
100	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,92	0,88	0,064	0,2050	Linear	-0,58031	21,62015	0,008828		
100	A	L	Dd		0,95	0,91	1,340	0,5137	Potencial	201,5721	1,697614	-3,14777	-4,14600	
100	A	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,89	0,85	1,449	0,3668	Potencial	-	-0,43717	1,287244	0,749788	
100	L	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,95	0,92	0,053	0,3998	Linear	-0,45757	-0,00020	17,71057	0,008053	
100	A	Dd	S <sub>m</sub>		0,94	0,90	0,058	0,5797	Logarítmico	2,774291	-0,08041	-1,07301	0,568643	
100	A	L	P <sub>max</sub>		0,92	0,85	1,444	1,2626	Potencial	0,000915	0,603759	-1,50056	1,848511	
100	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,95	0,91	0,4794	0,4794	Logarítmico	2,690108	-0,11797	-1,11500	0,491711	
<b>Região II</b>														
2	A				0,96	0,95	1,173	0,0087	Exponencial	-1,81877	-0,00014			
2	L				0,96	0,95	1,175	0,0090	Exponencial	-1,76953	-0,00233			
2	A	L			0,97	0,96	1,1441	0,0425	Potencial	0,615819	-1,26737	1,389603		
2	A	Dd			0,95	0,93	1,2092	0,1688	Potencial	0,259252	-0,29178	0,943433		
2	A	S <sub>rp</sub>			0,95	0,92	0,0189	0,2529	Logarítmico	0,187173	-0,00001	-2,20650		
2	A	P <sub>max</sub>			0,98	0,97	1,1394	0,0376	Potencial	1,24x10 <sup>-7</sup>	-0,32959	3,659178		
2	L	S <sub>rp</sub>			0,97	0,96	1,1440	0,0424	Exponencial	-1,59310	-0,00261	-16,1135		
2	L	P <sub>max</sub>			0,98	0,97	1,1291	0,0281	Exponencial	-3,98343	-0,00246	0,031367		
2	Dd	P <sub>mc</sub>			0,90	0,85	0,252	0,9707	Recíproco	-170,180	-27,0395	0,879145		
2	A	L	Dd		0,99	0,99	1,0502	0,0248	Potencial	0,302314	-1,18090	1,269819	0,787445	
2	A	L	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,0033	0,01111	Logarítmico	0,340085	-0,18651	0,231010	0,035085	
2	A	L	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,0055	0,0486	Logarítmico	0,344315	-0,21127	0,291428	0,029729	
2	A	L	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,0028	0,0062	Logarítmico	-1,12360	-0,11794	0,127525	0,333175	
2	A	Dd	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,0010	0,0003	Logarítmico	-0,03113	-0,05016	0,242858	-0,041050	
10	A				0,98	0,98	1,1135	0,0009	Exponencial	-1,42314	-0,00015			
10	L				0,98	0,98	1,1036	0,0006	Exponencial	-1,36992	-0,00246			
10	A	L			0,99	0,99	0,0067	0,0067	Logarítmico	0,417355	-0,14299	0,148574		
10	A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,98	0,0118	0,0089	Logarítmico	0,257868	-0,00002	-1,67505		
10	A	L	Dd		0,99	0,99	0,0055	0,0160	Logarítmico	0,390804	-0,13976	0,144104	0,029386	
10	A	L	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,0055	0,0166	Logarítmico	0,434451	-0,15179	0,161434	0,009851	
10	L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,0080	0,0019	Logarítmico	0,268319	-0,00034	-1,95990		

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
10	L	P <sub>max</sub>			0,96	0,95	1,1845	0,0907	Potencial	0,000037	-0,47676	2,413534		
10	Dd	P <sub>mc</sub>			0,89	0,84	1,3689	1,0730	Exponencial	12,57930	1,998383	-0,06847		
20	A				0,99	0,99	0,0085	0,00001	Logarítmico	0,482006	-0,04580			
20	L				0,99	0,99	0,0085	0,00001	Logarítmico	0,282527	-0,00036			
20	S <sub>rp</sub>				0,84	0,81	0,0487	0,3139	Logarítmico	0,572368	0,064020			
20	A	L			0,99	0,99	0,0047	0,0001	Logarítmico	0,294364	0,000033	-0,00092		
20	A	P <sub>max</sub>			0,99	0,98	1,0979	0,0071	Potencial	0,003481	-0,34146	1,391560		
20	L	P <sub>max</sub>			0,98	0,97	1,1378	0,0262	Potencial	0,000378	-0,49232	1,914906		
20	Dd	P <sub>mc</sub>			0,94	0,91	0,0335	0,3205	Logarítmico	2,409331	0,282529	-0,01023		
20	A	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,0062	0,0150	Logarítmico	0,358851	-0,04592	0,094179	-0,02219	
20	A	Dd	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,0061	0,0147	Logarítmico	0,406543	-0,05144	0,060895	-0,00953	
20	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,006	0,0132	Logarítmico	0,193217	-0,06616	0,205139	-0,05987	
20	L	Dd	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,006	0,0135	Logarítmico	0,289121	-0,09279	0,136445	-0,03197	
20	L	Dd	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,005	0,0078	Logarítmico	-3,27907	-0,07961	-0,26736	0,950779	
20	Dd	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,009	0,0500	Logarítmico	-23,373	-2,56144	0,186088	6,312109	
50	A				0,99	0,98	1,118	0,007	Potencial	1,549628	-0,34637			
50	L				0,99	0,99	0,013	0,0001	Logarítmico	0,557537	-0,07988			
50	S <sub>rp</sub>				0,99	0,99	0,042	0,0542	Logarítmico	0,7412629	0,081775			
50	A	L			0,99	0,99	0,010	0,0009	Logarítmico	0,575169	0,048931	-0,14947		
50	A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,013	0,0033	Logarítmico	0,633545	-0,03949	0,026394		
50	L	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,010	0,0010	Logarítmico	0,610767	-0,07920	0,019637		
50	L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,008	0,0005	Logarítmico	0,613054	-0,06485	0,016920		
50	Dd	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,032	0,1186	Logarítmico	0,941244	-0,22160	0,086956		
50	Dd	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	0,017	0,0100	Linear	3,056672	0,342057	-0,01290		
50	A	L	Dd		0,99	0,99	0,008	0,0147	Logarítmico	0,536768	0,053598	-0,15594	0,042500	
50	A	L	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,013	0,0668	Linear	0,313220	0,000050	-0,00122	3,393287	
50	A	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,008	0,0200	Logarítmico	0,924244	-0,05465	-0,21710	0,088107	
50	A	Dd	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,009	0,0209	Logarítmico	0,733275	-0,03295	-0,08397	0,037532	
50	A	Dd	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,010	0,0294	Logarítmico	5,265250	-0,04288	0,416664	-1,20333	
50	A	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,009	0,0220	Logarítmico	1,489630	-0,03460	0,031281	-0,20091	
50	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,011	0,0399	Linear	0,540740	-0,00040	-0,14363	0,778436	

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
50	L	Dd	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,010	0,0383	Linear	0,366903	-0,00036	-0,03201	4,180294	
50	L	Dd	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,012	0,0617	Linear	1,527968	-0,00028	0,224968	-0,02490	
50	L	S <sub>m</sub>	P <sub>mc</sub>		0,99	0,99	0,010	0,0315	Linear	1,219018	-0,00030	0,494126	-0,00354	
50	L	S <sub>rp</sub>	P <sub>mc</sub>		0,99	0,99	0,010	0,0335	Linear	0,602900	-0,00034	3,702641	-0,00112	
50	Dd	S <sub>m</sub>	P <sub>mc</sub>		0,99	0,99	0,015	0,1192	Logarítmico	21,20802	1,144973	-0,08404	-3,92060	
100	A				0,98	0,98	1,152	0,0020	Potencial	1,821129	-0,35879			
100	L				0,99	0,98	1,129	0,0009	Potencial	1,813561	-0,51293			
100	A	L			0,99	0,99	0,012	0,0014	Logarítmico	0,650186	0,164665	-0,32642		
100	A	S <sub>rp</sub>			0,98	0,98	0,025	0,0242	Linear	0,278210	-0,00002	7,916273		
100	L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,98	0,022	0,0138	Linear	0,289825	-0,00036	7,585172		
100	Dd	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,017	0,0047	Logarítmico	1,113108	-0,27416	0,103267		
100	Dd	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	0,016	0,0039	Logarítmico	24,28607	1,024298	-4,41468		
100	S <sub>rp</sub>	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	0,014	0,0026	Logarítmico	6,089532	0,081312	-0,94707		
100	A	L	Dd		0,99	0,99	0,008	0,0129	Logarítmico	0,595350	0,171329	-0,33565	0,060690	
100	A	L	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,009	0,0137	Logarítmico	0,685550	0,146452	-0,29982	0,020377	
100	A	L	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,009	0,0137	Logarítmico	0,689042	0,131182	-0,26304	0,017739	
100	A	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,010	0,0221	Logarítmico	1,432375	-0,06167	-0,50004	0,190362	
100	A	Dd	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,011	0,0259	Logarítmico	1,020019	-0,01475	-0,21255	0,081144	
100	A	Dd	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,013	0,0433	Logarítmico	10,88308	-0,03603	0,875236	-2,61820	
100	A	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,011	0,0277	Logarítmico	4,870149	-0,05234	0,121378	-0,95224	
100	A	S <sub>rp</sub>	P <sub>mc</sub>		0,99	0,99	0,011	0,0253	Logarítmico	5,010275	-0,01228	0,067209	-0,75715	
100	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,010	0,0193	Logarítmico	1,209940	-0,08885	-0,35102	0,139753	
100	L	Dd	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,012	0,0354	Logarítmico	90,48577	-0,05853	0,729772	-2,15124	
100	L	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,010	0,0231	Logarítmico	3,756383	-0,07900	0,094571	-0,69874	
100	L	S <sub>rp</sub>	P <sub>mc</sub>		0,99	0,99	0,011	0,0262	Linear	0,760267	-0,00032	70132157	-0,00168	
100	Dd	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,010	0,0234	Logarítmico	-5,95111	-0,197972	0,137986	1,849890	
<b>Região III</b>														
2	A				0,98	0,98	0,008	0,0018	Logarítmico	0,215848	-0,01844			
2	L				0,99	0,99	0,005	0,0002	Logarítmico	0,224164	-0,02792			
2	S <sub>rp</sub>				0,96	0,96	0,010	0,0086	Logarítmico	0,295625	0,032360			
2	A	L			0,99	0,99	1,048	0,00132	Exponencial	-1,64822	0,000879	-0,01752		

