

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS**

**ESTIMATIVA REGIONAL DA VAZÃO MÁXIMA INSTANTÂNEA EM
ALGUMAS BACIAS BRASILEIRAS**

ERALY ALVES SILVA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como quesito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Porto Alegre, Outubro de 1997.

*A natureza possui um comportamento físico que
não podemos modificar em função daquilo que
queremos.*

Aquele cujo nome está em tudo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ao Prof. Carlos Eduardo Morelli Tucci pela eficiente e sempre disponível orientação, como também pela confiança depositada.

Ao Prof. Robin Thomas Clarke pela disponibilidade em realizar inúmeros pacientes esclarecimentos.

Aos professores, especialmente o Prof. Mário Cicareli Pinheiro, e funcionários do Departamento de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG que incentivaram de forma fundamental o ingresso no curso de Pós-Graduação.

Ao Departamento de Águas e Energia Elétrica - DNAEE (Regionais dos Estados Rio Grande do Sul e Paraná), Companhia Estadual de Energia Elétrica do Estado do Rio Grande do Sul - CEEE, Instituto Ambiental do Paraná - IAP/SUDERHSA, Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo - DAEE/CTH, Centrais Elétricas do Estado de São Paulo - CESP, Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM (Regionais dos Estados Rio Grande do Sul e São Paulo), que, através de seus engenheiros coordenadores e funcionários, possibilitaram e auxiliaram a coleta de dados e informações dos postos fluviográficos analisados.

Um trabalho como este, que necessitou da formação de uma banco de dados básicos para a elaboração, resulta, necessariamente, da conjunção de esforços e disponibilidade de inúmeras pessoas a quem a autora deseja expressar o seu reconhecimento e agradecimento.

Aos profissionais que lidam com informação hidrológica, a autora pretende, aqui, reiterar a necessidade de conscientização quanto ao valor e importância do trabalho por eles desenvolvido, além de agradecer as atenções e disponibilidades despendidas.

À família De Sá, à amiga Andrea Peres, em Curitiba, à amiga Rosa, em São Paulo, e às funcionárias do IPH, amigas, D. Ligya, Nadir, Jussara' s e Elisabete pela amizade, carinho, acolhimento e incentivo.

Aos colegas e professores do curso cujas sugestões e incentivos se revestiram de grande importância na preparação desta dissertação; em especial Walter Collischonn, Roberto Kirchenn, Adolfo Villanueva e Mario Mendiondo.

Aos colegas e/ou vizinhos da Casa do Estudante Universitário da UFRGS que acompanharam e se fizeram solidários nesta etapa da vida com alegria e amizade; em especial João Ilton, Ivonne, Alex, Ana Paula, Sandro, Karla, Luziel, e Gigi.

À minha irmã Elba e à minha mãe Nely, pela contribuição nos inúmeros ofícios "braçais" desenvolvidos; pela amizade e pela paciência.

Aos colegas pelo destino que se tornaram amigos e a mim se uniram pelo coração e pela vida: Jorge L. Zegarra Tarqui, Andréa Germano, Luciano Silva, Walter Collischonn, Carlos Galvão e Márcia Rios.

A todos os colegas, professores e funcionários do IPH pela amizade e convívio alegres e cordiais.

Ao CNPQ que financiou este trabalho.

RESUMO

A determinação da vazão máxima instantânea de projeto com determinado risco é dificultada pela falta de registros históricos. Em função da pouca disponibilidade de dados instantâneos, a prática comum é a determinação de vazões máximas diárias.

No Brasil, na maioria dos postos fluviométricos são realizadas duas leituras diárias. O valor máximo da vazão diária adotado é o maior dos dois valores, o que não representa o máximo instantâneo ocorrido.

Neste estudo, são apresentadas análises de relações observadas entre valores de vazões máximas anuais diária, média e instantânea e parâmetros físicos de 38 sub-bacias hidrográficas situadas nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo, e pertencentes às bacias do Rio Paraná e Atlântico Sul-Trecho Sudeste.

A partir dos valores de vazões máximas anuais, foram determinados os coeficientes que representam a razão entre os valores.

A metodologia inicial utilizada é baseada na análise das variações destes coeficientes em função de parâmetros físicos das bacias em estudo. O ajuste do modelo Log-Pearson III às séries possibilitou a mesma análise com coeficientes estimados para períodos de retorno de 2, 5 10 e 25 anos.

Com análise de Regressão Múltipla, foram obtidas equações de relação para predição de vazões máximas instantâneas anuais para os locais onde esta não é medida de forma direta. A metodologia empregada foi avaliada através da sua aplicação em duas estações fluviográficas, não obtendo bons resultados nas estimativas.

Através da utilização do modelo hidrológico chuva-vazão do Soil Conservation Service, foi possível propor uma metodologia para determinação dos coeficientes considerando variáveis relativas à intensidade e instante de ocorrência da precipitação, assim

como às condições de cobertura e tipo do solo, normalmente difíceis de serem aferidas em pequenas bacias. Essa metodologia foi utilizada para estimar a relação em algumas bacias com dados, obtendo-se resultados convincentes.

ABSTRACT

Instantaneous maximum design discharge determination with an associated risk is difficult due to the lack of historical records. So, the common practice has been the determination of the maximum daily discharge.

In most of the river gauge sites in Brazil two daily readings are being taken. The greatest value among them is adopted as the maximum daily value, which, in fact, does not coincide with the real instantaneous maximum peak.

The present work presents an analysis of the observed relations between values of the maximum annual daily, mean and instantaneous discharge together with some physical parameters from 38 drainage sub-basins. These sub-basins are situated in the Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná and São Paulo states and belong to the Paraná River Basin and Atlântico Sul Sudeste Basin.

The utilized methodology is based on the variation of the coefficient's ratios between the annual and maximum values. It allows some conclusions about the real coefficient's variations, the estimated values adjusted through the Log-Pearson III Model towards the values of area, length, channel slope, concentration time and recurrence interval for the basins and analysed discharges.

The equations predicting the instantaneous maximum annual discharge were obtained through the use of multiple regression techniques for places where this value is not a direct measurement. This methodology was tested for two (2) river gauge sites and the results were not satisfying.

The use of the hydrological runoff model of the Soil Conservation Service made possible the development of a reliable methodology to determine those coefficients by taking into account the time and intensity of the rain as well as the land use properties and type of

soil. This methodology was applied to some catchments and compared to the available data, with good results.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	I
LISTA DE TABELAS.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
CAPÍTULO 1- ESTIMATIVA REGIONAL DA VAZÃO MÁXIMA INSTANTÂNEA	
1.1- Introdução.....	01
1.2- Definições.....	02
1.3- Objetivos.....	03
CAPÍTULO 2- ESTUDOS REGIONAIS PARA A ESTIMATIVA DA VAZÃO MÁXIMA INSTANTÂNEA.....	05
CAPÍTULO 3- REGIÃO EM ESTUDO E DADOS DISPONÍVEIS.....	15
3.1- Características Climática e Hidrológica.....	16
3.2- Seleção dos Postos Fluviográficos.....	19
3.3- Características Físicas das Bacias em Estudo.....	23
3.4- Distribuição Mensal da Ocorrência dos Eventos Máximos Anuais.....	27
3.5- Avaliação da Coleta de Dados.....	28
CAPÍTULO 4- ANÁLISES DAS RELAÇÕES ENTRE AS VAZÕES MÁXIMAS.....	31
4.1- Análise dos Coeficientes Médios de Relações das Vazões.....	31
4.2- Análise de Regressão Múltipla.....	43
4.3- Análise Probabilística - Modelos Considerados.....	48
4.4- Análise dos Coeficientes Estimados.....	52
CAPÍTULO 5- SIMULAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES MÁXIMAS.....	70
5.1- A Função de C_{max}	70
5.1.1- Parâmetros da Precipitação.....	71
5.1.2- Parâmetros da Bacia.....	73
5.2- Definição dos Parâmetros.....	74
5.3- Metodologia de Estimativa do Coeficiente C_{max}	74
5.4- Variabilidade em Função dos Parâmetros.....	76
5.5- Comparação da Metodologia com os Dados Disponíveis.....	79

CAPÍTULO 6- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....85

Referências.....89

ANEXOS

Anexo A- Características das Seções Analisadas.....A-I

Anexo B- Vazões Máximas Anuais em m³/s.....A-V

Anexo C- Ajuste Empírico (Figuras).....A-VIII

Anexo D- Ajuste Empírico.....A-XXI

Anexo E- Ajuste de Log-Pearson III.....A-XXVII

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Q_i - Vazão máxima instantânea.

Q_{max} - Vazão máxima diária.

Q_{med} - Vazão máxima média diária.

Q_{mi} - Menor valor de vazão registrado no dia de ocorrência do pico.

A - Área da bacia hidrográfica, km^2 .

a, b, c, d, e, f, g, n - coeficientes.

H_m - Altitude média da bacia, m.

Q_1 - Vazão máxima média diária no dia antecedente ao pico da cheia.

Q_2 - Vazão máxima média diária no dia do pico da cheia.

Q_3 - Vazão máxima média diária no dia posterior ao pico da cheia.

Q_{ip} - Vazão máxima instantânea predita.

K - Tempo de base do hidrograma.

R - Razão entre Q_i e Q_{ip} .

KR - Tempo de base do hidrograma expresso em termos de R .

S - Declividade do rio principal, m/km.

L - Comprimento do rio principal, km.

T_i - Tempo de percurso da água em cada sub-trecho do perfil do rio, s.

S_i - Declividade em cada sub-trecho, m/km.

L_i - Comprimento de cada sub-trecho, km.

R_h - Raio hidráulico constante da seção, m.

L - Comprimento total do rio, km.

T - Tempo total de percurso no trecho do rio, s.

t_c - Tempo de concentração da bacia, horas.

c_{max} - Razão Q_i/Q_{max} .

c_{med} - Razão Q_i/Q_{med} .

C_{max} - Valor médio de c_{max} em cada bacia.

C_{med} - Valor médio de c_{med} em cada bacia.

DP_{max} - Desvio padrão de C_{max} em cada bacia.

DP_{med} - Desvio padrão de C_{med} em cada bacia.

N - Número de ordem de cada bacia.

n - Número de eventos analisados em cada bacia.

R^2 - Coeficiente de correlação linear múltipla.

QMDR - Quadrados médios devido a regressão.

QMRR - Quadrados médios em relação a regressão.

SQRM - Soma dos quadrados médios em relação a média.

SQRR - Soma dos quadrados médios em relação a regressão.

SQDR - Soma dos quadrados médios devido a regressão.

P(i) - Probabilidade associada a cada evento pelo ajuste empírico.

Q - Vazão (quantil), m^3/s .

TR - Tempo de retorno, anos.

M - Média dos valores amostrais, m^3/s

D - Desvio padrão dos valores amostrais, m^3/s .

G - Coeficiente de assimetria dos valores amostrais - Ajuste Log-Pearson III.

Kf - Fator de frequência.

$C_{e_{max}}$ - Coeficiente C_{max} estimado.

$C_{e_{med}}$ - Coeficiente C_{med} estimado.

m - Número de parâmetros relacionados à precipitação - Método de Chicago.

p - Número de parâmetros relacionados com as características da bacia.

ϕ_i - Parâmetros da precipitação.

θ_j - Parâmetros das características da bacia.

I - Intensidade da precipitação, mm/h.

t - Duração da precipitação, min.

γ - Fator da duração t da precipitação localizador do pico do hietograma.

t_b - Período antes do pico do hietograma, min.

t_a - Período após o pico do hietograma, min.

τ - Instante da análise, min.

P - Precipitação total com duração t , mm.

P_e - Precipitação efetiva, mm.

I_a - Perdas iniciais, mm.

C - Capacidade de armazenamento, mm.

CN - "Curve Number". Parâmetro de tipo e uso do solo do modelo Soil Conservation Service.

Qp - Vazão de pico do Hidrograma Unitário do método SCS, m³/s.

Δt - Intervalo de tempo da precipitação, min.

tp - Tempo de pico do hidrograma, min.

to - Instante de início da precipitação, min.

ξ1 - Valor aleatório gerado da distribuição uniforme relacionado ao to.