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
2	A	Dd			0,94	0,92	1,193	0,0373	Potencial	-	-0,27019	-0,73671		
2	A	S <sub>m</sub>			0,96	0,95	1,146	0,0101	Potencial	-	-0,23580	0,536069		
2	A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,006	0,0092	Logarítmico	0,248522	-0,01166	0,012434		
2	A	P <sub>max</sub>			0,98	0,98	0,007	0,0010	Logarítmico	-	-0,01756	0,048155		
2	L	Dd			0,97	0,96	1,138	0,0076	Potencial	-	0,40294	-0,64429		
2	L	S <sub>m</sub>			0,95	0,94	1,165	0,0181	Potencial	-	-0,36381	0,455595		
2	L	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	0,004	0,0001	Logarítmico	-	-0,02652	0,049881		
2	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,96	0,96	0,010	0,0086	Logarítmico	-	0,030120	0,064559		
2	A	L	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	0,002	0,0069	Linear	0,196359	0,000056	-0,00120	-5,77872	
2	A	L	P <sub>max</sub>		0,98	0,97	1,112	0,0349	Exponencial	-	0,000894	-0,01801	-0,01995	
2	A	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,98	1,096	0,0191	Potencial	-	-0,23770	-0,34457	0,345230	
2	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,98	1,098	0,0215	Potencial	-	-0,36910	-0,40435	0,226069	
2	L	Dd	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,004	0,0022	Logarítmico	-	-0,02747	-0,01918	0,055227	
2	L	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,99	0,99	0,005	0,0064	Linear	-	-0,00012	-0,14446	0,002014	
2	Dd	S <sub>rp</sub>	P <sub>mc</sub>		0,97	0,96	1,143	0,0889	Exponencial	-	-0,60990	264,1911	-0,00619	
10	A				0,96	0,95	1,186	0,0137	Potencial	0,704949	-0,27363			
10	L				0,96	0,95	1,171	0,0095	Potencial	0,793907	-0,41337			
10	S <sub>rp</sub>				0,91	0,89	1,274	0,0817	Potencial	2,201042	0,472984			
10	A	L			0,99	0,99	2,377	0,0000	Recíproco	-	-0,01235	0,241865		
10	A	Dd			0,97	0,96	1,160	0,0068	Potencial	-	-0,27970	-0,32045		
10	A	S <sub>m</sub>			0,97	0,96	1,169	0,0852	Exponencial	-0,92681	-0,00012	-3,27727		
10	A	S <sub>rp</sub>			0,96	0,95	1,184	0,0130	Potencial	-	-0,20781	0,125521		
10	A	P <sub>max</sub>			0,96	0,95	0,607	0,0115	Recíproco	-	0,001166	1,060520		
10	L	Dd			0,99	0,98	1,106	0,0148	Potencial	3,102541	-0,47563	-1,09117		
10	L	S <sub>m</sub>			0,97	0,96	1,156	0,06432	Exponencial	-0,89550	-0,00221	-3,19917		
10	L	P <sub>max</sub>			0,98	0,97	1,126	0,0287	Potencial	826004,4	-0,50062	-3,08250		
10	Dd	S <sub>rp</sub>			0,97	0,96	1,169	0,0869	Potencial	30,64360	-1,82681	0,607373		
10	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,91	0,89	1,279	0,0876	Potencial	-	0,464688	0,168798		
10	A	L	Dd		0,99	0,98	1,103	0,0135	Exponencial	-	0,001225	-0,02427	-0,36672	
10	A	L	P <sub>max</sub>		0,98	0,96	1,151	0,0572	Exponencial	-	0,0001297	-0,02540	-0,01289	
10	A	Dd	S <sub>m</sub>		0,98	0,97	1,145	0,0489	Exponencial	-	-0,00014	-0,36684	-2,49913	

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
10	A	Dd	S <sub>rp</sub>		0,99	0,99	1,087	0,1328	Potencial	9,379412	-0,17066	-1,48388	0,290448	
10	A	Dd	P <sub>mc</sub>		0,99	0,99	0,008	0,0024	Logarítmico	-	-0,04141	-0,25720	0,117028	
10	A	S <sub>m</sub>	P <sub>mc</sub>		0,97	0,95	0,021	0,1016	Linear	-	-0,00001	-0,62831	0,001057	
10	L	Dd	S <sub>m</sub>		0,99	0,98	1,113	0,0192	Potencial	-	-0,44907	-0,47972	-0,22975	
10	L	Dd	P <sub>mc</sub>		0,99	0,98	1,098	0,0109	Potencial	-	-0,47055	-1,05806	0,187875	
10	Dd	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,97	0,95	1,180	0,1078	Potencial	-	-1,90846	0,585877	0,772081	
20	A				0,96	0,95	0,623	0,0130	Recíproco	4,471106	0,001072			
20	L				0,96	0,96	0,669	0,0091	Recíproco	4,055216	0,019292			
20	S <sub>rp</sub>				0,91	0,90	0,436	0,0791	Recíproco	18,01971	-2023,29			
20	A	L			0,99	0,99	1,796	0,0001	Recíproco	-	-0,01115	0,219228		
20	A	Dd			0,98	0,96	0,022	0,0612	Logarítmico	0,952324	-0,05513	-0,43338		
20	A	S <sub>m</sub>			0,96	0,95	1,200	0,1310	Exponencial	-0,67129	-0,00013	-3,99377		
20	A	S <sub>rp</sub>			0,95	0,94	0,581	0,0184	Recíproco	-	0,001416	666,5110		
20	A	P <sub>max</sub>			0,96	0,95	0,647	0,0108	Recíproco	-	0,001104	0,054867		
20	L	Dd			0,95	0,94	1,205	0,0168	Exponencial	-	-0,00244	-0,48304		
20	L	S <sub>m</sub>			0,97	0,97	0,755	0,0050	Recíproco	-	0,020829	19,67992		
20	L	S <sub>rp</sub>			0,96	0,95	0,640	0,0113	Recíproco	-	0,024741	590,0202		
20	L	P <sub>max</sub>			0,97	0,96	0,697	0,0074	Recíproco	-	0,019814	0,049685		
20	Dd	S <sub>rp</sub>			0,96	0,95	1,199	0,1302	Potencial	66,00856	-2,22460	0,653016		
20	A	L	Dd		0,99	0,99	2,606	0,0150	Recíproco	-4,35210	-0,01226	0,240283	1,309018	
20	A	L	S <sub>m</sub>		0,99	0,99	0,010	0,0556	Logarítmico	0,090956	0,149441	-0,29404	-0,25717	
20	A	Dd	S <sub>m</sub>		0,98	0,97	1,155	0,0516	Exponencial	-	-0,00014	-0,29333	-3,05168	
20	A	S <sub>m</sub>	P <sub>mc</sub>		0,97	0,95	0,025	0,0928	Linear	-	-0,00002	-0,91914	0,001331	
20	L	Dd	P <sub>mc</sub>		0,99	0,98	1,114	0,0162	Potencial	-	-0,50392	-1,38350	0,286956	
20	L	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>		0,97	0,96	1,174	0,0787	Exponencial	-	-0,00240	-3,51119	-0,00878	
20	Dd	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>		0,96	0,94	1,217	0,1774	Potencial	-	-1,30722	0,625321	0,939294	
50	A				0,96	0,95	0,654	0,0135	Recíproco	4,028314	0,001014			
50	L				0,96	0,95	0,699	0,0097	Recíproco	3,635785	0,018242			
50	S <sub>rp</sub>				0,91	0,89	0,460	0,0798	Recíproco	16,84240	-1913,74			
50	A	L			0,99	0,99	1,429	0,0003	Recíproco	-	-0,01000	0,197593		

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
50	A	Dd			0,97	0,95	0,032	0,1084	Logarítmico	1,264732	-0,06994	-0,62847		
50	A	S <sub>m</sub>			0,94	0,93	1,247	0,0300	Exponencial	-	-0,00015	-6,58050		
50	A	S <sub>rp</sub>			0,95	0,94	0,613	0,0187	Recíproco	-	0,001324	600,2936		
50	A	P <sub>max</sub>			0,96	0,95	0,686	0,0106	Recíproco	-	0,001042	0,049554		
50	L	Dd			0,98	0,97	1,161	0,0473	Potencial	10,98483	-0,55205	-1,82131		
50	L	S <sub>rp</sub>			0,96	0,95	0,671	0,0118	Recíproco	-	0,023127	528,7980		
50	L	P <sub>max</sub>			0,97	0,96	0,735	0,0075	Recíproco	-	0,018695	0,044676		
50	Dd	S <sub>rp</sub>			0,94	0,93	0,561	0,0293	Recíproco	-	70183561	-2579,64		
50	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,90	0,88	0,439	0,1008	Recíproco	-	-2167,72	0,226665		
100	A				0,96	0,95	0,672	0,0141	Recíproco	3,775717	0,000978			
100	L				0,96	0,95	0,715	0,0103	Recíproco	3,397593	0,017597			
100	S <sub>rp</sub>				0,91	0,89	0,476	0,0805	Recíproco	16013983	-1846,72			
100	A	L			0,99	0,99	1,277	0,0006	Recíproco	-	-0,00934	0,185057		
100	A	Dd			0,97	0,96	0,755	0,0078	Recíproco	-	0,001033	1,302226		
100	A	S <sub>m</sub>			0,97	0,97	0,827	0,0050	Recíproco	-	0,001055	18,72540		
100	A	S <sub>rp</sub>			0,95	0,94	0,632	0,0192	Recíproco	-	0,001268	562,4413		
100	A	P <sub>max</sub>			0,96	0,95	0,708	0,0108	Recíproco	-	0,001004	0,046522		
100	L	Dd			0,97	0,96	1,184	0,0684	Potencial	16,83201	-0,57796	-2,06877		
100	L	S <sub>m</sub>			0,98	0,97	0,897	0,0033	Recíproco	-	0,018805	16,83523		
100	L	P <sub>max</sub>			0,98	0,96	1,165	0,0455	Potencial	1,587	-0,64981	-6,70917		
100	Dd	S <sub>rp</sub>			0,95	0,93	1,262	0,244	Potencial	265,2669	-2,94861	0,736182		
100	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,91	0,87	1,357	0,7273	Potencial	3,928	0,779170	-7,55410		
<b>Região IV</b>														
2	A				0,97	0,96	1,181	0,0078	Potencial	1,981291	-0,40064			
2	L				0,97	0,96	1,171	0,0060	Potencial	1,527276	-0,53010			
2	S <sub>m</sub>				0,99	0,99	0,010	0,0003	Logarítmico	0,545567	0,276622			
2	S <sub>rp</sub>				0,99	0,99	0,007	0,0000	Linear	0,027152	32,83840			
2	P <sub>mc</sub>				0,99	0,99	0,003	0,0000	Logarítmico	-3,01014	0,534035			
2	A	L			0,97	0,96	0,019	0,0066	Logarítmico	-	0,682242	-0,96197		
2	A	Dd			0,98	0,97	0,016	0,0349	Logarítmico	1,350770	-0,03661	-1,09258		
2	A	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,003	0,0000	Logarítmico	0,541305	-0,01211	0,211391		