ξ2 - Valor aleatório gerado da distribuição uniforme relacionado ao γ.

m - Número de intervalos de tempo de análise em 1 dia.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 3.1. Postos fluviográficos selecionados.....	20
Tabela 3.2. Resumo das características dimensionais das bacias e dos dados.....	23
Tabela 3.3. Períodos em análise para cada bacia.....	24
Tabela 3.4. Parâmetros físicos e tempo de concentração das bacias.....	26
Tabela 4.1. Coeficientes observados.....	33
Tabela 4.2. Equações de relação estabelecidas.....	47
Tabela 4.3. Comparação entre os valores observados e estimados.....	48
Tabela 4.4. Coeficientes estimados por Log-Pearson III.....	53
Tabela 4.5. Valores médios dos coeficientes estimados por Log-Pearson III.....	55
Tabela 5.1. Coeficientes das equações IDF.....	76

Tabelas 5.2a. Valores do coeficiente C_{max} para valores de t_c , CN e TR com base na IDF de São Paulo.....	79
Tabela 5.2b. Valores do coeficiente C_{max} para valores de t_c , CN e TR com base na IDF de Porto Alegre.....	79
Tabela 5.3. Coeficientes das equações IDF para as cidades analisadas.....	80
Tabela 5.4. Coeficientes estimados pelo ajuste empírico.....	81
Tabela 5.5a. Coeficientes estimados para a bacia 3.....	81
Tabela 5.5b. Desvios padrão dos coeficientes estimados para a bacia 3.....	81
Tabela 5.6a. Coeficientes estimados para a bacia 24.....	81
Tabela 5.6b. Desvios padrão dos coeficientes estimados para a bacia 24.....	81
Tabela 5.7a. Coeficientes estimados para a bacia 29.....	81
Tabela 5.7b. Desvios padrão dos coeficientes estimados para a bacia 29.....	81

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Hidrograma de cheia.....	03
Figura 2.1. Vazão e tempo de pico em função das vazões máximas diárias.....	08
Figura 2.2. Relação entre KR e K.....	12
Figura 3.1. Bacias hidrográficas em estudo.....	15
Figura 3.2a. Visualização da distribuição dos postos analisados (por bacia).....	21
Figura 3.2b. Visualização da distribuição dos postos analisados (por Estado).....	21
Figura 3.3. Frequência das bacias de acordo com os valores de área.....	22
Figura 3.4. Distribuição mensal percentual da ocorrência dos eventos.....	27
Figuras 4.1a e 4.1b. Variação dos coeficientes em torno dos valores médios.....	34
Figuras 4.2a e 4.2b. Relação entre os coeficientes e a área.....	36
Figuras 4.3a e 4.3b. Relação entre os desvios padrão e a área.....	37
Figuras 4.4a. e 4.4b. Relação entre os coeficientes e comprimento de rio	38
Figuras 4.5a e 4.5b. Relação entre os desvios padrão e comprimento de rio	39

	Página
Figuras 4.6a e 4.6b. Relação entre os coeficientes e declividade.....	40
Figuras 4.7a e 4.7b. Relação entre os desvios padrão e declividade	41
Figura 4.8. Relação entre $C_{e_{max}}$ e TR para as bacias com série maior que 5 anos.....	58
Figura 4.9. Relação entre C_{med} e TR para as bacias com série maior que 5 anos.....	59
Figuras 4.10a a 4.11b. Relação entre os coeficientes estimados e as áreas das bacias.....	60
Figuras 4.12 e 4.13. Relação entre os coeficientes e TR para bacias com séries até 9 anos.....	62
Figuras 4.14 e 4.15. Relação entre os coeficientes e TR para bacias com séries maiores que 9 anos.....	64
Figuras 4.16a e 4.16b. Relação entre os coeficientes estimados e tempo de concentração para TR=2anos.....	66
Figuras 4.17a e 4.17b. Relação entre os coeficientes estimados e tempo de concentração para TR=5anos.....	67
Figuras 4.18a e 4.18b. Relação entre os coeficientes estimados e tempo de concentração para TR=10anos.....	68
Figuras 4.19a e 4.19b. Relação entre os coeficientes estimados e tempo de concentração para TR=25anos.....	69

Figura 5.1. Características do hietograma definido pelo método de Chicago.....	72
Figuras 5.2a e 5.2b. Resultados da simulação para a curva IDF da cidade de São Paulo.....	77
Figuras 5.3a e 5.3b. Resultados da simulação para a curva IDF da cidade de São Paulo.....	78
Figuras 5.4 a 5.6. Resultados da simulação para as bacias 3, 24 e 29.....	83



1- ESTIMATIVA REGIONAL DA VAZÃO MÁXIMA INSTANTÂNEA

1.1- Introdução

O dimensionamento de algumas obras hidráulicas é realizado em função da vazão de projeto obtida a partir de métodos sintéticos ou com base em dados observados, quando existem.

Os métodos sintéticos são limitados devido à incerteza inerente na definição dos parâmetros dos modelos que transformam a precipitação em vazão, além da desassociação entre os fatores determinantes nos processos de formação destas variáveis. Os dados observados, quando existem, são freqüentemente inadequados, pois a maioria dos postos registram apenas dois valores diários de níveis.

É importante destacar que, por mais precisa que seja, nenhuma metodologia é capaz de fornecer resultados condizentes com a realidade se as informações e dados utilizados não forem adequados, representativos e consistentes para o objetivo proposto.

Nos projetos de obras de controle de inundações como bueiros, condutos e vertedouros, é necessário conhecer a vazão máxima instantânea de projeto, com risco definido. No Brasil, os postos de hidrometria que permitem o conhecimento contínuo dos níveis dos rios em todas as condições de descarga são bastante escassos. Geralmente, os locais que dispõem de aparelhos de medição contínua de vazão são aqueles que possuem potencial para aproveitamento energético, drenam áreas de grandes extensões ou se localizam próximos aos grandes centros urbanos.

Desta forma, a determinação da vazão máxima instantânea de projeto para locais que não possuem medições contínuas de descarga se faz por metodologias que se baseiam nas informações disponíveis. Quando se dispõe de valores de vazões diárias, faz-se a utilização de coeficientes que permitem relacionar os valores medidos com o máximo ocorrido. Caso contrário, adotam-se metodologias de transposição ou regionalização de dados obtidos em outros locais.

Estes processos geram incertezas muitas vezes significativas nos valores obtidos. Geralmente, os modelos utilizados foram desenvolvidos para condições físicas, climáticas e hidrológicas particulares que nem sempre equivalem às condições regionais em estudo.

Devido à importância destas condições no processo de formação das cheias, a aplicação destes modelos pode gerar valores inadequados.

A vazão máxima instantânea, Q_i , é definida aqui como a maior vazão ocorrida num dado período. A vazão máxima diária, Q_{max} , é a maior vazão obtida das leituras da régua por observadores (sem linígrafo). A vazão média máxima diária, Q_{med} , é a média das vazões observadas na régua.

1.2- Definições

A maioria dos postos fluviométricos possuem somente leituras de dois ou três valores durante o dia. Portanto, o uso desses dados tem embutido a incerteza sobre o valor da vazão máxima instantânea.

As características dos dados observados por leitura de régua e os valores contínuos são apresentados na Figura 1.1, supondo duas leituras diárias. Onde são apresentadas as seguintes variáveis:

- . Q_i -vazão máxima instantânea;
- . Q_{max} -vazão máxima diária;
- . Q_{mi} -menor vazão registrada no dia;
- . Q_{med} -vazão média máxima diária;
- . e_1 -valor da diferença entre Q_i e Q_{max} e,
- . e_2 - valor da diferença entre Q_i e Q_{med} .

A diferença entre Q_i e Q_{max} varia em função dos seguintes parâmetros:

- . tamanho da bacia;
- . declividade e comprimento do rio;
- . amortecimento;

. ocorrência da precipitação no tempo e no espaço.

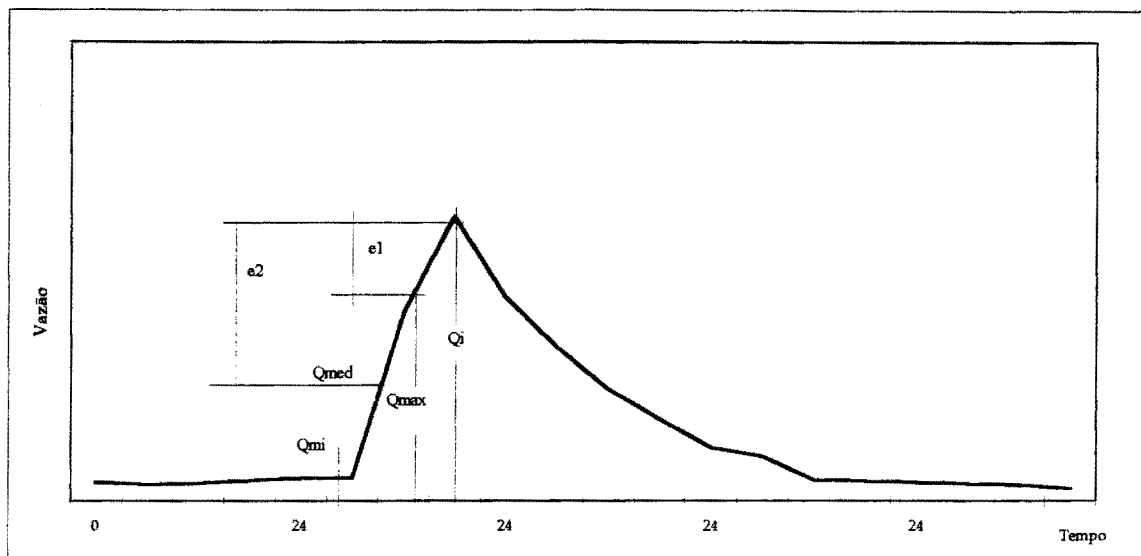


Figura 1.1. Hidrograma de cheia.

A diferença entre estas variáveis tende a diminuir com o tamanho da bacia. Portanto, o erro em utilizar a vazão diária para representar a vazão máxima instantânea é maior para pequenas bacias.

1.3- Objetivos

O objetivo geral deste estudo é estabelecer elementos que permitam estimar a vazão máxima instantânea a partir da vazão máxima diária, ou da vazão média máxima diária, e das características físicas e hidrológicas das bacias.

Os objetivos específicos são:

- 1- Composição de séries de vazões máximas anuais ocorridas em bacias brasileiras;
- 2- Análise das relações entre os coeficientes obtidos das vazões máximas e algumas características físicas e hidrológicas destas bacias;
- 3- Análise de Regressão Múltipla para os coeficientes e parâmetros físicos e hidrológicos;

4- Ajuste de modelos de distribuição de probabilidades às séries e análise dos citados coeficientes com probabilidades associadas e,

5- Elaboração de um modelo hidrológico para estimativa da vazão máxima instantânea.

Para analisar os critérios revisados e propostos aqui, foram utilizados dados hidrológicos dos Estados de São Paulo e da região sul do Brasil para bacias de diferentes dimensões, que possuíam registros simultâneos de régua e linígrafo.



2- ESTUDOS REGIONAIS PARA A ESTIMATIVA DA VAZÃO MÁXIMA INSTANTÂNEA

A utilização de dados hidrológicos para a definição da vazão máxima de projeto em pequenas bacias hidrográficas é freqüentemente limitada pela escassez de informações hidrológicas necessárias.

A prática corrente de determinação da vazão de projeto no Brasil baseia-se numa das alternativas seguintes:

- 1) Ajuste de distribuição estatística à série de vazões máximas obtida a partir do nível máximo diário. Este nível, quando não existe linígrafo, é o maior valor de duas observações diárias;
- 2) Com base na precipitação, através de modelos hidrológicos onde os parâmetros são estimados empiricamente com base nas características da bacia ou ajustado ao mesmo tipo de dado acima mencionado;
- 3) Funções que relacionam a máxima diária e a máxima instantânea obtidas com base em dados de outros países.

No Brasil, a elaboração de estudos que visam a estimativa da vazão instantânea em função de dados existentes é bastante escassa. Foi possível verificar que nos Estados Unidos, Canadá e na Europa, foi analisada a variação entre os valores buscando relacioná-la com dados de fácil obtenção como, principalmente, a área de drenagem.

Os estudos realizados evidenciaram que as expressões desenvolvidas estão longe de possuírem caráter universal devido à considerável influência que os fatores climáticos, físicos e hidrológicos exercem no processo de formação e deslocamento de uma onda de cheia, e a variabilidade espacial dos mesmos.

As equações estabelecidas para a estimativa do pico de cheia são baseadas no conceito de regionalização, com base em observações realizadas sobre a variação da razão entre as vazões máximas média e instantânea em função das características da bacia.

Determinando-se uma regressão entre os valores observados da razão e as características, obtém-se as equações para a região estudada.

Deve-se sempre atentar para a característica regional destas equações, considerando, também, que as regiões hidrológicas apresentam variações temporais em suas características físicas e geomorfológicas. Além disso, existe a dificuldade de se avaliar corretamente as características que influenciam de formas direta e indireta a relação procurada.