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
2	A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,004	0,0000	Linear	-	0,000002	36,90574		
2	A	P <sub>max</sub>			0,97	0,96	1,175	0,0067	Linear	-	-0,39574	0,146689		
2	L	Dd			0,98	0,98	0,015	0,0275	Logarítmico	1,307830	-0,04871	-1,06868		
2	L	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,003	0,0000	Logarítmico	0,532525	-0,01639	0,209520		
2	L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,003	0,0001	Logarítmico	2,981353	0,940454	1,208273		
2	L	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	0,003	0,0000	Linear	-0,29732	-0,00003	0,001218		
2	Dd	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,011	0,0004	Logarítmico	-	0,714531	0,322155		
2	Dd	S <sub>rp</sub>			0,99	0,98	0,007	0,0000	Linear	-	0,011195	3,04581		
2	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	0,011	0,0004	Logarítmico	-	0,243366	0,112061		
2	S <sub>rp</sub>	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	0,006	0,0000	Linear	-	30,63649	0,000094		
10	A				0,98	0,97	1,171	0,0031	Potencial	4,761239	-0,45921			
10	L				0,98	0,97	1,159	0,0022	Potencial	3,529674	-0,60743			
10	S <sub>m</sub>				0,99	0,99	0,010	0,0000	Logarítmico	1,037109	0,540668			
10	S <sub>rp</sub>				0,98	0,98	1,134	0,001	Exponencial	-2,96215	317,3933			
10	P <sub>mc</sub>				0,99	0,99	0,008	0,0000	Linear	-0,77455	0,002737			
10	A	L			0,99	0,99	1,114	0,0083	Potencial	0,252384	3,971932	-5,85296		
10	A	Dd			0,99	0,99	1,102	0,0055	Potencial	363,0188	-0,41337	-5,44266		
10	A	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,003	0,0000	Linear	-0,14647	-0,00001	1,719261		
10	A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,007	0,0001	Linear	-0,10789	0,000009	83,52905		
10	A	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	0,011	0,0005	Logarítmico	-6,49587	-0,01546	1,546746		
10	L	Dd			0,99	0,99	1,092	0,0036	Potencial	227,7399	-0,54915	-5,19975		
10	L	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,003	0,0000	Linear	-0,13872	-0,00009	1,703692		
10	L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,003	0,0000	Linear	-0,12578	0,000168	85,58174		
10	L	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	0,008	0,0001	Linear	-1,21978	-0,00008	0,017718		
10	Dd	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,016	0,0024	Linear	1,088221	-0,44012	56,21280		
10	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	0,006	0,0001	Linear	-0,84309	28,93130	0,011657		
20	A				0,98	0,98	1,165	0,002	Potencial	6,416157	-0,48166			
20	L				0,98	0,98	1,153	0,0015	Potencial	4,684493	-0,63701			
20	S <sub>m</sub>				0,99	0,99	0,013	0,0000	Logarítmico	1,252992	0,657303			
20	S <sub>rp</sub>				0,99	0,98	1,133	0,0008	Potencial	23,68154	0,770339			

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
20	P <sub>mc</sub>				0,99	0,99	0,012	0,0000	Linear	-0,94938	0,003327			
20	A	L			0,99	0,99	1,117	0,0074	Potencial	0,407613	3,676351	-5,49219		
20	A	Dd			0,99	0,99	1,097	0,0038	Potencial	442,4750	-0,43688	-5,30166		
20	A	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	1,054	0,0004	Potencial	8,616602	-0,31753	1,029469		
20	A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	1,057	0,0005	Potencial	3371,168	1,858438	3,731095		
20	A	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	1,050	0,0003	Potencial	6,03 x10 <sup>-7</sup>	-0,27035	2,476617		
20	L	Dd			0,99	0,99	1,087	0,0025	Potencial	271,0935	-0,58025	-5,06400		
20	L	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	1,054	0,0004	Potencial	6,842124	-0,43014	0,978454		
20	L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	1,038	0,0001	Potencial	907966,8	4,180307	5,814488		
20	L	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	1,051	0,0003	Potencial	9,93 x10 <sup>-7</sup>	-0,36884	2,371962		
20	Dd	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	1,079	0,0017	Potencial	714,4825	-4,41770	0,709390		
20	S <sub>m</sub>	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	1,074	0,0013	Potencial	1,76 x10 <sup>-46</sup>	-5,64113	16,16133		
20	S <sub>rp</sub>	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	1,050	0,0003	Potencial	0,000010	0,472464	2,172241		
50	A				0,98	0,98	1,158	0,0013	Potencial	9,033219	-0,50790			
50	L				0,99	0,98	1,147	0,0009	Potencial	6,478017	0,67159			
50	S <sub>m</sub>				0,99	0,99	0,018	0,0000	Logarítmico	1,543906	0,814732			
50	S <sub>rp</sub>				0,99	0,99	1,125	0,0004	Potencial	35,71449	0,811970			
50	P <sub>mc</sub>				0,99	0,99	0,016	0,0000	Linear	-1,18599	0,004124			
50	A	L			0,99	0,99	1,108	0,0002	Potencial	-	2,823585	-4,40167		
50	A	Dd			0,99	0,99	1,098	0,0031	Potencial	487,7824	-0,46571	-5,00942		
50	A	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,004	0,0000	Linear	-0,24286	-0,00001	2,600485		
50	A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,014	0,0003	Linear	-0,18325	0,000013	126,1136		
50	A	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	0,012	0,0002	Linear	-1,87644	-0,00001	0,026876		
50	L	Dd			0,99	0,99	1,088	0,0021	Potencial	290,2942	-0,61840	-4,74489		
50	L	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,007	0,0000	Linear	-0,23304	-0,00014	2,581856		
50	L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,008	0,0000	Linear	-0,21298	0,000259	129,6235		
50	L	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	1,055	0,0003	Potencial	0,000011	-0,49983	2,801406		
50	Dd	S <sub>m</sub>			0,98	0,98	0,038	0,0011	Logarítmico	-	2,012686	0,938761		
50	Dd	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	1,080	0,0014	Potencial	815,9041	-4,05706	0,755997		
50	S <sub>m</sub>	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	1,097	0,0030	Potencial	7,406	17,66445	-50,0293		
50	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	0,013	0,0002	Linear	-1,30174	43,10271	0,017732		

Continua...

Quadro 1E, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
100	A				0,99	0,99	1,154	0,0010	Potencial	11,34477	-0,52556			
100	L				0,99	0,98	1,143	0,0007	Potencial	80,37824	-0,69484			
100	S <sub>m</sub>				0,99	0,99	0,021	0,0000	Logarítmico	1,768319	0,936308			
100	S <sub>rp</sub>				0,99	0,99	1,121	0,0003	Potencial	46,96744	0,839945			
100	P <sub>mc</sub>				0,99	0,99	0,019	0,0000	Linear	-1,36906	0,004740			
100	A	L			0,99	0,99	1,110	0,0002	Potencial	3,133532	-4,83266			
100	A	Dd			0,99	0,99	1,101	0,0031	Potencial	491,5924	-0,48569	-4,73305		
100	A	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,005	0,0000	Linear	-0,27960	-0,00001	2,973470		
100	A	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,017	0,0003	Linear	-0,21116	0,000015	144,1556		
100	A	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	0,015	0,0002	Linear	-2,14661	-0,00001	0,030721		
100	L	Dd			0,99	0,99	1,093	0,0022	Potencial	286,7280	-0,64484	-4,46025		
100	L	S <sub>m</sub>			0,99	0,99	0,008	0,0000	Linear	-0,26831	-0,00016	2,952282		
100	L	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	0,010	0,0000	Linear	-0,24526	0,000291	148,2025		
100	L	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	1,059	0,0004	Exponencial	-3,69255	-0,00141	0,007589		
100	Dd	S <sub>m</sub>			0,98	0,98	0,044	0,010	Logarítmico	-	2,305755	1,078632		
100	Dd	S <sub>rp</sub>			0,99	0,99	1,084	0,0015	Potencial	842,6807	-3,74376	0,788294		
100	Dd	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	0,021	0,0008	Linear	-1,09170	-0,10499	0,004660		
100	S <sub>m</sub>	P <sub>mc</sub>			0,99	0,99	1,125	0,0070	Exponencial	-12,0565	-20,7160	0,042254		
100	S <sub>rp</sub>	P <sub>max</sub>			0,99	0,99	0,016	0,0003	Linear	-1,46649	51,00357	0,019901		

**APÊNDICE F**

Quadro 1F - Modelos de regressão selecionados para a representação da vazão específica mínima ( $q_{\min}$ ,  $m^3 s^{-1} km^{-2}$ ) para diferentes períodos de retorno (T) e parâmetros estatísticos a eles associados nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2a</sup>	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
<b>Região I</b>														
2	A	L			0,79	0,71	1,57	1,941	Potencial	0,001689	1,818169	-2,30553		
2	A	L	P <sub>ss</sub>		0,99	0,99	1,08	0,005	Potencial	8,83 x 10 <sup>-8</sup>	1,986850	-2,61693	1,745420	
2	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,90	0,82	0,002	1,880	Linear	-0,02814	0,000008	0,008368	0,000129	
2	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,92	0,86	0,002	1,221	Linear	-0,02874	3,4750555	0,008582	0,000131	
5	A	L	P <sub>ss</sub>		0,98	0,97	1,194	0,046	Potencial	1,32 x 10 <sup>-9</sup>	2,245086	-2,85834	2,318207	
5	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,92	0,85	1,501	1,269	Potencial	1,20 x 10 <sup>-10</sup>	0,330207	4,897271	2,335198	
5	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,97	0,94	0,001	0,191	Linear	-0,02819	3,4750555	0,008055	0,000123	
5	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,95	0,91	0,001	0,472	Linear	-0,02769	0,000009	0,007866	0,000121	
5	A	L	Dd	P <sub>ss</sub>	0,99	0,98	1,143	0,138	Potencial	2,14 x 10 <sup>-10</sup>	1,896731	-2,33623	1,328128	2,394790
10	A	L	P <sub>ss</sub>		0,97	0,95	1,329	0,170	Potencial	5,84 x 10 <sup>-11</sup>	2,424025	-3,02973	2,757435	
10	A	Dd	P <sub>ac</sub>		0,98	0,96	0,001	0,106	Linear	-0,03275	3,4750555	0,007606	0,000012	
10	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,96	0,93	0,001	0,329	Linear	-0,02747	0,000010	0,007714	0,000116	
10	A	L	Dd	P <sub>ac</sub>	0,99	0,98	1,180	0,168	Potencial	4,04 x 10 <sup>-17</sup>	1,606628	-1,82769	2,802474	3,772335
20	A	L	P <sub>ss</sub>		0,95	0,91	1,534	0,472	Potencial	1,36 x 10 <sup>-12</sup>	2,600360	-3,19005	3,300595	
20	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,97	0,96	0,001	0,119	Linear	-0,02773	3,4750555	0,007805	0,000115	
20	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,96	0,93	0,001	0,318	Linear	-0,02730	0,000010	0,007629	0,000112	
50	A	L	P <sub>ss</sub>		0,90	0,82	0,002	1,956	Logarítmico	-0,06601	0,004955	-0,00597	0,011434	
50	A	Dd	P <sub>ss</sub>		0,99	0,98	1,349	0,038	Potencial	3,18 x 10 <sup>-21</sup>	0,600871	7,932528	5,104372	
50	L	Dd	P <sub>ac</sub>		0,98	0,97	1,407	0,064	Potencial	6,91 x 10 <sup>-30</sup>	0,851042	9,204871	6,670768	
<b>Região II</b>														
2	A				0,78	0,74	0,002	0,811	Logarítmico	-0,00075	0,001129			
2	L				0,76	0,71	0,002	1,069	Linear	0,004224	0,000009			
2	P <sub>ts</sub>				0,79	0,75	0,0016	0,735	Logarítmico	-0,09167	0,021956			
2	A	L			0,85	0,82	0,001	0,309	Logarítmico		0,006078	-0,00722		
2	A	Dd			0,85	0,83	0,001	0,289	Linear		3,4750555	0,001832		

Continua...

Quadro 1F, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
2	L	Dd			0,86	0,83	0,001	0,280	Linear		0,000009	0,001756		
2	L	P <sub>ss</sub>			0,82	0,78	0,001	0,522	Linear		0,000007	0,000015		
2	A	L	Dd		0,99	0,99	1,061	0,056	Potencial	0,000091	1,958946	-2,48202	2,985478	
2	A	L	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,04	0,013	Potencial	7,10 x 10 <sup>-15</sup>	2,161974	-3,17541	6,188289	
2	A	Dd	P <sub>ac</sub>		0,97	0,95	1,173	1,085	Potencial	7,515 x 10 <sup>64</sup>	0,733704	13,23289	-23,7096	
2	L	Dd	P <sub>ac</sub>		0,95	0,90	1,254	3,074	Potencial	3,737 x 10 <sup>100</sup>	1,424473	18,51967	-35,9857	
5	A				0,75	0,70	0,002	1,162	Linear	0,003490	3,475055			
5	L				0,75	0,70	0,002	1,135	Linear	0,003314	0,000008			
5	A	L			0,90	0,88	0,001	0,101	Logarítmico		0,008174	-0,01043		
5	A	Dd			0,80	0,76	0,001	0,656	Linear		3,475055	0,001422		
5	A	P <sub>ts</sub>			0,77	0,73	0,002	0,91	Linear		3,475055	0,000043		
5	L	Dd			0,80	0,76	0,0001	0,675	Linear		0,000008	0,001353		
5	L	P <sub>ts</sub>			0,77	0,73	0,002	0,923	Linear		0,000007	0,000041		
5	A	L	Dd		0,99	0,99	1,071	0,053	Potencial	0,000051	2,841402	-3,69391	3,104979	
5	A	L	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,058	0,029	Potencial	1,62 x 10 <sup>-15</sup>	3,051897	-4,41363	6,428296	
5	A	L	Dd	P <sub>ac</sub>	0,99	0,99	1,074	0,060	Potencial		2,776109	-3,55508	3,744487	-1,47644
10	A	L			0,93	0,91	0,001	0,049	Logarítmico		0,009068	-0,01181		
10	A	Dd			0,75	0,70	0,002	1,218	Linear		3,475055	0,001265		
10	A	L	Dd		0,99	0,99	1,082	0,074	Potencial	0,000060	3,198397	-4,19793	2,759329	
10	A	L	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,078	0,063	Potencial	2,90 x 10 <sup>-14</sup>	3,384941	-4,83640	5,706627	
10	A	Dd	P <sub>ac</sub>		0,97	0,93	1,245	1,552	Potencial	1,3498 x 10 <sup>115</sup>	1,146906	20,51882	-41,0618	
10	L	Dd	P <sub>ac</sub>		0,93	0,86	1,380	4,878	Potencial	1,0951 x 10 <sup>172</sup>	2,238898	28,95197	-60,6340	
10	A	L	Dd	P <sub>ac</sub>	0,99	0,99	1,083	0,077	Potencial	-	3,134244	-4,06148	3,388432	-1,45169
20	A	L			0,96	0,94	0,001	0,173	Logarítmico	-0,00119	0,00969	-0,01258		
20	A	L	Dd		0,94	0,92	0,001	0,320	Logarítmico		0,009506	-0,01243	-0,00063	
20	A	L	P <sub>ac</sub>		0,96	0,94	0,001	0,181	Logarítmico		0,009670	-0,01255	-0,00016	
20	A	L	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,103	0,138	Potencial	2,07x 10 <sup>-12</sup>	3,576016	-5,04186	4,665614	
20	A	Dd	P <sub>ac</sub>		0,97	0,94	1,244	1,524	Potencial	4,209 x 10 <sup>125</sup>	1,223589	21,56445	-44,6211	
20	L	Dd	P <sub>ac</sub>		0,93	0,87	0,001	4,426	Logarítmico	1,304670	0,007301	0,087372	-0,19549	

Continua...

Quadro 1F, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
50	A	L			0,93	0,91	0,001	0,050	Logarítmico		0,009373	-0,01245		
50	A	L	Dd		0,99	0,98	1,140	0,318	Potencial	0,000145	3,632739	-4,81665	1,508836	
50	A	L	P <sub>ts</sub>		0,99	0,98	1,145	0,353	Potencial	1,31 x 10 <sup>-9</sup>	3,732363	-5,16063	3,092681	
50	A	Dd	P <sub>ac</sub>		0,97	0,94	1,235	1,321	Potencial	1,490 x 10 <sup>136</sup>	1,301811	22,35719	-48,1729	
50	L	Dd	P <sub>ac</sub>		0,94	0,88	0,001	3,619	Logarítmico	1,330844	0,007303	0,087701	-0,19923	
50	A	L	Dd	P <sub>ss</sub>	0,99	0,98	1,137	0,299	Potencial		3,510562	-4,55060	2,514130	-1,76678
<b>Região III</b>														
2	A				0,75	0,71	0,0015	1,054	Logarítmico	0,001173	0,000958			
2	A	L			0,93	0,89	0,0010	0,488	Logarítmico	0,003327	0,004630	-0,00564		
2	A	Dd			0,77	0,73	0,0015	0,873	Logarítmico		0,000960	0,001223		
2	A	P <sub>ss</sub>			0,88	0,83	0,0012	1,264	Logarítmico	0,074427	0,001666	-0,01754		
2	A	L	P <sub>ts</sub>		0,92	0,89	0,0009	0,524	Logarítmico		0,004587	-0,00557	0,000449	
2	A	L	Dd		0,96	0,94	0,0007	0,122	Logarítmico		0,004848	-0,00585	0,002932	
2	A	Dd	P <sub>ss</sub>		0,83	0,74	0,0014	2,856	Logarítmico		0,001304	0,007024	-0,00180	
5	A				0,80	0,76	0,0012	0,590	Logarítmico	0,000882	0,000845			
5	A	L			0,85	0,82	0,0010	0,282	Logarítmico		0,002707	-0,00249		
5	A	Dd			0,81	0,78	0,0011	0,511	Logarítmico		0,000852	0,000881		
5	A	P <sub>ss</sub>			0,83	0,80	1,2415	0,393	Potencial		0,214765	-1,47393		
5	A	L	Dd		0,99	0,98	1,0519	0,105	Potencial	0,000960	0,879179	-1,05773	0,980694	
5	A	L	P <sub>ts</sub>		0,96	0,94	1,1157	0,113	Potencial		0,897282	-1,14533	-0,78303	
5	A	Dd	P <sub>ss</sub>		0,84	0,77	0,0012	2,266	Logarítmico		0,001004	0,004635	-0,00117	
10	A				0,81	0,77	0,0010	0,544	Logarítmico	0,000965	0,000767			
10	A	L			0,84	0,81	0,0009	0,321	Logarítmico		0,002408	-0,00216		
10	A	Dd			0,82	0,78	0,0010	0,467	Logarítmico		0,000781	0,000909		
10	A	P <sub>ss</sub>			0,81	0,77	0,0011	0,571	Logarítmico		0,000768	0,000215		
10	A	L	Dd		0,99	0,99	0,0001	0,010	Logarítmico		0,003659	-0,00433	0,002174	
10	A	L	P <sub>ac</sub>		0,97	0,96	0,0004	0,055	Logarítmico		0,003548	-000428	0,000455	
10	A	Dd	P <sub>ss</sub>		0,84	0,77	0,0010	2,320	Logarítmico		0,000954	0,003830	-0,00091	

Continua...