Outro cuidado na aplicação das equações deve ser quanto à verificação da homogeneidade do período e quanto à amplitude do intervalo para os quais estas foram obtidas.

O tipo de equação empírica mais comum é o que relaciona o coeficiente de relação entre os valores de vazões máximas média diária e instantânea anuais com a área da bacia:

$$C = a A^b \quad (2.1)$$

onde C é a razão entre os valores; a e b são parâmetros próprios da região; A é área da bacia.

A expressão de relação proposta por Fuller, citada por Rémenieras em 1985, é largamente utilizada. Esta foi elaborada com base na distribuição estatística entre séries de vazão máxima instantânea e vazão média diária do rio Tohickson nos EUA:

$$(Q_{ins} - Q_{med}) / Q_{med} = 2A^{-0,30} \quad (2.2)$$

onde Q_{ins} é vazão máxima instantânea (m^3/s); Q_{med} , vazão máxima média diária (m^3/s); A, a área da bacia (km^2). As séries analisadas não se referiam, necessariamente, a vazões ocorridas no mesmo dia, considerando, assim, o desenvolvimento temporal da onda de cheia. Fuller observou que a vazão instantânea foi sempre maior que a vazão média para

todas as cheias analisadas e postulou que a diferença entre estes valores diminui com o aumento da área de drenagem da bacia devido ao amortecimento da cheia que se verifica em bacias com grandes áreas. Sua expressão é bastante difundida por seu pioneirismo e praticidade.

Posteriormente, Ellis e Gray (1966), utilizando dados da região central do Canadá, vieram a confirmar a expressão de Fuller para as condições locais. Foi observado que, de forma geral, a relação entre os valores das vazões medida e instantaneamente ocorrida varia apenas em função da área efetiva de drenagem da bacia e coeficientes que dependem da região estudada, válidos para limites de áreas determinados. A área efetiva de drenagem da bacia é considerada como a área total subtraída daquela que não contribui para o fluxo médio anual (Stichling e Blackwell, 1957). A porção subtraída se refere às regiões com poder de retenção, como pântanos e depressões, e às áreas de montante que deslocam parte da cheia para canais secundários no momento de desenvolvimento do pico.

Jarvis et al (1936) apresentaram a análise de hidrogramas com os dias de ocorrência dos valores máximos instantâneos e os volumes diários. Eles concluíram que os dados não permitiam uma análise generalizada. Sugeriram uma aproximação para a estimativa da vazão máxima instantânea através da plotagem das vazões médias diária como ordenada. Com o esboço do hidrograma de forma tal que os volumes diários se mantivessem inalterados, o pico do hidrograma era estimada de forma gráfica. Este método é objeto ainda de julgamento e, segundo Sangal (1983) não é adequado para pequenas bacias.

Langbein (1944), apud Gray (1973) estudou a relação em termos das razões entre as vazões diárias ocorridas nos dias anterior e posterior ao pico. Através de ábaco desenvolvido pelo autor (Figura 2.2), é possível determinar os valores de vazão e tempo de pico em função das razões entre os máximos valores de descarga nos dias anterior e posterior.

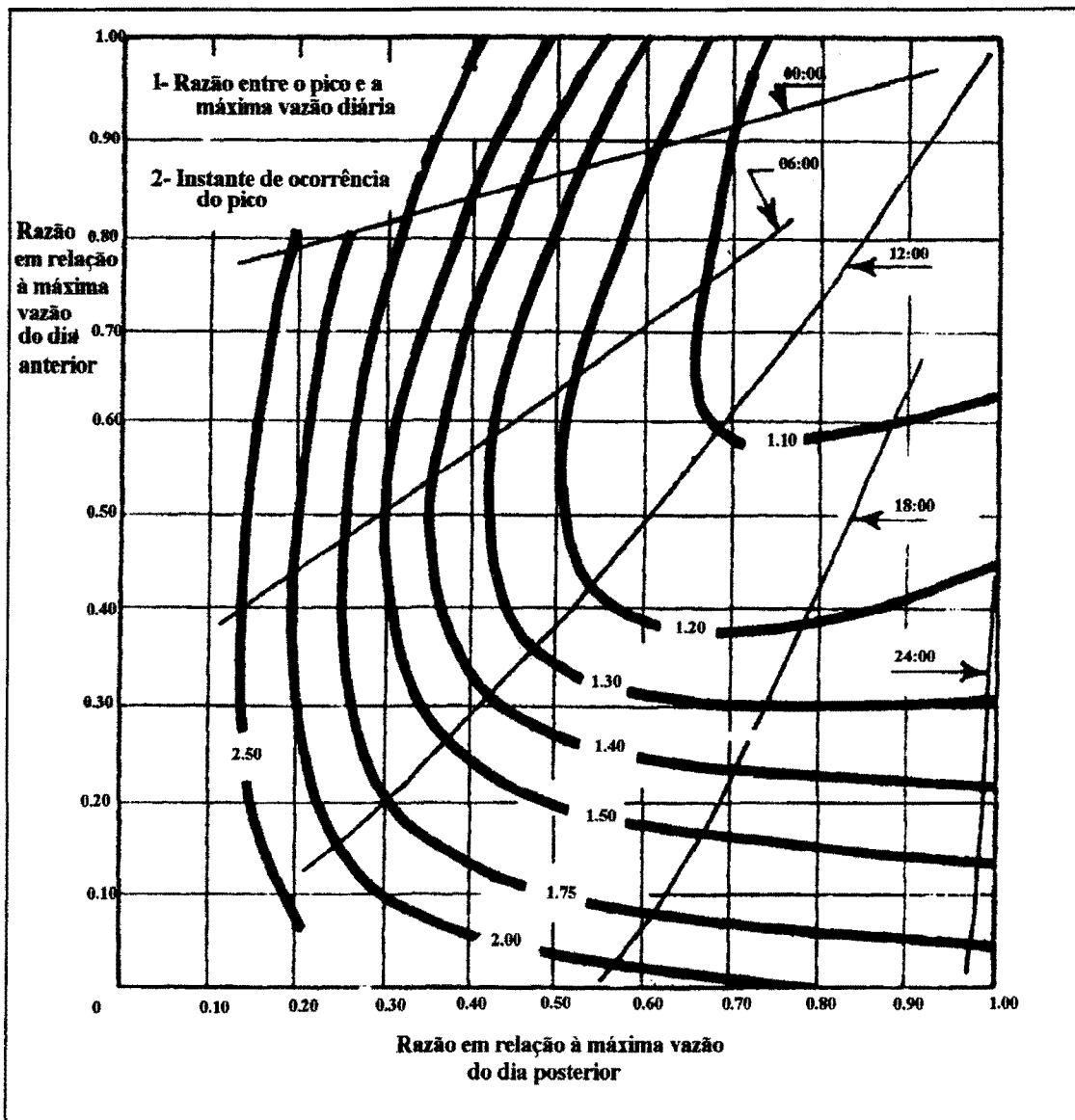


Figura 2.1. Vazão e tempo de pico em função das vazões máximas diárias. (Gray, 1973)

Este produto fornecido neste estudo pode ser um bom estimador dos coeficientes objetivados neste estudo. No entanto, ainda não foi realizada a sua validação para dados de bacias brasileiras. Uma forte justificativa para a necessidade de sua validação é a oportunidade que este fornece de se determinar, além dos coeficientes de relação entre as vazões, o horário de ocorrência do pico de cheia do hidrograma. Este dado é de difícil determinação, mesmo quando se obtém o hidrograma medido. Os linigramas analisados

neste estudo evidenciaram a dificuldade de se efetuar o acompanhamento temporal do hidrograma de cheia.

Canuti e Moiseo (1981) analisaram a relação considerando, além da área, a altitude média da bacia. A expressão obtida é a seguinte:

$$Q_i = (11,72A^{-0,100}H_m^{-0,181})Q_{med} \quad \text{para as regiões da Liguria e Toscana. (2.3)}$$

onde Q_i é a vazão máxima instantânea (m^3/s); Q_{med} a vazão média diária (m^3/s); e H_m é a altitude média da bacia (m). Não foi possível, até aqui, a obtenção de parâmetros de indicação da qualidade do ajuste e a bibliografia consultada não apresentou as unidades das variáveis envolvidas nas expressões.

São apresentadas a seguir as conclusões de alguns autores que analisaram a relação para bacias hidrográficas italianas citadas por Canuti e Moiseo (1981). As expressões obtidas são somente em função da área de drenagem. Novamente a elaboração dos estudos foi na linha proposta por Fuller e as alterações obtidas nos coeficientes originais deve-se à adequação às condições analisadas. As expressões citadas são:

- Tonini (1939):

$$Q_i = (1 + 68A^{-0,50})Q_{med} \quad (2.4)$$

- Cotecchia (1965):

$$Q_i = (32A^{-0,313})Q_{med} \quad \text{para áreas de drenagem (A) maiores que } 120 \text{ km}^2. \quad (2.5a)$$

e

$$Q_i = (16A^{-0,190})Q_{med} \quad \text{para áreas de drenagem menores que } 120 \text{ Km}^2. \quad (2.5b)$$

- Tonini (1969):

$$Q_i = (2,39A^{-0,112})Q_{med} \quad (2.6)$$

Outros estudos na mesma região tentaram validar a expressão de Fuller para condições particulares e analisar a influência de outros parâmetros, além da área de drenagem somente, na relação entre os valores das vazões.

Segundo Correia (1983), alguns autores italianos buscaram considerar a relação entre as vazões em função da frequência de ocorrência das cheias:

- Lazzari (1968):

$$Q_i(T) = 1,35(1,08Z(TR))Q_{med}(TR) \text{ para a região ocidental da Sardenha. } (2.7a)$$

e

$$Q_i(T) = 1,36(1,07Z(TR))Q_{med}(TR) \text{ para a região oriental da Sardenha. } (2.7b)$$

onde o índice (TR) é o período de retorno, em anos, associado ao evento e Z é a variável normal reduzida da distribuição de Gauss correspondente a TR.

- Versace e Principato (1977):

$$Q_i(T) = rQ_{med}(TR) \quad (2.8)$$

onde r é uma variável aleatória, log-normal, independente da área; de acordo com estudo de 16 bacias hidrográficas da Calábria com áreas inferiores a 600 km².

Estas expressões têm o uso marcadamente regional e, até o presente momento, não foi identificado o grau de confiabilidade e adequabilidade das mesmas através da análise de parâmetros de identificação da qualidade dos ajustes. Tampouco foi possível a identificação das unidades das diversas variáveis envolvidas. Sendo assim, não se faz aqui a indicação do uso destas expressões sem o devido cuidado de se pesquisar mais detalhadamente a respeito das mesmas em bibliografia original.

Sangal (1983), analisou 387 postos fluviográficos do Canadá com áreas de drenagem de até 100.000 km². Nestes, foram selecionados 3946 hidrogramas registrados até 1979. As variáveis utilizadas no método são as vazões médias diárias de três dias consecutivos, com o valor máximo ocupando a posição central.

De acordo com o estudo, a razão entre a vazão máxima instantânea e a máxima média diária depende do tempo de base do hidrograma, da sua forma e do tempo de pico. Portanto, conhecendo-se o instante de ocorrência do pico e a forma do hidrograma, é possível verificar o comportamento da variação da razão entre os valores.

Foram considerados três dias para a definição do hidrograma, obtendo-se a equação básica que pode ser utilizada para prever o pico de acordo com os dados utilizados:

$$Q_{ip} = (4Q_2 - Q_1 - Q_3) / 2 \quad (2.9)$$

onde Q_{ip} é a vazão máxima instantânea; Q_2 , vazão máxima média diária correspondente ao dia de ocorrência do pico; Q_1 , vazão média diária antecedente a Q_i ; Q_3 , vazão média diária posterior ao pico.

A base do hidrograma triangular, que pode ser calculado pelo método do U. S. Soil Conservation Service ou qualquer outro método de hidrograma sintético, é representada neste método por um fator denominado K que é expressado como uma fração de dia. De acordo com análise dos hidrogramas, K pode ser determinado, dispondo-se de dados registrados, por:

$$K = 4Q_2 - 2Q_1 - 2Q_3 / (2Q_i - Q_1 - Q_3) \quad (2.10)$$

onde Q_i é a vazão máxima instantânea real.

Como $Q_i \geq Q_2$, $K \leq 2$. Além disso, o mínimo valor do numerador é zero pois Q_2 não é menor que Q_1 ou Q_3 . Então, $0 \leq K \leq 2$.