Quadro 1F, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
20	A				0,79	0,74	0,0010	0,739	Logarítmico	0,001061	0,000702			
20	A	L			0,83	0,80	0,0010	0,568	Logarítmico		0,002203	-0,00194		
20	A	Dd			0,80	0,76	0,0010	0,626	Logarítmico		0,000720	0,000979		
20	A	P <sub>is</sub>			0,79	0,74	0,0010	0,730	Logarítmico		0,000701	0,000147		
20	A	L	Dd		0,98	0,9	0,0003	0,024	Logarítmico		0,003459	-0,00412	0,002183	
20	A	L	P <sub>is</sub>		0,96	0,94	1,1140	0,141	Potencial		0,853862	-1,09548	-0,79152	
20	A	Dd	P <sub>ss</sub>		0,85	0,77	1,2388	2,191	Potencial		0,235984	0,655616	-1,67616	
50	A	L			0,89	0,84	1,203	1,141	Potencial	0,002889	0,807827	-1,02618		
50	A	L	Dd		0,97	0,94	1,124	1,505	Potencial	0,000682	0,842933	-0,01263	1,168586	
50	A	L	P <sub>ac</sub>		0,90	0,85	1,195	0,978	Potencial		0,857434	-1,10598	-0,79762	
50	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,82	0,73	1,274	3,329	Potencial		0,246923	0,937475	-1,77040	
<b>Região IV</b>														
2	A	L			0,93	0,90	0,0005	0,444	Linear	0,011640	0,000002	-0,00003		
2	A	Dd			0,79	0,75	0,205	0,744	Recíproco		-0,00135	40,13265		
2	A	P <sub>ac</sub>			0,81	0,72	0,193	3,595	Recíproco	127,6627	-0,00174	-0,01765		
2	A	L	Dd		0,97	0,94	1,031	1,495	Exponencial	-3,48842	0,000150	-0,00237	-0,42004	
2	A	L	P <sub>ac</sub>		0,94	0,88	1,041	3,622	Exponencial	-4,63345	0,000144	-0,00225	0,000084	
2	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,88	0,83	1,051	1,333	Exponencial		0,000025	-1,48987	-0,01222	
2	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,82	0,73	1,063	3,149	Exponencial		0,000441	-1,49034	-0,01231	
5	A				0,80	0,76	0,120	0,685	Recíproco	114,3282	-0,00213			
5	L				0,76	0,71	0,110	1,072	Recíproco	114,8667	-0,03669			
5	A	L			0,92	0,88	1,064	0,621	Exponencial	-4,64822	0,000196	-0,00308		
5	A	Dd			0,86	0,83	0,143	0,271	Recíproco		-0,00237	49,11316		
5	A	P <sub>ac</sub>			0,88	0,82	0,1396	1,423	Recíproco	172,6989	-0,00312	-0,03017		
5	L	Dd			0,82	0,78	0,126	0,519	Recíproco		-0,04106	49,40611		
5	A	L	Dd		0,97	0,95	0,270	0,101	Recíproco		-0,01609	0,243344	45,90338	
5	A	L	P <sub>ac</sub>		0,94	0,87	1,066	4,115	Exponencial	-4,95713	0,000178	-0,00267	0,000153	

Continua...

Quadro 1F, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
5	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,91	0,86	1,070	0,845	Exponencial		0,000034	-1,60071	-0,01158	
5	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,86	0,79	1,087	1,981	Exponencial		0,000593	-1,60136	-0,01171	
10	A				0,79	0,75	0,094	0,703	Recíproco	126,0847	-0,00269			
10	L				0,76	0,71	0,087	1,066	Recíproco	126,8135	-0,04645			
10	A	L			0,90	0,86	1,085	0,929	Exponencial	-4,73519	0,000221	-0,00344		
10	A	Dd			0,86	0,83	0,114	0,260	Recíproco		-0,00297	54,20994		
10	L	Dd			0,82	0,79	0,101	0,478	Recíproco		-0,05142	54,59421		
10	L	P <sub>ac</sub>			0,86	0,79	0,102	1,977	Recíproco	210,9499	-0,07192	-0,04299		
10	A	L	Dd		0,95	0,93	0,179	0,205	Recíproco		-0,01903	0,284787	50,45351	
10	A	L	P <sub>ac</sub>		0,95	0,89	0,142	3,328	Recíproco	177,6694	-0,01616	0,220965	-0,03016	
10	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,90	0,85	1,0856	0,954	Exponencial		0,000038	-1,68312	-0,01051	
10	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,86	0,78	1,1046	2,055	Exponencial		0,000664	-1,68389	-0,01065	
20	A				0,78	0,74	0,0764	0,825	Recíproco	136,2775	-0,00318			
20	L				0,75	0,70	0,071	1,202	Recíproco	137,1660	-0,05503			
20	A	L			0,89	0,83	1,106	1,322	Exponencial	-4,80255	0,000242	-0,00377		
20	A	Dd			0,85	0,82	0,092	0,303	Recíproco		-0,00349	58,64328		
20	A	P <sub>ac</sub>			0,90	0,86	0,104	0,879	Recíproco	243,6780	-0,00502	-0,05551		
20	L	Dd			0,82	0,78	0,083	0,526	Recíproco		-0,06055	59,10542		
20	L	P <sub>ac</sub>			0,87	0,81	0,089	1,650	Recíproco	248,7224	-0,08880	-0,05700		
20	A	L	Dd		0,98	0,95	0,176	1,036	Recíproco	-211,379	-0,02126	0,307925	145,1200	
20	A	L	P <sub>ac</sub>		0,94	0,89	0,116	3,565	Recíproco	212,5519	-0,01757	-0,04306		
20	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,89	0,84	1,101	1,135	Exponencial		0,000041	-1,76296	-0,00927	
20	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,90	0,80	0,087	8,214	Recíproco	-698,263	-0,09041	295,9801	1,680557	
50	A				0,76	0,71	0,060	1,075	Recíproco	148,3457	-0,00378			
50	A	L			0,86	0,79	1,133	1,938	Exponencial	-4,87397	0,000268	-0,00416		
50	A	Dd			0,91	0,86	0,086	0,886	Recíproco	-353,659	-0,00480	215,3892		
50	A	P <sub>ac</sub>			0,91	0,87	0,090	0,738	Recíproco	293,0878	-0,00625	-0,07481		
50	L	Dd			0,87	0,80	0,073	1,718	Recíproco	-345,734	-0,08343	212,7174		

Continua...

Quadro 1F, Cont.

T	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>						β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
50	L	P <sub>ac</sub>			0,88	0,82	0,077	1,381	Recíproco	300,5511	-0,11107	-0,07723		
50	A	L	Dd		0,97	0,95	0,143	1,101	Recíproco	-327,470	-0,02450	0,350099	199,5538	
50	A	L	P <sub>ac</sub>		0,94	0,88	0,094	3,793	Recíproco	261,2769	-0,01907	0,234568	-0,06208	
50	A	Dd	P <sub>is</sub>		0,93	0,87	0,090	4,388	Recíproco	-814,946	-0,00601	351,0392	1,660508	
50	A	Dd	P <sub>is</sub>		0,88	0,82	1,122	1,418	Exponencial		0,000044	-1,86475	-0,00752	
50	L	Dd	P <sub>is</sub>		0,90	0,80	0,072	8,335	Recíproco	-837,385	-0,10644	358,2556	1,754122	

## APÊNDICE G

Quadro 1G - Modelos de regressão selecionados para a representação das vazões correspondentes a diferentes níveis de permanência ( $m^3 s^{-1}$ ) e parâmetros estatísticos a eles associados nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

Níveis de permanência (%)	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	%dr <sub>máx</sub>	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
<b>Região I</b>															
50	A	Dd			0,98	0,97	1,50	0,0056	-40,27	Potencial	0,0000020	1,093128	9,066141		
	L	Dd			0,96	0,94	1,80	0,0371	-56,43	Potencial	1,94 x10 <sup>-7</sup>	1,604361	11,35923		
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,31	0,0098	-35,21	Potencial	5,95 x10 <sup>-9</sup>	1,063723	9,700747	1,178449	
75	A	Dd			0,97	0,96	1,68	0,0169	-41,16	Potencial	0,0000010	1,134366	8,852770		
	L	Dd			0,94	0,92	2,04	0,0860	-56,94	Potencial	1,14 x10 <sup>-7</sup>	1,658958	11,21960		
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,97	1,49	0,418	-38,89	Potencial	1,46 x10 <sup>-9</sup>	1,100337	9,587162	1,363748	
80	A	Dd			0,97	0,96	1,69	0,0172	-38,86	Potencial	9,48 x10 <sup>-7</sup>	1,147592	8,989948		
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,97	1,50	0,0404	36,92	Potencial	9,24 x10 <sup>-10</sup>	1,112635	9,744367	1,400938	
	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,96	0,93	1,93	0,2869	-56,42	Potencial	4,29 x10 <sup>-11</sup>	1,624129	12,14078	1,545159	
90	A	Dd			0,96	0,95	1,79	0,0245	-40,57	Potencial	6,04 x10 <sup>-7</sup>	1,198713	8,896335		
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,98	1,49	0,0339	-32,96	Potencial	1,35 x10 <sup>-10</sup>	1,156318	9,811291	1,699052	
95	A	Dd			0,96	0,95	1,87	0,0303	-36,23	Potencial	3,58 x10 <sup>-7</sup>	1,233528	9,087540		
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,98	1,43	0,0185	29,80	Potencial	1,85 x10 <sup>-11</sup>	1,183777	10,16124	1,993839	
	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,98	0,96	1,74	0,1086	-50,36	Potencial	7,00 x10 <sup>-13</sup>	1,740292	12,72946	2,133246	
<b>Região II</b>															
50	A	Dd			0,99	0,99	1,07	0,0000	-11,31	Potencial	0,000708	1,100905	2,472620		
	A	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,08	0,0000	-8,80	Potencial	1,21 x10 <sup>-19</sup>	0,982939	5,441326		
	L	Dd			0,99	0,99	1,23	0,0014	25,72	Potencial	0,000888	1,565479	2,275799		
	L	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,17	0,0004	-28,51	Potencial	-8,56925	0,007210	0,006363		
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,07	0,0017	-11,03	Potencial	0,000726	0,951540	0,213245	2,446510	
75	A	Dd			0,99	0,99	1,141	0,0002	16,52	Potencial	0,000322	1,150579	2,628800		
	A	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,224	0,0011	25,76	Potencial	7,52 x10 <sup>-20</sup>	1,032569	5,417406		
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,080	0,0018	-11,69	Potencial	0,000293	1,699256	-0,78333	2,724713	
	A	L	P <sub>ac</sub>		0,99	0,99	1,078	0,0017	-9,49	Potencial	1,67 x10 <sup>-22</sup>	1,976186	-1,37273	6,277728	

Continua...