A razão entre a vazão máxima instantânea real e a predita pela equação sugerida foi definida por R como:

$$R = Q_i / Q_{ip} \quad (2.11)$$

Logo, K em função de R (KR) é expresso por:

$$KR = 4Q_2 - 2Q_1 - 2Q_3 / (4Q_2 - Q_1 - Q_3 - ((Q_1 + Q_3) / R)) \quad (2.12)$$

Esta equação fornece a seguinte análise:

Se $R > 1$, então $KR < 1$

Se $R = 1$, então $KR = K = 1$

Se $R < 1$, então $KR > 1$ e $K > 1$

Plotando KR versus K, todos os pontos possíveis estão incluídos em dois triângulos (Figura 2.3). O primeiro, definido pelos pontos 0,0; 0,1; 1,1, corresponde à região de subestimativa da equação 2.9; e o segundo, definido pelos pontos 1,1; 2,1; 2,2, à região de superestimativa. A linha $KR = K$ é a linha de exata estimativa.

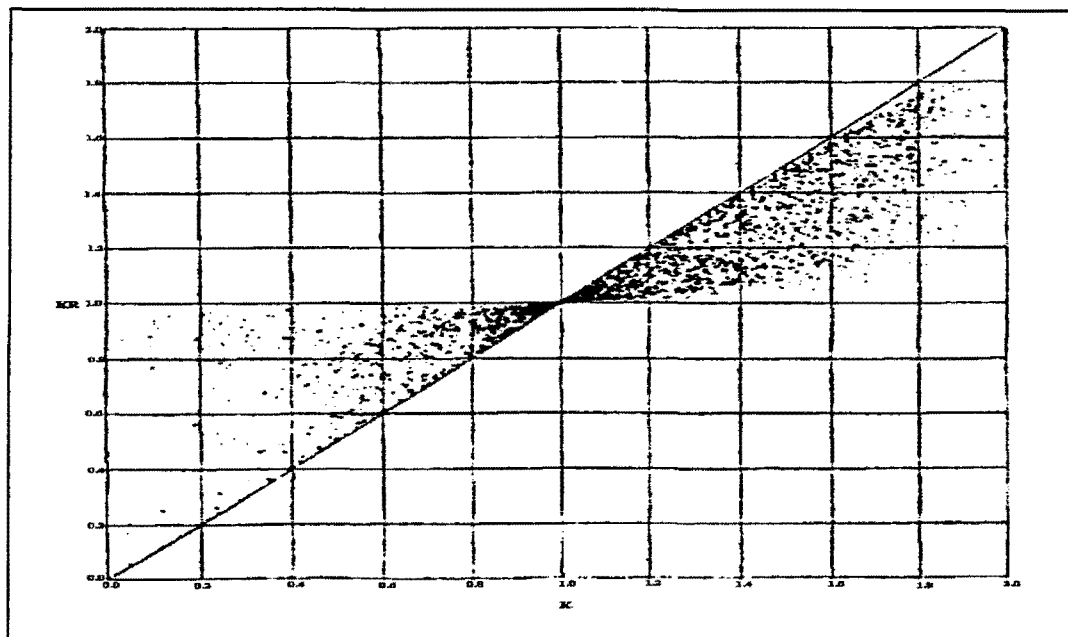


Figura 2.2. Relação entre KR e K. (Sangal, 1983).

Na maioria dos casos testados no estudo, o pico de cheia foi estimado com razoável segurança pela equação sugerida. Constatou-se, porém, que 57% dos valores preditos possuíam incerteza de $\pm 10\%$ e 79% de 20%. O menor valor de R obtido foi de 0,6. Mais de

62% dos R's foram menor que 1, indicando o grau de superestimativa. O estudo conclui que a técnica sugerida pode estimar a vazão máxima instantânea com considerável precisão para as cheias da região, especialmente aquelas originadas de degelos.

Em Portugal, Correia (1983) verificou a expressão de Fuller para as condições do país e estabeleceu um modelo de relação entre as máximas vazões médias diárias anuais e as instantâneas anuais.

Para o estudo, foram utilizados dados de 12 estações hidrométricas que cobriam, razoavelmente, todo o país de Portugal. Foi determinado o coeficiente de relação para cada posto e concluiu-se que, para o conjunto de dados analisados, não houve forte relação entre os coeficientes e as áreas das bacias, não havendo, portanto, razão para admitir que a expressão de Fuller, em bacias portuguesas com áreas compreendidas entre 4 e 3500 km², seja adequada. A cada uma das 12 bacias consideradas foi aplicado um modelo de regressão linear simples do tipo:

$$Q_i = aQ_{\max} + b \quad (2.13)$$

onde Q_i é vazão instantânea (m³/s); Q_{\max} , vazão máxima diária (m³/s); a e b, parâmetros estimados por mínimos quadrados a partir dos dados.

O modelo aplicado, descrito por Graybill (1976), baseia-se na distribuição multivariada de Student. Correia obteve a seguinte expressão que traduz a relação entre Q_i e Q_{\max} para o conjunto do território continental português:

$$Q_i = 2,10Q_{\max} \quad (2.14)$$

Esta expressão, que apresentou uma variância explicada de 0,67 ao nível de significância de 0,10, aplica-se aos cursos d'água estudados ou a outros que possuam comportamento hidrológico semelhante, por se localizarem na mesma região e as suas bacias possuírem características fisiográficas semelhantes. O autor enfatiza o elevado grau de

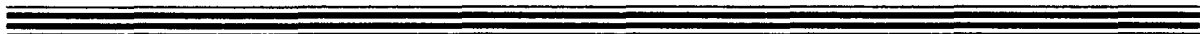
incerteza envolvido na extrapolação dos resultados para outros rios em que não se dispõe de dados.

No Brasil, Tucci et al (1991) ajustaram uma curva do tipo usado por Fuller para 9 postos, com cerca de 6 eventos, nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina e obtiveram a seguinte expressão:

$$(Q_i - Q_{\max}) / Q_{\max} = 15,03A^{-0,59} \quad (2.15)$$

Infelizmente, a utilização desta expressão é limitada em função da falta de dados de postos de bacias pequenas. O número de postos que dispunham de linígrafos foi pequeno e apresentaram inconsistências, o que exigiu a reunião de dados de outras bacias para permitir uma amostra aceitável. Não foram apresentados no estudo parâmetros de qualidade do ajuste.

A diversidade destas equações evidencia o caráter regional do problema de definição da vazão de projeto instantânea a partir de dados disponíveis. Sempre que possível, o valor da vazão máxima instantânea deve ser estimado a partir de dados da bacia hidrográfica, ou de bacias próximas com características análogas, a partir de modelos de relação desenvolvidos para a região em estudo.



3- REGIÃO EM ESTUDO E DADOS DISPONÍVEIS

Este estudo foi desenvolvido com dados de 4 Estados brasileiros: São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em relação à divisão adota pelo DNAEE, a região localiza-se nas bacias do Rio Paraná e Atlântico Sul-Trecho Sudeste (Figura 3.1). Os dados selecionados foram limitados a bacias de até 5000km², onde se espera que a relação entre os valores das vazões máximas seja significativa.

Os cursos d'água analisados para a elaboração deste trabalho foram escolhidos em função da ordem de grandeza das áreas de drenagem às quais estes pertencem, do tipo de medições hidrométricas neles realizadas e também da possibilidade de viabilidade de se realizar a coleta das informações necessárias.

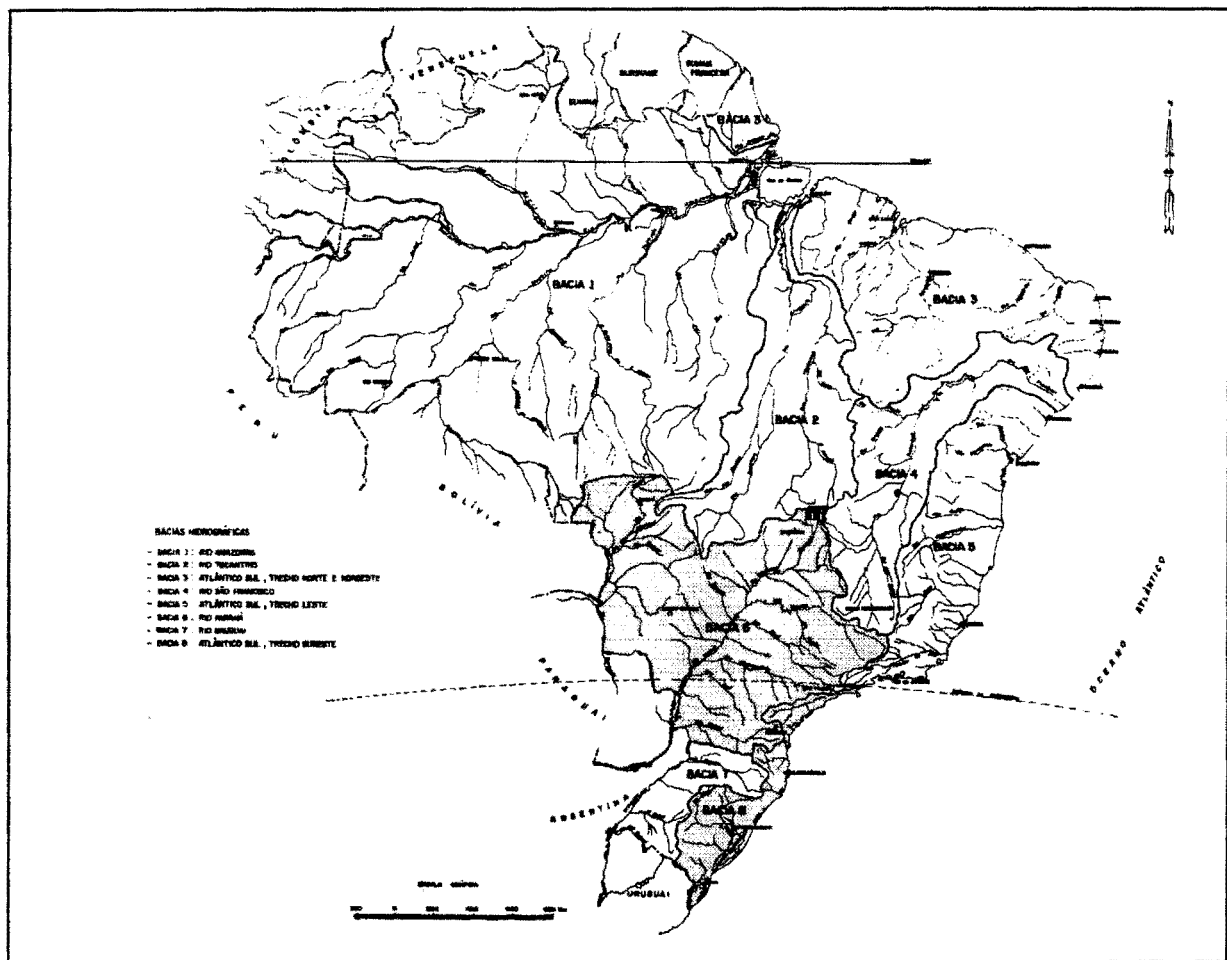


Figura 3.1- Bacias hidrográficas em estudo. (MME/DNAEE, 1987)

3.1- Características Climática e Hidrológica

Rio Grande do Sul

Moreno (1961) analisou o clima do Rio Grande do Sul e menciona que existe grande divergência na sua classificação. Segundo o autor, o clima se identifica, pela classificação de Koeppen, como enquadrado na “zona fundamental temperada” e no tipo “temperado úmido”, com algumas partes do Estado classificadas como: subtropical- chuvas durante todos os meses e temperatura do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C; e temperado- chuvas durante todos os meses e temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C.

O Estado tem seu clima caracterizado pelo movimento das massas polares provenientes do sul no inverno, provocando precipitações frontais. No verão, as massas polares se enfraquecem ao interagirem com os movimentos provenientes do Atlântico, gerando as precipitações convectivas. Durante o inverno, há a ocorrência de precipitações de longa duração e baixa intensidade, ao contrário da ocorrência predominante no período do verão. O “ano hidrológico” é assumido como sendo de maio a abril pois, apesar de não ocorrer na região um marcante período seco, o período chuvoso ocorre entre os meses de maio a setembro e o período seco de outubro a abril.

O sistema fluvial é caracterizado por rios, lagoas e estuários condicionados às elevações do planalto, serra, depressão central e escudo. Duas grandes bacias hidrográficas são identificadas: a do rio Uruguai e a do Atlântico Leste, sendo que a primeira deságua no Rio Plata e a segunda para as Lagoas Mirim e dos Patos.

Santa Catarina

Os rios catarinenses se dirigem para duas vertentes: a do Atlântico e a do Paraná. Como quase todos os rios brasileiros, são de regime pluvial, isto é, a maior ou menor quantidade e

frequência das chuvas é decisiva para explicar e condicionar os valores sucessivos de seus débitos.

O regime pluviométrico do Estado e de áreas próximas é caracterizado pela relativa regularidade da distribuição do montante de chuvas anuais. Não se pode considerar a existência de uma estação seca, e sim de uma menos chuvosa. Esta corresponde ao inverno. Quanto aos meses mais chuvosos, nota-se bastante diferenciação entre as áreas do Estado; mas, de um modo geral, na primavera e no verão, as precipitações se tornam mais volumosas. O mês de janeiro é, com maior frequência, o de maior índice pluviométrico em quase todo o Estado.

Pela classificação de Koeppen, Santa Catarina situa-se no grupo de clima tipo mesotérmico úmido (“C”), sem estação seca, de forma geral, com os sub-tipos “verão quente” (“Cfa”) e “verão brando” (“Cfb”). O clima Cfa compreende duas faixas principais: uma litorânea e outra nas adjacências do vale do Uruguai, com prolongamento para o norte. O sub-tipo Cfb corresponde à área mais elevada do Estado, compreendida pelas Zonas de Campos (Lajes, Planalto de Canoinhas e áreas dos altos cursos dos tributários do Uruguai).

Influem em Santa Catarina o centro de alta pressão do Atlântico Sul e as correntes de massas polares. O primeiro é responsável pelos alísios de E e NE predominantes que são perturbados, notoriamente no inverno, pelas massas de ar frio SE.

Paraná

Segundo a classificação de Koeppen, os climas encontrados no território paranaense são os do tipo mesotérmico Cw e Cf. O primeiro ao norte, noroeste e nordeste, com estação seca no inverno, e o segundo, sem estação seca normal, nos demais quadrantes.

Como Estado de clima essencialmente temperado, as temperaturas no Paraná, em geral, são baixas e as amplitudes térmicas anuais relativamente altas em quase todo o território.

Todo o território paranaense é dominado pelas massas de ar tropicais marítimas e polares. Junto com as influências orográficas, estes fatores explicam os gradientes de temperatura regionais.

A pluviosidade apresenta variações no Estado e não é distribuída uniformemente ao longo do ano. As mais elevadas precipitações anuais são registradas na região do litoral, com total de 1900mm. Outra região muito chuvosa é encontrada no sul, oeste, sudoeste e noroeste, com variação de 1600 a 1700mm anuais. As áreas menos chuvosas do Estado estão na zona próxima ao Estado de São Paulo, com cerca de 1200mm anuais.

São Paulo

Com exceção da rede litorânea, os cursos d'água fazem parte da bacia do Rio Paraná e correm em direção ao noroeste. A fluviometria é, em grande parte, influenciada pela distribuição de chuvas, visto que as vazões são essencialmente supridas pelo escoamento superficial e por aquíferos rasos. O pico das cheias ocorre, geralmente, em fevereiro/março e as vazões mínimas em agosto/setembro.

O trópico de Capricórnio corta a extremidade sul do Estado. O clima pode ser classificado como subtropical, embora haja a possibilidade de ocorrência de eventuais geadas. As principais influências sobre o clima são as massas de ar frio provenientes do sul e as massas tropicais de ar quente e úmido do norte. Na frente de encontro, o ar quente, sendo menos denso, desloca-se para as camadas superiores mais frias da atmosfera, onde é resfriado. O vapor de água é então condensado e precipita-se sob forma de chuva intensa e prolongada. A frente acompanha a posição do sol nas diferentes estações, atingindo a latitude mais extrema ao sul (cerca de 25° sul) no verão. Portanto, nesta estação (outubro a março) as precipitações em São Paulo se caracterizam pela grande intensidade. No inverno, a frente se desloca para o extremo norte predominando a influência das massas de ar frio vindas do sul.

As precipitações que ocorrem nesta estação são, geralmente, eventuais, localizadas e de curta duração. Elas são, comumente, devidas às correntes convectivas, geradas quando as temperaturas do meio-dia são suficientemente altas para o aquecimento das camadas de ar mais próximas à terra (desde que outras condições se mantenham adequadas).

O macroclima é localmente influenciado por condições de meso e microclima, devidas à topografia. Assim, a íngreme escarpa costeira provoca a brusca ascensão das correntes marítimas úmidas, resultando no que se chama precipitação orográfica no litoral e nas áreas imediatamente a sotavento da escarpa. Este fenômeno, em conjunto com a barreira formada pelo espigão a sudeste e nordeste, são responsáveis pela redução da precipitação no interior.

3.2- Seleção dos Postos Fluviográficos

Foram pré-selecionadas 59 bacias hidrográficas nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo, com área de drenagem variando entre 46,7 e 4764 km². Estas foram selecionadas entre as que possuem postos com registradores contínuos de níveis (linígrafos) com área de drenagem inferior a 5000 km². Esta seleção foi realizada com base em DNAEE (1987).

Os postos com dados disponíveis, com qualidade aceitável para a utilização, são apresentados na Tabela 3.1 com descrição quanto a localização, entidade operadora e curso d'água. Como se observa, resultaram 38 postos para utilização. A numeração adotada é em relação à localização dos postos por Estado, a partir do Rio Grande do Sul até São Paulo e será aqui utilizada para a identificação dos mesmos. As Figuras 3.2 apresentam a distribuição da localização geral dos postos fluviográficos estudados por bacia e por Estado.

Tabela 3.1. Postos fluviográficos selecionados.

N	Código	Nome da Estação	Nome do Curso d'Água	Entidade	Estado	Lat	Long	
1	87380000	Campo Bom	Rio dos Sinos	DNAEE	RS	294131	510242	
2	86500000	Passo Carreiro	Rio Carreiro	DNAEE	RS	285100	515000	
3	85140000	Passo Bela Vista	Rio Jacuí	CEEE	RS	284500	525900	
4	83250000	Ituporanga	Rio Itajaí do Sul	DNAEE	SC	272400	493600	
5	83050000	Taió	Rio Itajaí do Oeste	DNAEE	SC	270700	495900	
6	83440000	Ibirama	Rio Hercílio	DNAEE	SC	270300	493100	
7	64659000	Barbosa Ferraz	Rio Corumbataí	DNAEE	PR	240100	515700	
8	81135000	Balsa do Cerro Azul	Rio Ribeira do Iguape	DNAEE	PR	244700	491600	
9	64775000	Balsa do Cantu	Rio Cantu	DNAEE	PR	244500	524200	
10	65006075	Pinhais	Rio Iraí	IAP	PR	272700	491000	
11	65007045	L. Afonso Camargo	Rio Atuba	IAP	PR	252600	491200	
12	65825000	Santa Clara	Rio Jordão	DNAEE	PR	253800	515800	
13	64673000	Quinta do Sol	Rio Mourão	DNAEE	PR	234900	521100	
14	65090000	Fragosos	Rio Negro	DNAEE	PR	260900	492300	
15	64550000	Vila Silva Jardim	Rio Pirapó	DNAEE	PR	225000	520600	
†	16	65019700	Ponte da Caximba	Rio Barigui	DNAEE	PR	253700	492100
*	17	64504581	Jus. Ribeirão Ciclone	Rio Cafezal	IAP	PR	232100	511800
18	62615000	Jaguariúna	Rio Jaguari	DNAEE	SP	224200	465900	
19	61815500	Tapiratiba	Rio Guaxupé	CESP	SP	213200	464700	
20	64247000	Olaria dos Padres	Rio Itararé	CESP	SP	234300	493300	
21	64250010	Itaporanga	Rio Verde	CESP	SP	234200	492800	
22	64198000	Fazenda Agrolim	Rio Taquari	CESP	SP	234700	490300	
23	64119000	Buri	Rio Apiai-Guaçu	CESP	SP	234800	483500	
✓	24	64328050	Fazenda Barra	Rio Turvo	CESP	SP	224600	494400
25	62752000	Invernada Recreio	Rio Jacaré-Pepira	CESP	SP	220500	482900	
26	81430500	Rosas	Rio Juquiá	DAEE-SP	SP	235859	470028	
✓	27	62665100	Cravorana	Rio Cachoeira	DAEE-SP	SP	230200	462000
28	62292300	Embu-Guaçu	Rio Embu-Guaçu	DAEE-SP	SP	235009	464820	
*	29	62320000	Baixo Cotia	Rio Cotia	DAEE-SP	SP	233200	495100
30	61785000	Guará	Ribeirão da Estiva	DAEE-SP	SP	202521	475252	
31	61822000	Faz. São João da Mata	Ribeirão Lambari	DAEE-SP	SP	213813	470245	
✓	32	62706000	Analândia	Rio Corumbataí	DAEE-SP	SP	220744	474002
33	61777000	Batatais	Ribeirão dos Batatais	DAEE-SP	SP	205202	473203	
34	61912500	Córrego Rico	Córrego Rico	DAEE-SP	SP	211723	481536	
✓	35	61911000	Fazenda Santa Tereza	Rib.Rancho Queimado	DAEE-SP	SP	213741	480515
36	61782500	Buriti	Ribeirão Buriti	DAEE-SP	SP	203654	474116	
✓	37	61916000	Viradouro	Córrego da Sucuri	DAEE-SP	SP	205307	481618
38	61921000	Fazenda Vera Paz	Rib. das Palmeiras	DAEE-SP	SP	204508	482605	

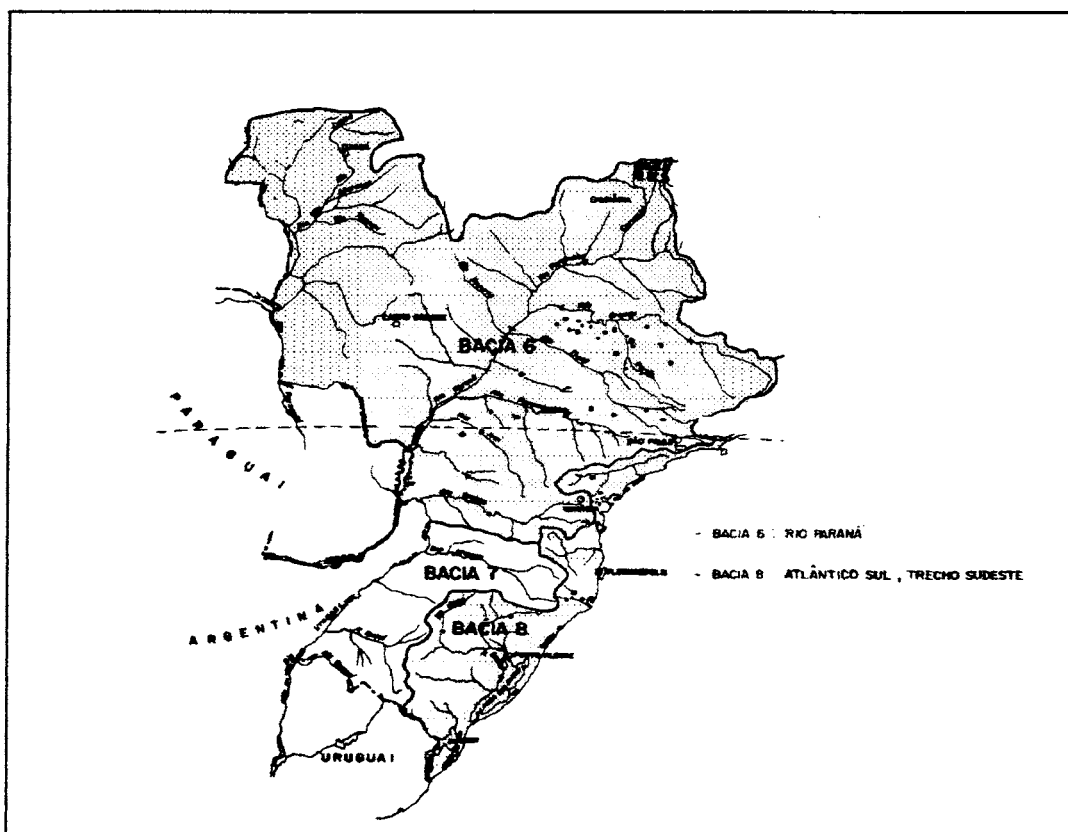


Figura 3.2a- Visualização da distribuição dos postos analisados (por bacia).