Quadro 1G, Cont.

Níveis de permanência (%)	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	σF	F(%)	%dr <sub>máx</sub>	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
80	A	Dd			0,99	0,99	1,187	0,0005	22,10	Potencial	0,000263	1,160548	2,691190		
	A	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,279	0,0023	-31,78	Potencial	5,54 x10 <sup>-20</sup>	1,041876	5,439847		
	L	Dd			0,99	0,99	1,223	0,0010	-38,89	Exponencial	-4,96983	0,009194	1,682973		
	L	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,208	0,0008	22,82	Exponencial	-7,78424	0,006415	0,086268		
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,079	0,0017	-11,39	Potencial	0,000230	1,921344	-1,08617	2,824183	
	A	L	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,068	0,0011	8,33	Potencial	6,45 x10 <sup>-14</sup>	2,112966	-1,74115	5,848843	
90	A	Dd			0,99	0,99	1,269	0,0018	30,40	Potencial	0,000173	1,183859	2,769613		
	A	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,371	0,0057	-43,22	Potencial	3,97 x10 <sup>-20</sup>	1,064966	5,437712		
	L	Dd			0,99	0,99	1,249	0,0014	-38,35	Exponencial	-5,30341	0,009386	1,716455		
	L	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,286	0,0023	-32,27	Exponencial	-8,03439	0,006600	0,086271		
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,074	0,0013	-10,80	Potencial	0,000143	2,290559	-1,58000	2,963073	
	A	L	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,055	0,0006	-6,44	Potencial	1,33 x10 <sup>-14</sup>	2,492042	-2,26814	6,141602	
95	A	Dd			0,99	0,99	1,340	0,0039	36,09	Potencial	0,000127	1,203683	2,807423		
	A	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,359	0,0047	-34,81	Exponencial	-8,60665	0,000391	0,092624		
	L	Dd			0,99	0,99	1,289	0,0022	-40,05	Exponencial	-5,54219	0,009548	1,734366		
	L	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,355	0,0046	-40,85	Exponencial	-8,20015	0,006768	0,085924		
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,084	0,0018	-12,01	Potencial	0,000100	2,570800	-1,95179	3,046405	
	A	L	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,065	0,0009	-7,56	Potencial	4,81 x10 <sup>-15</sup>	2,778111	-2,65964	6,316205	
<b>Região III</b>															
50	A	L			0,99	0,99	1,294	0,0028	-46,74	Potencial	0,010460	1,488505	-0,63777		
	A	Dd			0,99	0,99	1,206	0,0008	-24,33	Potencial	0,000851	1,142582	1,841232		
	A	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,209	0,0008	-30,64	Potencial	7422,169	1,205987	-3,28383		
	A				0,99	0,99	7,113	0,0000	31,58	Potencial	-0,33840	0,015686			
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,112	0,0046	12,51	Linear	0,001115	1,542962	-0,61675	1,812783	
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,086	0,0022	10,95	Potencial	45,56223	1,226057	1,400725	-2,47704	
75	A	L			0,99	0,99	1,278	0,0020	46,05	Potencial	0,006122	1,578285	-0,71139		
	A	Dd			0,99	0,99	1,212	0,001	-26,08	Potencial	0,000493	1,183873	1,826126		
	A	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,231	0,0010	-32,41	Potencial	2000,847	1,240622	-3,10496		
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,071	0,0011	7,59	Potencial	0,000668	1,632187	-0,69058	1,794271	

Continua...

Quadro 1G, Cont.

Níveis de permanência (%)	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	%dr <sub>máx</sub>	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
80	A	L			0,99	0,99	1,286	0,0021	-47,66	Potencial	0,005446	1,592249	-0,72054		
	A	Dd			0,99	0,99	1,213	0,0007	-26,15	Potencial	0,000409	1,193944	1,880986		
	A	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,245	0,0012	-34,16	Potencial	1624,631	1,247783	-3,08395		
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,065	0,0008	6,41	Potencial	0,000555	1,647787	-0,69910	1,848738	
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,141	0,0077	17,77	Potencial	7,351074	1,269055	1,484618	-2,22884	
90	A	Dd			0,99	0,99	1,239	0,0010	-29,49	Potencial	0,000396	1,201079	1,712265		
	A	L			0,99	0,99	1,257	0,0014	-42,35	Potencial	0,004419	1,658780	-0,80204		
	A	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,230	0,0009	-29,83	Potencial	1798,222	1,264562	-3,16574		
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,063	0,0007	6,21	Potencial	0,000558	1,709134	-0,78261	1,676165	
95	A	Dd			0,99	0,99	1,272	0,0016	-33,99	Potencial	0,000365	1,210197	1,602552		
	A	L			0,99	0,99	1,242	0,0010	-39,02	Potencial	0,003690	1,733257	-0,89612		
	A	P <sub>ts</sub>			0,99	0,99	1,216	0,0007	-26,00	Potencial	4861,798	1,289511	-3,45563		
	A	L	Dd		0,99	0,99	1,074	0,0012	8,29	Potencial	0,000536	1,780182	-0,87801	1,562052	
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,99	0,99	1,173	0,0127	21,65	Potencial	88,82591	1,305283	1,100769	-2,82161	
<b>Região IV</b>															
50	A				0,99	0,99	1,095	0,0000	-11,35	Potencial	0,042957	0,896561			
	L				0,99	0,99	1,118	0,0000	-14,72	Potencial	0,078045	1,183947			
	A	L			0,99	0,99	1,062	0,0001	9,55	Potencial	0,007790	3,479668	-3,41330		
	A	Dd			0,99	0,99	1,066	0,0001	6,67	Potencial	0,438436	0,921129	-2,91729		
	A	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,064	0,0001	-8,21	Potencial	0,000022	0,955230	0,949442		
	L	Dd			0,99	0,99	1,090	0,0002	9,11	Potencial	1,157283	1,221662	-3,36485		
	L	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,078	0,0001	-9,37	Potencial	0,000005	1,300248	1,211596		
75	A				0,99	0,99	1,085	0,0000	-9,16	Potencial	0,020318	0,964548			
	L				0,99	0,99	1,109	0,0000	-11,14	Potencial	0,038592	1,273862			
	A	L			0,99	0,99	1,063	0,0000	9,51	Potencial	0,004869	3,125930	-2,85604		
	A	Dd			0,99	0,99	1,071	0,0001	-8,41	Potencial	0,121653	0,983476	-2,24753		
	A	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,073	0,0001	-8,34	Potencial	0,000082	1,014601	0,692047		
	L	Dd			0,99	0,99	1,094	0,0002	-10,29	Potencial	0,343666	1,304446	-2,72855		
	L	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,088	0,0002	-10,16	Potencial	0,000018	1,366689	0,967042		

Continua...

Quadro 1G, Cont.

Níveis de permanência (%)	Variáveis associadas aos				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	σF	F(%)	%dr <sub>máx</sub>	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados				
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>
80	A				0,99	0,99	1,086	0,0000	-9,27	Potencial	0,017508	0,977463			
	L				0,99	0,99	1,109	0,0000	-11,28	Potencial	0,033539	1,290932			
	A	L			0,99	0,99	1,065	0,0000	9,72	Potencial	0,004289	3,105434	-2,81189		
	A	Dd			0,99	0,99	1,071	0,0001	-8,52	Potencial	0,106806	0,996588	-2,27099		
	A	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,074	0,0001	-8,45	Potencial	0,000071	1,027410	0,690598		
	L	Dd			0,99	0,99	1,094	0,0002	-10,42	Potencial	0,306078	1,321857	-2,75912		
	L	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,088	0,0002	-10,29	Potencial	0,000016	1,383993	0,969495		
90	A				0,99	0,99	1,086	0,0000	-10,54	Potencial	0,0012484	1,006339			
	L				0,99	0,99	1,108	0,0000	-12,64	Potencial	0,024367	1,329152			
	A	L			0,99	0,99	1,075	0,0001	10,05	Potencial	0,003767	2,818929	-2,39514		
	A	Dd			0,99	0,99	1,081	0,0001	-9,92	Potencial	0,054182	1,021863	-1,84342		
	A	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,085	0,0001	-9,93	Potencial	0,000218	1,043097	0,508226		
	L	Dd			0,99	0,99	1,100	0,0002	-11,90	Potencial	0,159713	1,355448	-2,34613		
	L	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,099	0,0002	-11,82	Potencial	0,000046	1,405080	0,791008		
95	A				0,99	0,99	1,105	0,0000	-14,94	Potencial	0,009124	1,033302			
	L				0,99	0,99	1,127	0,0000	-17,17	Potencial	0,018139	1,364690			
	A	L			0,99	0,99	1,091	0,0001	-10,19	Potencial	0,002143	3,224996	-2,89609		
	A	Dd			0,99	0,99	1,102	0,0002	-14,23	Potencial	0,045922	1,050392	-2,02944		
	A	P <sub>ac</sub>			0,99	0,99	1,105	0,0002	-14,21	Potencial	0,000088	1,075492	0,583344		
	L	Dd			0,99	0,99	1,122	0,0004	-16,34	Potencial	0,139203	1,393193	-2,54293		

## APÊNDICE H

Quadro 1H – Vazões ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) correspondentes aos diferentes níveis de permanência