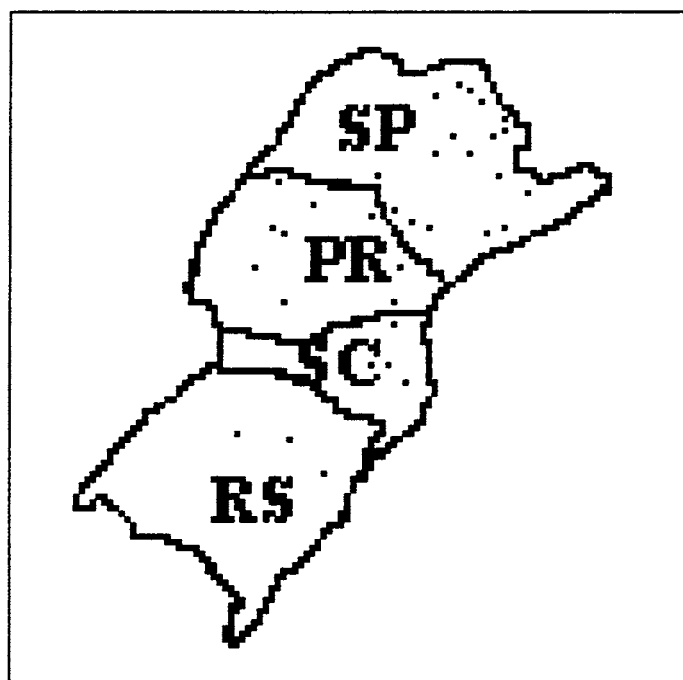


Figura 3.2b- Visualização da distribuição dos postos analisados (por Estado).

O número total de anos com valores de vazões máximas é de 302 em 38 postos fluviográficos, portanto, com série média de 8 anos. A menor série adquirida consta de 2 anos de dados e a maior de 18 anos de dados registrados.

Quanto à área de drenagem, a concentração maior está na faixa de 100 a 500 km² (ver Figura 3.3), e o tamanho das séries, para a maioria, é da ordem de somente 6 a 10 valores, refletindo a dificuldade de obtenção de dados hidrológicos para o desenvolvimento de estudos na área.

Com base em informações disponíveis nas fichas descritivas dos postos e no Inventário Fluviométrico do DNAEE, foi realizada a descrição das seções de medição fluviográfica quanto à localização, equipamentos existentes e tipos de margens e leito. No anexo A, é apresentado um resumo destas fichas referentes a cada posto obtidas nas entidades operadoras.

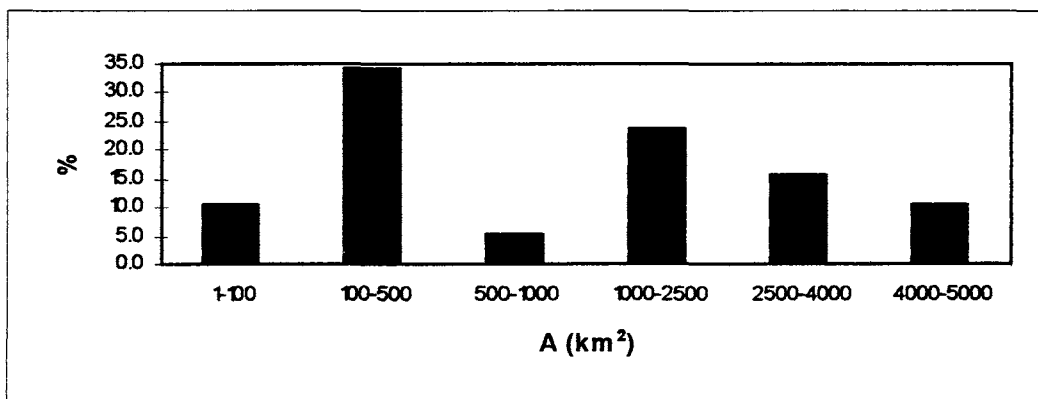


Figura 3.3. Frequência das bacias de acordo com os valores de área.

Na Tabela 3.2 é apresentado um resumo da distribuição das áreas de drenagem dos postos utilizados no trabalho e das dimensões das séries obtidas. A Tabela 3.3 apresenta a relação dos postos com os seus respectivos períodos de estudo, com base nos dados disponíveis. No anexo B estão apresentadas as séries compostas de vazões máximas anuais diária, média diária e instantânea, com a data de ocorrência dos eventos.

Tabela 3.2. Resumo das características dimensionais das bacias e dos dados.

Intervalo de Área(km²)	Número de Postos	Número de Anos Estudados	Número de Postos
46,7 a 100	4	1 a 5	12
100 a 500	13	6 a 10	20
500 a 1000	2	11 a 15	4
1000 a 2500	9	mais de 15	2
2500 a 4000	6		
4000 a 5000	4		

3.3- Características Físicas das Bacias em Estudo

Os parâmetros físicos relacionados e determinados para o estudo foram:

- Área da bacia em km².
- Declividade, S, do rio principal em m/km.
- Comprimento, L, do rio principal em km.

Estas grandezas foram obtidas por:

- Consulta ao Inventário Fluviométrico do DNAEE;
- Consultas a estudos anteriormente realizados;
- Determinação com utilização de cartas altimétricas em escalas 1:250000 e 1:1000000.

O uso de escalas diferentes para a determinação de alguns parâmetros, como a declividade, pode ocasionar a obtenção de valores consideravelmente diferentes numa mesma bacia. Desta forma, somente para os cursos d'água em que a obtenção de cartas em escala 1:250000 não foi possível utilizou-se as cartas ao milionésimo, entendendo que a precisão nestas estimativas são menores que a desejável.

Tabela 3.3. Períodos em análise para cada bacia.

N	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										
31																										
32																										
33																										
34																										
35																										
36																										
37																										
38																										

Não foi possível a determinação dos valores de L e S para todas as bacias. Em função da indisponibilidade das cartas que possibilitassem o levantamento destas informações, ou da dificuldade de se identificar estudos onde estes valores tenham sido divulgados, nas bacias 18 a 23, 25, 26, 28, 30, 31, 33, 34, 36, e 38 estes valores não foram estimados.

Para a determinação da declividade, levou-se em conta o conceito de declividade equivalente constante, isto é, aquela declividade cujo tempo de translação, para o mesmo comprimento do curso de água, em planta, seria igual ao do perfil acidentado natural.

Com base na equação de Chézy, temos que o tempo de percurso em cada trecho do perfil é obtido por:

$$T_i = c L_i (Rh S_i)^{1/2} \quad (3.1)$$

onde T_i é o tempo de percurso em cada sub-trecho do rio principal, em segundos; c é a constante de Chézy, Rh o raio hidráulico constante da seção do escoamento, em metros; e S_i a declividade em cada sub-trecho (m/km). A declividade equivalente, em m/km, é expressa por:

$$S = c.L^2 / T^2 \quad (3.2)$$

onde L e T são o comprimento total (km) em planta do rio principal e o somatório de T_i para L , respectivamente.

Substituindo a equação 3.1 em 3.2, obtém-se a equação para o cálculo da declividade equivalente constante:

$$S = [L / \sum L_i S_i^{-1/2}]^2 \quad (3.3)$$

Foram calculados os tempo de concentração, t_c , para as bacias de acordo com a equação de Kirpich apud Tucci (1993):

$$t_c = 0,39 (L^2/S_e)^{0,385} \quad (3.4)$$

onde t_c é obtido em horas, com L fornecido em quilômetros e S_e em porcentagem. Na Tabela 3.4 são apresentados os valores destes parâmetros.

Os valores de t_c foram aqui avaliados de forma relativa, entendendo que a equação de Kirpich pode gerar subestimativa em algumas bacias em estudo, por ser esta equação adequada para pequenas bacias.

Tabela 3.4. Parâmetros físicos e tempo de concentração das bacias.

Postos	A(km ²)	L(km)	S(m/km)	t_c (horas)
1	2864	131,00	6,33	19,85
2	1829	179,00	2,10	38,61
3	4470	153,00	1,31	41,03
4	1774	65,00	3,05	15,33
5	1575	54,70	4,83	11,25
6	3314	123,50	2,44	27,38
7	3294	174,34	3,28	31,87
8	4570	210,12	2,65	39,94
9	2513	149,41	3,65	27,16
10	417	27,00	1,04	11,79
11	103	25,00	1,68	9,24
12	3913	192,33	2,60	37,59
13	1534	112,76	4,57	20,05
14	800	77,80	3,21	17,26
15	4627	211,61	2,71	38,81
16	257	74,50	1,11	25,13
17	46,7	8,50	18,65	1,59
18	2180			
19	449			
20	4200			
21	1430			
22	2120			
23	1990			
24	3830	129,50	0,98	40,35
25	1640			
26	130			
27	404	45,00	11,61	6,90
28	114			
29	242	30,93	3,20	8,50
30	264			
31	67			
32	59	12,18	8,23	2,88
33	178			
34	435			
35	142	12,50	5,75	3,37
36	84			
37	143	22,00	4,56	5,70
38	687			

3.4- Distribuição Mensal da Ocorrência dos Eventos Máximos Anuais

Fez-se a análise da distribuição mensal percentual da ocorrência dos eventos máximos anuais selecionados para este estudo. Não foram verificadas discrepâncias significativas entre as ocorrências e os correspondentes períodos de maior incidência de cheias nas regiões em estudo.

De acordo com as classificações climática e hidrológica dos Estados onde se localizam as bacias analisadas, apresentadas no item 3.1, nota-se que as datas de ocorrência dos máximos valores de vazões coincidem com os períodos em que se verificam os maiores índices pluviométricos. Como na região analisada o agente gerador direto de escoamento é a precipitação, foi possível analisar a concordância entre os valores ocorridos e a classificação consultada, não identificando ocorrências suspeitas. A Figura 3.4 apresenta a distribuição dos eventos máximos anuais verificada em cada Estado.

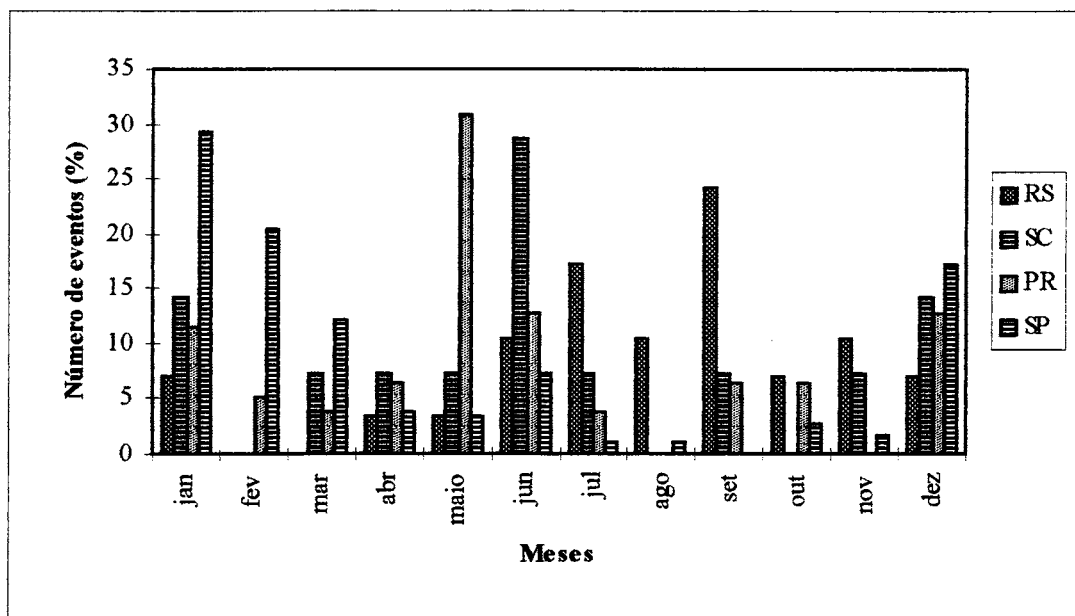


Figura 3.4. Distribuição mensal percentual da ocorrência dos eventos.

3.5- Avaliação da Coleta dos Dados

A diferença entre o número de postos pré-selecionados e de postos estudados decorre das falhas existentes nos processos de aquisição, processamento e monitoramento dos dados hidrológicos. Estas falhas, identificadas na fase de coleta dos dados, podem ser classificadas da seguinte forma:

- Quanto aos mecanismos de medição- Os aparelhos de registro contínuo de níveis, linígrafos, cuja principal função é o registro de níveis máximos de curta duração, principalmente em pequenas bacias, muitas vezes apresentam deficiências no mecanismo de funcionamento na passagem da onda de cheia, não registrando de forma completa o hidrograma ocorrido.