Estação Fluviométrica	Nível de Permanência (%)									
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
<b>58030000</b>	11,16	10,44	9,90	9,43	8,96	8,47	8,01	7,54	6,98	6,51
<b>58060000</b>	6,53	6,18	5,85	5,54	5,25	4,98	4,71	4,46	4,11	3,68
<b>58087300</b>	67,73	61,94	58,23	54,88	50,68	45,72	40,90	36,26	32,52	26,46
<b>58096000</b>	77,57	70,49	63,22	54,86	50,40	45,43	42,66	40,89	40,03	38,73
<b>58105300</b>	65,66	54,27	49,31	46,84	45,55	44,50	43,47	42,54	41,59	40,40
<b>58142200</b>	77,57	70,49	63,22	54,86	50,40	45,43	42,66	40,89	40,03	38,73
<b>58155000</b>	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04
<b>58165000</b>	2,62	2,40	2,20	2,03	1,85	1,68	1,55	1,33	1,04	0,65
<b>58182500</b>	150,67	146,89	143,36	139,77	135,74	130,42	124,81	119,73	114,63	107,89
<b>58183000</b>	148,14	143,12	137,81	132,77	127,66	121,91	114,57	108,75	101,12	91,18
<b>58185000</b>	0,48	0,42	0,38	0,34	0,30	0,27	0,23	0,20	0,16	0,13
<b>58192000</b>	154,16	148,54	143,48	138,92	134,49	127,41	120,41	113,72	106,20	97,70
<b>58198000</b>	0,64	0,61	0,58	0,56	0,53	0,52	0,50	0,47	0,43	0,39
<b>58201000</b>	161,17	156,26	150,69	145,07	139,81	133,97	127,22	117,89	108,60	99,43
<b>58211000</b>	3,31	3,01	2,73	2,47	2,27	2,06	1,83	1,62	1,40	1,13
<b>58214000</b>	152,54	147,05	142,51	137,51	132,48	126,79	120,62	113,86	106,68	96,41
<b>58215000</b>	0,48	0,44	0,40	0,37	0,34	0,32	0,29	0,27	0,23	0,19
<b>58217500</b>	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22	0,19	0,18	0,16	0,15	0,13
<b>58218000</b>	167,69	163,30	159,04	154,53	148,43	141,31	134,04	127,30	119,12	109,07
<b>58220000</b>	2,91	2,74	2,58	2,45	2,33	2,21	2,07	1,93	1,79	1,57
<b>58227000</b>	3,04	2,82	2,63	2,43	2,24	2,07	1,89	1,75	1,61	1,44
<b>58230100</b>	199,02	192,66	186,55	180,63	173,96	167,36	159,87	151,77	141,36	125,90
<b>58235100</b>	202,80	196,55	189,73	182,93	177,25	170,36	163,82	155,48	147,15	135,35
<b>58242000</b>	202,28	197,63	193,06	188,49	183,78	179,07	174,29	168,90	161,67	146,85
<b>58250000</b>	204,58	200,76	197,31	193,84	189,94	186,03	181,54	176,80	170,06	161,77
<b>58258000</b>	4,77	4,39	3,91	3,59	3,30	3,11	2,86	2,59	2,32	1,96
<b>58262000</b>	247,60	242,82	239,21	235,59	230,99	226,36	221,43	216,20	210,19	200,64
<b>58270000</b>	7,83	7,40	6,94	6,52	6,13	5,74	5,34	4,95	4,63	3,95
<b>58300001</b>	263,12	257,93	253,09	248,31	243,20	237,02	230,00	221,17	213,14	202,01
<b>58305000</b>	264,09	259,82	255,55	251,78	248,16	244,47	239,39	234,37	229,64	223,34

## APÊNDICE I

Quadro II - Modelos de regressão selecionados para a representação das vazões regularizadas ( $m^3 s^{-1}$ ) e parâmetros estatísticos a eles associados considerando diferentes níveis de permanência nas quatro regiões hidrologicamente homogêneas

Vazão regularizada	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2a</sup>	σF	F(%)	%dr <sub>máx</sub>	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados			
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>
<b>Região I</b>														
0,6 $\bar{Q}$	A	L			0,92	0,88	0,04	0,2009	-51,55	Logarítmico	0,340036	-0,19618	0,229662	
	A	Dd			0,83	0,76	1,54	1,1903	-52,67	Potencial	5,650366	-0,39220	-1,89483	
	A	L	P <sub>aC</sub>		0,96	0,93	0,03	0,2675	-44,95	Logarítmico	1,270821	-0,20311	0,244244	-0,13083
0,7 $\bar{Q}$	A	L			0,95	0,93	0,05	0,049	-49,22	Logarítmico	0,605829	-0,40238	0,486981	
	A	L	Dd		0,96	0,92	0,05	0,3576	-45,66	Logarítmico	0,455111	-0,44113	0,545336	0,144655
	A	L	P <sub>aC</sub>		0,98	0,97	0,03	0,0549	35,29	Logarítmico	2,017284	-0,41289	0,509093	-0,19839
0,8 $\bar{Q}$	A				0,76	0,72	1,45	0,4527	-48,51	Potencial	1,834162	-0,31202		
	A	L			0,89	0,84	1,33	0,4178	-36,24	Potencial	1,562616	-1,05867	1,108626	
	A	L	Dd		0,89	0,85	1,32	0,4067	-33,24	Potencial		-1,17192	1,280456	0,422318
	A	L	P <sub>aC</sub>		0,99	0,98	0,04	0,0149	26,69	Logarítmico	3,593700	-0,62931	0,778955	-0,37260
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,89	0,80	1,37	2,277	-45,52	Exponencial	3,743996	-0,00019	-1,38930	-0,01024
0,9 $\bar{Q}$	A	L			0,94	0,92	0,10	0,0898	-26,29	Logarítmico	1,475908	-0,64344	0,728480	
	A	Dd			0,94	0,91	0,11	0,0933	-27,24	Logarítmico	2,933650	-0,15808	-1,37500	
	A	L	Dd		0,97	0,94	0,09	0,1947	20,72	Logarítmico	2,282757	-0,43601	0,416080	-0,77440
	A	Dd	P <sub>aC</sub>		0,96	0,93	1,15	0,2587	-13,46	Exponencial	3,690049	-0,00015	-1,23311	-0,00051
1,0 $\bar{Q}$	A	Dd			0,87	0,82	0,17	0,5716	20,39	Logarítmico	3,328486	-0,18131	-1,16234	
	L	Dd			0,89	0,84	0,16	0,4278	21,60	Logarítmico	3,757951	-0,27217	-1,55573	
	A	L	Dd		0,93	0,88	0,14	0,925	20,94	Logarítmico	7,715747	-0,16911	-1,36569	-0,58720
	L	Dd	P <sub>aC</sub>		0,95	0,90	0,13	0,555	22,19	Logarítmico	8,202030	-0,25426	-1,73750	-0,59808
<b>Região II</b>														
0,6 $\bar{Q}$	A	L			0,97	0,96	1,33	0,0771	-35,43	Potencial	1,276594	-4,02855	5,056243	
	A	L	Dd		0,99	0,99	0,00	0,0027	-27,05	Logarítmico	0,609863	-0,45072	0,594376	-0,30828
	A	L	P <sub>aC</sub>		0,99	0,99	0,01	0,0124	45,26	Logarítmico	5,344028	-0,48181	0,660648	-0,70768
	A	Dd	P <sub>aC</sub>		0,99	0,99	1,21	0,2391	22,98	Potencial	2,46 x 10 <sup>-158</sup>	-1,66817	-24,6049	54,40728
	L	Dd	Dd		0,99	0,99	1,29	0,5913	28,52	Exponencial	-23,0454	-0,01166	-8,70702	0,032692

Continua...

Quadro 1I, Cont.

Vazão regularizada	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	%dr <sub>máx</sub>	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados			
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>
0,7Q̄	A	L			0,95	0,93	0,05	0,2418	35,47	Logarítmico	0,543289	-0,64366	0,842766	
	A	L	Dd		0,99	0,99	0,01	0,0324	33,15	Logarítmico	0,797713	-0,67452	0,885503	-0,28153
	A	L	P <sub>aC</sub>		0,99	0,99	0,02	0,0601	40,04	Logarítmico	5,074226	-0,70231	0,944967	-0,63966
	A	Dd	P <sub>aC</sub>		0,99	0,99	1,12	0,0794	-18,25	Exponencial	-18,4561	-0,00057	-6,93384	0,026130
	L	Dd	Dd		0,99	0,99	1,11	0,0510	-10,91	Exponencial	-21,6063	-0,01071	-7,99463	0,030706
0,8Q̄	A	L	Dd		0,94	0,91	1,31	0,3544	28,28	Exponencial		-0,00358	0,058429	-0,93848
	A	L	P <sub>aC</sub>		0,95	0,89	1,34	3,3145	-29,23	Exponencial	4,134895	-0,00397	0,065894	-0,00502
	A	L	P <sub>aC</sub>		0,89	0,84	1,43	1,1701	40,80	Exponencial		-0,00362	0,059820	-0,00807
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,96	0,92	0,06	2,3809	-37,78	Logarítmico	-27,1151	-0,39533	-4,35143	7,541923
0,9Q̄	A	L	Dd		0,92	0,89	1,49	0,5656	31,92	Recíproco		0,009569	-0,15799	2,179311
	A	L	P <sub>aC</sub>		0,95	0,89	1,52	3,3001	29,09	Recíproco	-7,26161	0,011208	-0,19051	0,162652
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,93	0,86	0,10	4,8871	-34,52	Logarítmico	-39,4844	-0,55538	-6,39851	10,98226
	L	Dd	P <sub>ss</sub>		0,92	0,84	0,10	5,7775	-47,50	Linear	-0,94566	-0,00276	-2,38716	0,025615
1,0Q̄	A	L	Dd		0,92	0,88	3,80	0,6349	26,55	Recíproco		0,003904	-0,06481	1,054211
	A	L	P <sub>ss</sub>		0,89	0,83	3,17	1,3085	32,99	Recíproco		0,004008	-0,06748	0,009181
	A	Dd	P <sub>ss</sub>		0,86	0,72	0,17	13,233	-21,41	Linear	-1,99171	-0,00024	-2,59331	0,114306
	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,85	0,70	0,18	14,556	26,46	Linear	-2,72511	-0,00472	-2,92747	0,134626
<b>Região III</b>														
0,6Q̄	A	Dd			0,98	0,98	1,16	0,0010	31,49	Potencial		-0,41047	-0,28597	
	A	P <sub>ts</sub>			0,98	0,98	1,18	0,0015	-40,54	Potencial		-0,39941	-0,07904	
	L	P <sub>aC</sub>			0,98	0,97	1,12	0,0347	54,34	Potencial	112488,7	-0,62245	-1,60940	
0,7Q̄	A	Dd			0,96	0,94	1,30	0,1903	-38,06	Potencial	9,385364	-0,43137	-1,73301	
	L	Dd			0,95	0,94	1,29	0,0198	-48,05	Exponencial		-0,00310	-0,49581	
	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,97	0,96	1,23	0,0707	57,95	Potencial		-0,69397	-1,655252	0,575962

Continua...

Quadro II, Cont.