Há também a ocorrência freqüente da perda de referência temporal do desenvolvimento dos registros. Muitas vezes, a utilização de papéis marcadores para um período longo faz com que falhas no funcionamento sejam identificados após considerável tempo da ocorrência, o que compromete o referencial temporal dos registros subsequentes. O agravante é que, muitas vezes, as inspeções ao aparelho ocorrem apenas pela necessidade de se trocar o papel do registro.

Exemplificando este fato, foi verificada a existência de linígrama com papel de gravação com duração de 365 dias. Obviamente, o registro era de má qualidade, devido às falhas de funcionamento do aparelho ocorridas no período que comprometeram a qualidade dos dados. Outra falha bastante comum é a não compatibilidade entre as escalas da régua linimétrica e do linígrafo, gerando a existência de leituras diárias superiores às registradas pelo aparelho.

- Quanto à manipulação dos dados- As entidades operadoras das redes hidrométricas representam um dos papéis mais importantes da área de Recursos Hídricos, pois lidam com a base da informação hidrológica.

Com a relação estabelecida entre a estudante e as entidades operadoras do postos fluviográficos, constatou-se o esforço de muitos profissionais em busca de melhoria da qualidade, preservação e disponibilidade das informações hidrológicas.

No entanto, constatou-se, também, que a falta de valorização do trabalho realizado gera desorganização, desinformação e neutralidade por parte de alguns profissionais que deveriam desempenhar o papel que lhes foi confiado.

Infelizmente, o caráter detalhista das informações necessárias para se atender o objetivo proposto neste estudo veio a ser um dos principais fatores limitantes à sua elaboração. Diante da necessidade de se conhecer valores e informações bastante específicas referentes às bacias (em diferentes regiões e monitoradas por diversas entidades), este trabalho tornou-se, de certa forma, um reflexo do atual quadro do monitoramento hidrométrico nas regiões analisadas pela oportunidade de se avaliar a disponibilidade e qualidade das informações desejadas.

Análise de Consistência

A quantidade de postos fluviográficos que atendem às especificações do estudo quanto à dimensão da área de drenagem, registradores contínuos de níveis, relação de calibragem e existência de fluxo natural foi reduzida. Devido a este fato, a análise de consistência dos dados, informações e funções obtidas foi realizada de forma básica, com o objetivo de identificar erros grosseiros.

Para isso, foram feitas as seguintes análises:

- Uniformidade no traçado da pena do linígrafo, confirmando o funcionamento do mesmo no momento de ocorrência dos níveis máximos.
- Concordância entre as leituras linimétricas e linigráficas, identificando a ocorrência de níveis máximos diários superiores ao máximos instantâneos.

Em alguns casos, a determinação dos níveis máximos diários foi feita completamente a partir do linigrama, tendo-se como referência a data de ocorrência dos valores máximos anuais computada nos boletins de leitura dupla diária.

Este procedimento foi adotado pelo fato da ocorrência de desassociação entre os boletins e os linigramas, tanto em escala temporal quanto em escala métrica.

- Analisaram-se as relações de calibragem utilizadas com relação à continuidade dentro do período em estudo de cada posto, e à concordância entre as amplitudes das faixas de níveis abrangidas pelas relações e as ocorridas nos eventos.

Para o posto Jaguariúna no Rio Jaguari foi necessária a extrapolação da curva de calibragem, realizada segundo a metodologia de Stevens.

No processo de análise, foram eliminados vários postos e registros em função das falhas grosseiras na coleta, processamento e monitoramento das informações hidrológicas, além da impossibilidade de obtenção do registro contínuo e/ou demais informações básicas.

A análise de consistência aqui realizada não é completa pois buscou apenas conhecer e selecionar os postos, dados e funções que se adequavam à elaboração do trabalho.



4- ANÁLISES DAS RELAÇÕES ENTRE AS VAZÕES MÁXIMAS

Neste capítulo, serão analisados as relações entre os coeficientes de vazões máximas através de dois procedimentos:

- i) Valores médios dos coeficientes;
- ii) Distribuição estatística das vazões e coeficientes.

4.1- Análise dos Coeficientes Médios de Relação das Vazões

A maioria dos postos fluviométricos no Brasil possuem apenas duas observações diárias e a vazão máxima é identificada pelo maior dos dois valores. Neste estudo, buscou-se identificar a relação entre este valor e a vazão máxima instantânea.

O conhecimento da relação entre estas vazões em função de fatores físicos permitirá a estimativa da vazão máxima instantânea para bacias sem linígrafo.

Neste trabalho, os valores das vazões ocorridas às 7:00 e às 17:00 foram relacionados com os valores máximos instantâneos ocorridos, aleatoriamente, dentro do dia em que se registrou o máximo valor anual das vazões.

Os coeficientes que representam as razões entre os valores das vazões analisadas foram denominados como:

$$c_{\max} = Q_i / Q_{\max} \quad e \quad (4.1)$$

$$c_{\text{med}} = Q_i / Q_{\text{med}} \quad (4.2)$$

onde Q_i , Q_{\max} e Q_{med} são as máximas vazões instantânea, diária e média diária, respectivamente, ocorridas em cada ano.

As cheias analisadas nas bacias selecionadas forneceram estes coeficientes. Determinaram-se, então, os valores médios (C_{max} e C_{med}) e os desvios padrão (DP_{max} e DP_{med}) dos mesmos em cada bacia a fim de se avaliar o comportamento da relação entre as vazões e a variabilidade deste comportamento. A Tabela 4.1 apresenta os valores observados.

A média da relação C_{med}/C_{max} foi de 1,15. Os valores médios apresentados para C_{max} e C_{med} , para as cheias analisadas, foram de 1,220 e 1,400, respectivamente. Os valores médios dos desvios padrão relacionados foram de 0,416 e 0,548, respectivamente.

A bacia do Rio Corumbataí, em Analândia (código 32), apresentou coeficientes médios e desvios padrão com valores marcadamente particulares. Estes foram muito superiores aos apresentados pelas demais bacias. Procurou-se justificar a ocorrência dos valores de coeficientes na bacia do Corumbataí através da identificação de características singulares nesta bacia. Verificou-se, apenas, que as cheias de 15/12/1990 e 24/11/1993 analisadas geraram hidrogramas intensos e com curta duração. Valores como os apresentados poderiam ocorrer em bacias pequenas como esta, com apenas 59km², onde o tempo de concentração é de 2,88 horas. O número de eventos analisados nesta bacia foi de apenas 5 e os desvios padrão dos coeficientes altos. Os valores verificados em Analândia evidenciam que estes coeficientes têm uma variabilidade alta para bacias com tempo de concentração inferior ao tempo entre as duas observações diárias.

Considerando as possíveis tendenciosidades a serem geradas, em função da discrepância dos valores, na análise de Regressão Múltipla, nesta etapa do trabalho os valores ocorridos em Analândia foram desconsiderados. Estes também não foram computados no cálculo dos valores médios da amostra.

Tabela 4.1. Coeficientes observados.

N	n	A(Km ²)	Cmax	DPmax	Cmed	DPmed
1	9	2864	1,005	0,006	1,010	0,009
2	7	1829	1,077	0,111	1,471	0,605
3	13	4470	1,031	0,084	1,056	0,099
4	3	1774	1,027	0,009	1,090	0,039
5	6	1575	1,008	0,007	1,050	0,051
6	5	3314	1,057	0,092	1,312	0,345
7	9	3294	1,063	0,074	1,237	0,171
8	6	4570	1,377	0,845	1,885	1,781
9	8	2513	1,024	0,029	1,252	0,261
10	7	417	1,028	0,024	1,043	0,045
11	9	103	1,313	0,630	1,865	0,667
12	3	3913	1,094	0,073	1,311	0,340
13	9	1534	1,093	0,085	1,466	0,261
14	8	800	1,006	0,009	1,015	0,021
15	8	4627	1,033	0,030	1,788	1,859
16	7	257	1,130	0,139	1,530	0,390
17	4	46,7	1,965	1,077	2,012	0,161
18	5	2180	1,419	0,698	1,679	0,722
19	10	449	1,017	0,015	1,160	0,103
20	9	4200	1,016	0,014	1,077	0,062
21	4	1430	1,009	0,003	1,041	0,025
22	18	2120	1,006	0,008	1,016	0,022
23	19	1990	1,003	0,006	1,010	0,016
24	15	3830	1,023	0,049	1,077	0,095
25	10	1640	1,080	0,234	1,114	0,249
26	3	130	1,007	0,006	1,025	0,026
27	6	404	1,072	0,107	1,452	0,445
28	5	114	1,008	0,008	1,031	0,013
29	12	242	1,079	0,079	1,3120	0,291
30	8	264	1,047	0,038	1,345	0,219
31	2	67	2,373	1,852	2,616	1,826
32	5	59	11,329	10,280	12,366	10,33
33	8	178	1,844	0,992	2,430	1,122
34	9	435	1,100	0,139	1,519	0,564
35	5	142	1,061	0,064	1,334	0,148
36	10	84	1,333	0,478	2,087	0,721
37	9	143	1,481	0,945	2,017	1,741
38	9	687	1,022	0,025	1,169	0,247

Variabilidade dos Coeficientes

Quanto à análise da variação dos coeficientes C_{max} e C_{med} , observou-se que, com exceção das bacias do Rio Cafezal em Jusante do Ribeirão Ciclone (código 17) e do Rio Lambari em Fazenda São João da Mata (código 31), C_{med} apresentou maior variação em torno do seu valor médio que C_{max} (ver Figuras 4.1).

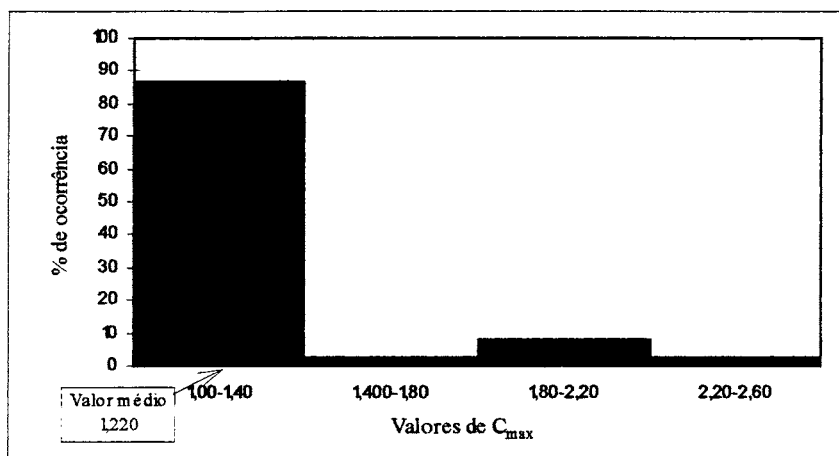


Figura 4.1a. Variação de C_{max} em torno de seu valor médio.

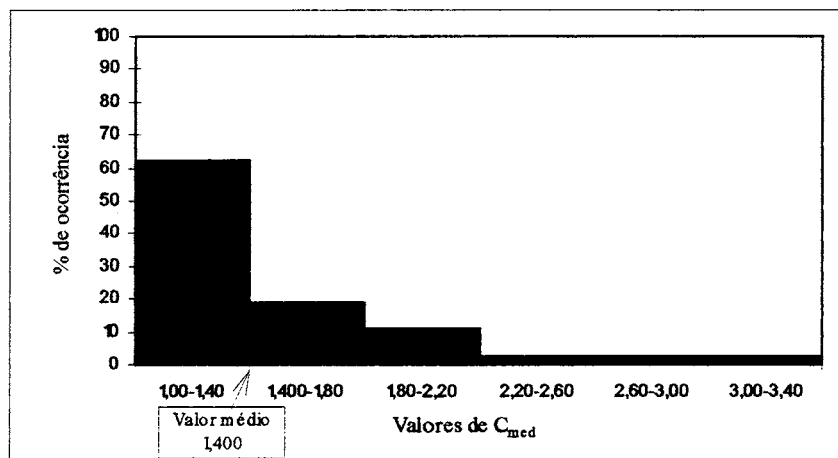


Figura 4.1b. Variação de C_{med} em torno de seu valor médio.

Nas demais bacias citadas, o comportamento da variação diferenciada dos coeficientes não ocorreu de forma muito expressiva.

Analisou-se a relação dos coeficientes médios C_{\max} e C_{med} de cada bacia, com os respectivos desvios padrão DP_{\max} e DP_{med} , com relação aos parâmetros físicos das bacias:

- i) Área de drenagem (Figuras 4.2 e 4.3);
- ii) Comprimento do rio principal (Figuras 4.4 e 4.5);
- iii) Declividade do rio (Figuras 4.6 e 4.7).