Vazão regularizada	Variáveis associadas aos parâmetros				R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> a	σF	F(%)	%dr <sub>máx</sub>	Modelos ajustados	Parâmetros ajustados			
	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>							β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>
0,8Q̄	A	Dd			0,95	0,93	0,07	0,2156	-39,69	Logarítmico	2,659949	-0,12665	-1,53706	
	L	Dd			0,87	0,80	1,37	1,7141	-46,15	Potencial	30,14245	-0,48738	-2,56037	
	A	Dd	P <sub>aC</sub>		0,96	0,94	0,06	0,1767	34,53	Logarítmico		-0,12243	-1,45216	0,350431
	L	Dd	P <sub>ts</sub>		0,94	0,90	0,08	0,4165	30,07	Logarítmico		-0,22292	-1,41959	0,619311
0,9Q̄	A	Dd			0,88	0,82	0,15	1,3722	37,54	Logarítmico	3,618367	-0,16548	-1,94636	
	L	Dd			0,79	0,70	0,19	4,2239	42,70	Logarítmico	3,521705	-0,23839	-1,82454	
	A	L	Dd		0,93	0,86	0,13	5,1073	31,93	Logarítmico	3,469906	-0,38526	0,338551	-1,93075
	A	Dd	P <sub>ts</sub>		0,91	0,87	0,13	0,7446	33,17	Logarítmico		-0,19442	-1,82010	0,829444
<b>Região IV</b>														
0,6Q̄	A	Dd			0,99	0,99	1,16	0,0085	17,89	Exponencial	1,732372	-0,00017	-1,62671	
	L	Dd			0,99	0,98	1,18	0,0008	-24,13	Exponencial		-0,00309	-0,84694	
	L	P <sub>aC</sub>			0,99	0,99	0,00	0,0000	22,16	Logarítmico		-0,03427	0,033084	
0,7Q̄	A	L			0,96	0,94	1,18	0,151	-45,56	Exponencial	-1,07291	0,001316	-0,02426	
	A	L	Dd		0,96	0,94	1,18	0,154	-33,67	Exponencial		0,001313	-0,02416	-0,46106
	A	L	P <sub>ts</sub>		0,95	0,93	1,20	0,2173	-28,31	Exponencial		0,001306	-0,02402	-0,01223
0,8Q̄	A	L			0,93	0,90	0,04	0,4567	-42,86	Logarítmico	-2,21803	4,037873	-5,37654	
	A	L	Dd		0,98	0,97	1,13	0,6126	-32,01	Potencial	9,65 x 10 <sup>-13</sup>	24,98484	-33,3796	13,32534
	A	L	P <sub>ss</sub>		0,99	0,98	0,02	0,0104	-29,70	Logarítmico		4,812628	-6,40716	-0,46346
0,9Q̄	A	L			0,92	0,88	0,07	0,6949	-51,02	Linear	0,822001	0,000362	-0,00666	
	A	L	Dd		0,98	0,97	1,09	0,5653	-36,59	Potencial	7,23 x 10 <sup>-10</sup>	16,49428	-22,1204	12,90746
	A	L	P <sub>aC</sub>		0,98	0,96	0,04	0,7217	-32,41	Logarítmico	9,0255151	8,215547	-11,0985	-1,70817

## APÊNDICE J

Quadro 1J – Valores de  $\alpha_i$  correspondentes à regularização de diferentes porcentagens da vazão média de longo período

Estação Fluviométrica	Porcentagem da vazão média de longo período a ser regularizada (%)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<b>58030000</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,000427	0,003553	0,010433
<b>58060000</b>	0	0	0	0	0	0	0,001067	0,006796	0,019653	0,03616
<b>58087300</b>	0	0,000045	0,000279	0,001094	0,010752	0,020888	0,031025	0,040418	0,051299	0,063543
<b>58096000</b>	0	0	0	0	0,000071	0,000208	0,000345	0,000482	0,001194	0,01687
<b>58105300</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000051	0,002172
<b>58142200</b>	0	0	0	0,000133	0,00027	0,000407	0,000927	0,004459	0,011212	0,020739
<b>58155000</b>	0,001105	0,008232	0,019752	0,032997	0,051714	0,073033	0,097197	0,122129	0,150083	0,183919
<b>58165000</b>	0,000229	0,004372	0,010764	0,018493	0,031016	0,044777	0,059073	0,074051	0,090065	0,107875
<b>58182500</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000028
<b>58183000</b>	0	0	0	0	0	0	0,000155	0,002191	0,005087	0,00837
<b>58185000</b>	0,000246	0,002903	0,011662	0,022981	0,036359	0,050914	0,067154	0,089147	0,115733	0,168242
<b>58192000</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000825	0,003615
<b>58198000</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,000463	0,003067	0,009519
<b>58201000</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001777	0,004867
<b>58211000</b>	0,000148	0,001226	0,00305	0,005501	0,009982	0,01808	0,033775	0,057598	0,083515	0,110645
<b>58214000</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00028	0,002662
<b>58215000</b>	0	0,000019	0,000773	0,005081	0,01285	0,022687	0,03418	0,046057	0,061925	0,083554
<b>58217500</b>	0	0	0,000637	0,002763	0,007566	0,013731	0,020028	0,032404	0,060194	0,095126
<b>58218000</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005542	0,007015
<b>58220000</b>	0	0	0	0	0,000018	0,000155	0,000945	0,003457	0,013684	0,028843
<b>58227000</b>	0	0	0	0	0,000122	0,001169	0,00332	0,010998	0,03309	0,057811
<b>58230100</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,00149	0,004167	0,007216
<b>58235100</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,000988	0,003372	0,006253
<b>58242000</b>	0	0	0	0	0	0	0,00001	0,000147	0,000372	0,001214
<b>58250000</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,000001	0,000138	0,000275
<b>58258000</b>	0	0	0	0,000191	0,000624	0,004585	0,013373	0,027916	0,054154	0,08346
<b>58262000</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>58270000</b>	0	0	0	0	0,00056	0,006415	0,016077	0,028404	0,042679	0,060265
<b>58300001</b>	0	0	0	0	0	0,000031	0,000168	0,000305	0,000442	0,000579
<b>58305000</b>	0	0	0	0	0	0,000012	0,004767	0,019308	0,055312	0,137317

Continua...

Quadro 1J, Cont.

Estação Fluviométrica	Porcentagem da vazão média de longo período a ser regularizada (%)									
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
<b>58030000</b>	0,022253	0,03996	0,071128	0,107125	0,143289	0,210891	0,287428	0,409421	0,593816	0,780319
<b>58060000</b>	0,057977	0,081761	0,107978	0,143426	0,179823	0,216796	0,256253	0,337854	0,420813	0,70453
<b>58087300</b>	0,086752	0,111008	0,144265	0,180292	0,216319	0,252347	0,288582	0,335601	0,500916	0,784915
<b>58096000</b>	0,043691	0,070541	0,102391	0,134994	0,167929	0,210831	0,327407	0,443982	0,656487	0,913615
<b>58105300</b>	0,012658	0,036012	0,06298	0,089967	0,12188	0,154585	0,229343	0,345919	0,462531	0,61017
<b>58142200</b>	0,03724	0,063459	0,093193	0,127327	0,161831	0,197499	0,272535	0,367235	0,540552	0,856916
<b>58155000</b>	0,251828	0,332316	0,459762	0,636403	0,813804	0,991475	1,169281	1,347152	1,525258	1,704676
<b>58165000</b>	0,126967	0,149023	0,178412	0,210156	0,284293	0,36155	0,489499	0,786952	1,154443	1,534133
<b>58182500</b>	0,000658	0,001954	0,004316	0,009761	0,01763	0,028391	0,053168	0,137873	0,348629	0,631725
<b>58183000</b>	0,013053	0,018247	0,0316	0,053949	0,101631	0,173776	0,274874	0,387776	0,557202	0,793061
<b>58185000</b>	0,235368	0,308223	0,381237	0,454551	0,528024	0,644815	0,791552	0,976563	1,165878	1,355193
<b>58192000</b>	0,006778	0,012734	0,021582	0,035503	0,089226	0,19864	0,313913	0,431832	0,617636	0,857076
<b>58198000</b>	0,019897	0,046483	0,074017	0,103993	0,137046	0,170371	0,226834	0,292181	0,361883	0,503488
<b>58201000</b>	0,008593	0,013466	0,019835	0,028561	0,048485	0,083111	0,129422	0,184387	0,249561	0,332509
<b>58211000</b>	0,138351	0,166159	0,193967	0,222019	0,263526	0,30605	0,356357	0,470763	0,651995	0,8343
<b>58214000</b>	0,005512	0,008733	0,01324	0,018511	0,024386	0,033222	0,049357	0,138275	0,233028	0,33264
<b>58215000</b>	0,106893	0,131108	0,154643	0,181278	0,224479	0,343004	0,526252	0,710241	0,89469	1,085947
<b>58217500</b>	0,13322	0,182994	0,251214	0,386475	0,616855	0,852417	1,088709	1,325421	1,562194	1,799079
<b>58218000</b>	0,009874	0,015682	0,044699	0,070335	0,087066	0,095429	0,199854	0,390458	0,44569	0,650976
<b>58220000</b>	0,048303	0,073792	0,118105	0,188202	0,263744	0,34103	0,42077	0,56644	0,760917	0,981165
<b>58227000</b>	0,083675	0,111392	0,139912	0,168658	0,198388	0,240086	0,286718	0,333501	0,44854	0,635918
<b>58230100</b>	0,011799	0,01747	0,024728	0,048707	0,108632	0,199718	0,340857	0,565015	0,808987	1,056017
<b>58235100</b>	0,010167	0,015512	0,022325	0,030332	0,05614	0,119257	0,204188	0,310881	0,463322	0,701897
<b>58242000</b>	0,005176	0,013483	0,022937	0,035658	0,058663	0,094196	0,139851	0,244032	0,383955	0,625141
<b>58250000</b>	0,000542	0,003826	0,010332	0,018213	0,040271	0,070956	0,11077	0,207493	0,354119	0,590739
<b>58258000</b>	0,11299	0,143694	0,175847	0,209143	0,285959	0,389351	0,53384	0,7121	0,890576	1,131237
<b>58262000</b>	0,000043	0,000236	0,000669	0,005383	0,016335	0,023655	0,054696	0,142926	0,328278	0,530546
<b>58270000</b>	0,079986	0,101688	0,123766	0,148943	0,175146	0,202312	0,319729	0,562426	0,824547	1,088613
<b>58300001</b>	0,000716	0,000853	0,004601	0,016728	0,040524	0,116156	0,197388	0,282453	0,390751	0,584809
<b>58305000</b>	0,223303	0,34598	0,479344	0,617289	0,755287	0,895122	1,036689	1,179311	1,322051	1,4741