Foram traçadas curvas média e envoltória superior, sendo esta última definida de forma apenas visual, às relações entre os coeficientes e as variáveis procurando identificar os valores discrepantes e analisar as tendências apresentadas. As figuras ilustrativas da análise encontram-se localizadas a seguir onde as linhas em forma tracejada correspondem às envoltórias e aquelas em forma contínua à curva média.

Com relação à área de drenagem, a bacia correspondente ao posto 8, com 6 eventos analisados, apresentou valores de coeficientes, e respectivos desvios, superiores à ordem de grandeza das demais bacias de mesmo porte. A bacia do rio Pirapó, no posto 15, com 8 eventos, também apresentou este comportamento para C_{med} e seu desvio. C_{med} no Ribeirão Lambari, posto 31, apresentou um alto DP_{med} em relação à área de drenagem, destoando dos valores observados nos postos com valores de área aproximados. Neste posto, apenas 2 eventos foram analisados.

Não se obtiveram bons ajustes, mas pôde-se constatar a tendência do comportamento destas relações.

C_{\max} apresentou maior variação para áreas até 500km^2 . Para áreas maiores que 500km^2 , os valores apresentaram pouca variação. C_{med} apresentou comportamento semelhante a C_{\max} , com maiores variações para áreas de drenagem até 800km^2 .

Com base na amostra analisada, os valores de C_{\max} , e C_{med} tendem a diminuir com o aumento da área de drenagem. No entanto, notou-se dispersão considerável nos dados em torno da linha de tendência.

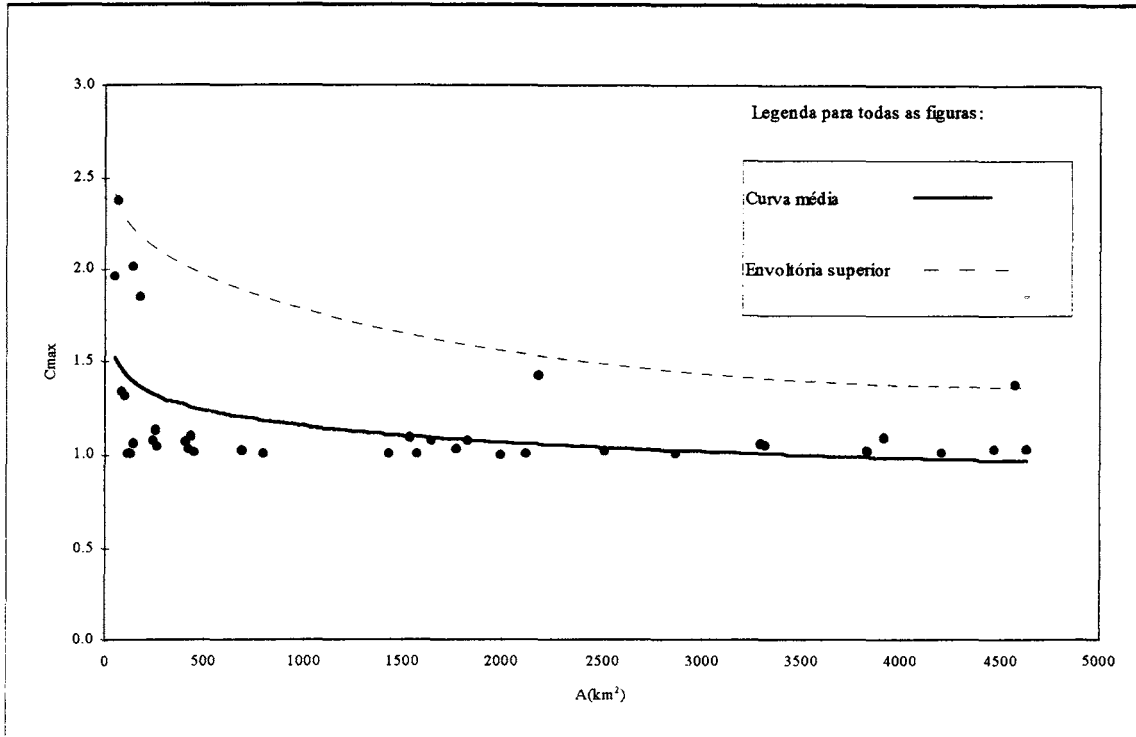


Figura 4.2a. Relação C_{\max} -Área observada.

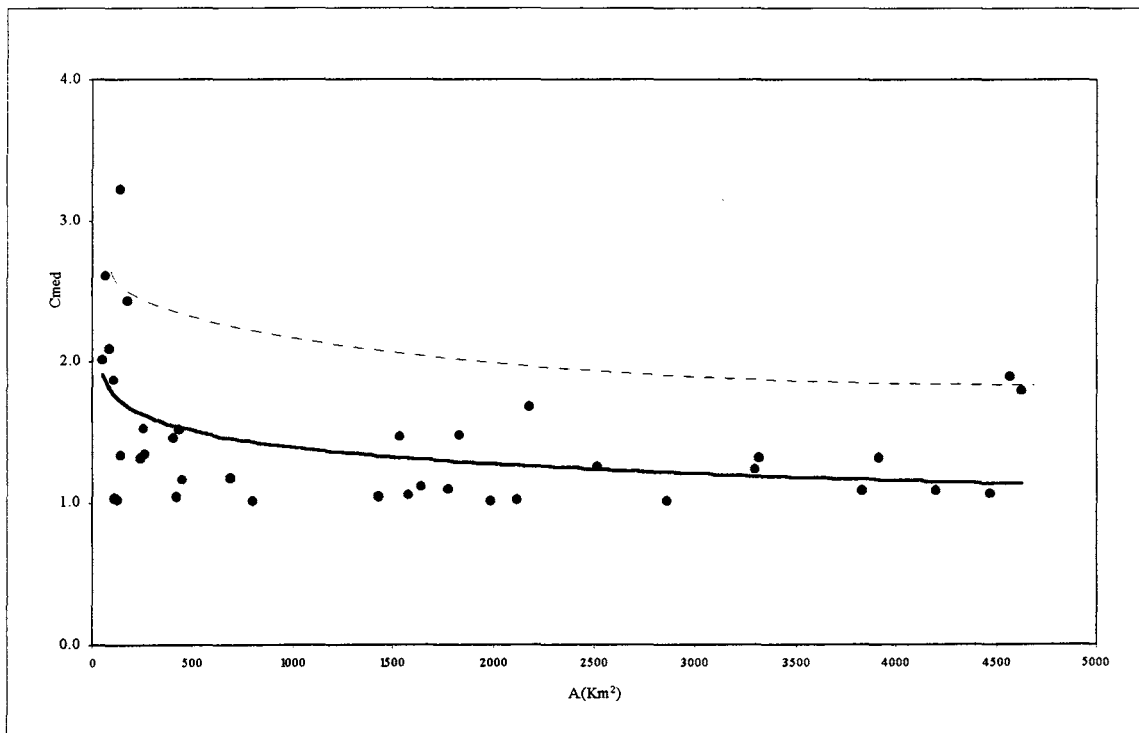


Figura 4.2b. Relação C_{med} -Área observada.

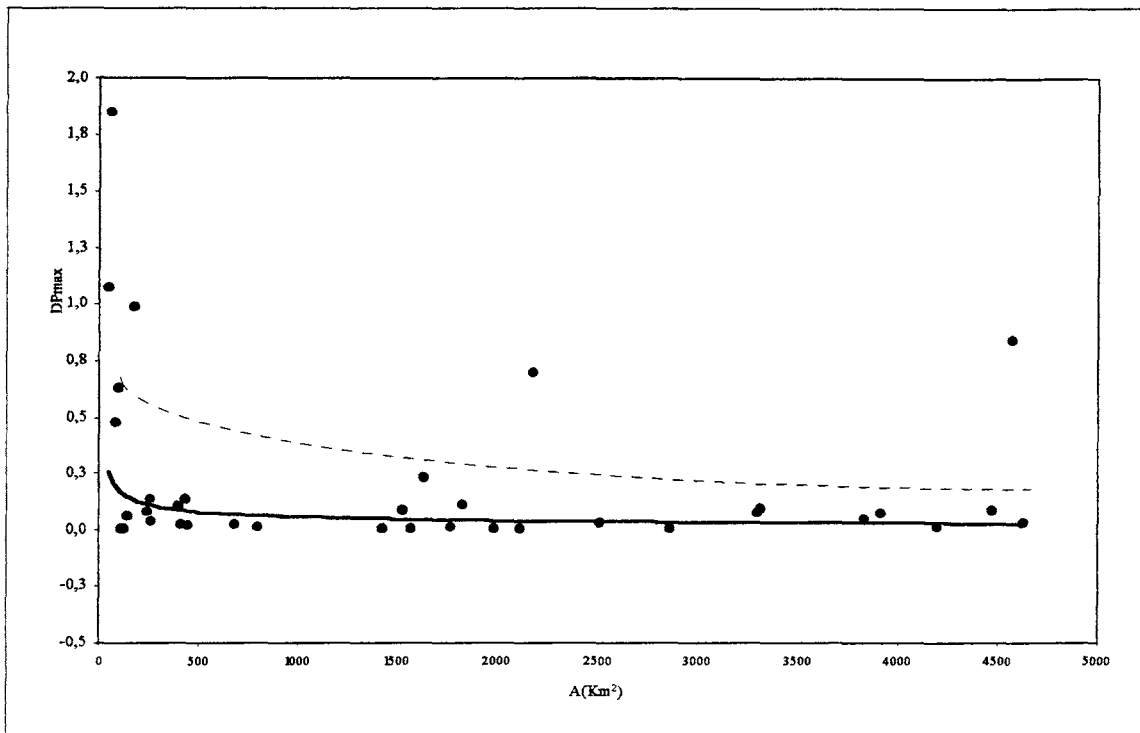


Figura 4.3a. Relação DP_{max} - Área observada.

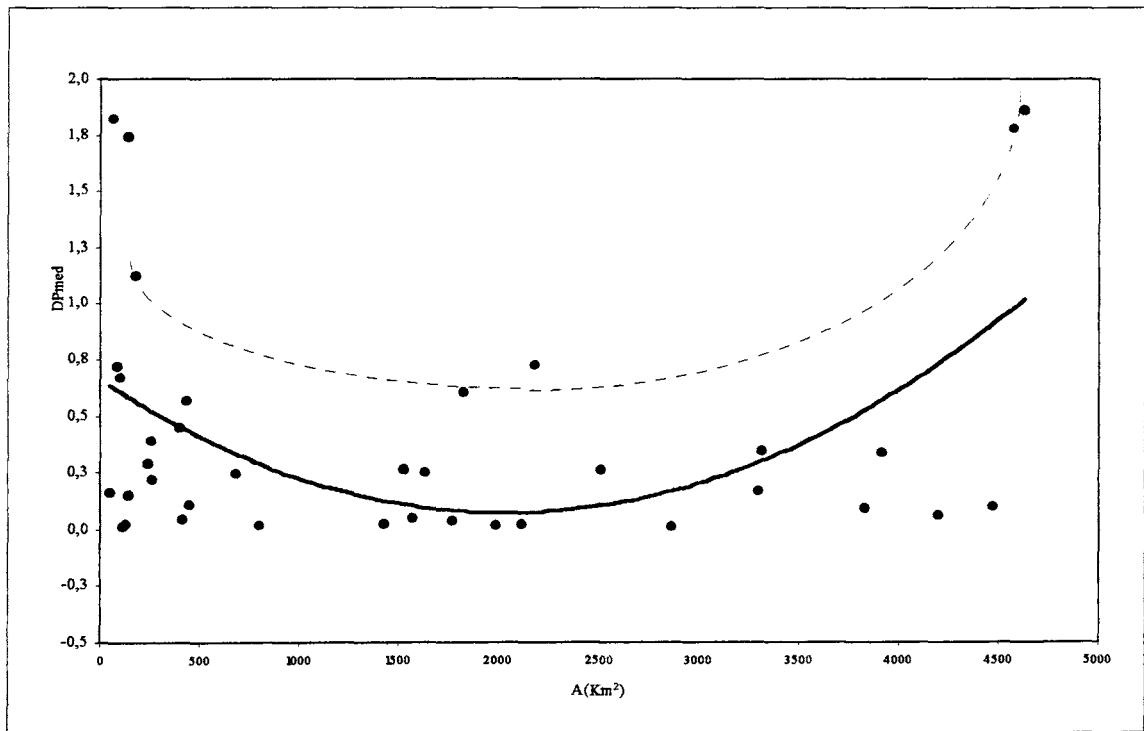


Figura 4.3b. Relação DP_{med} - Área observada.

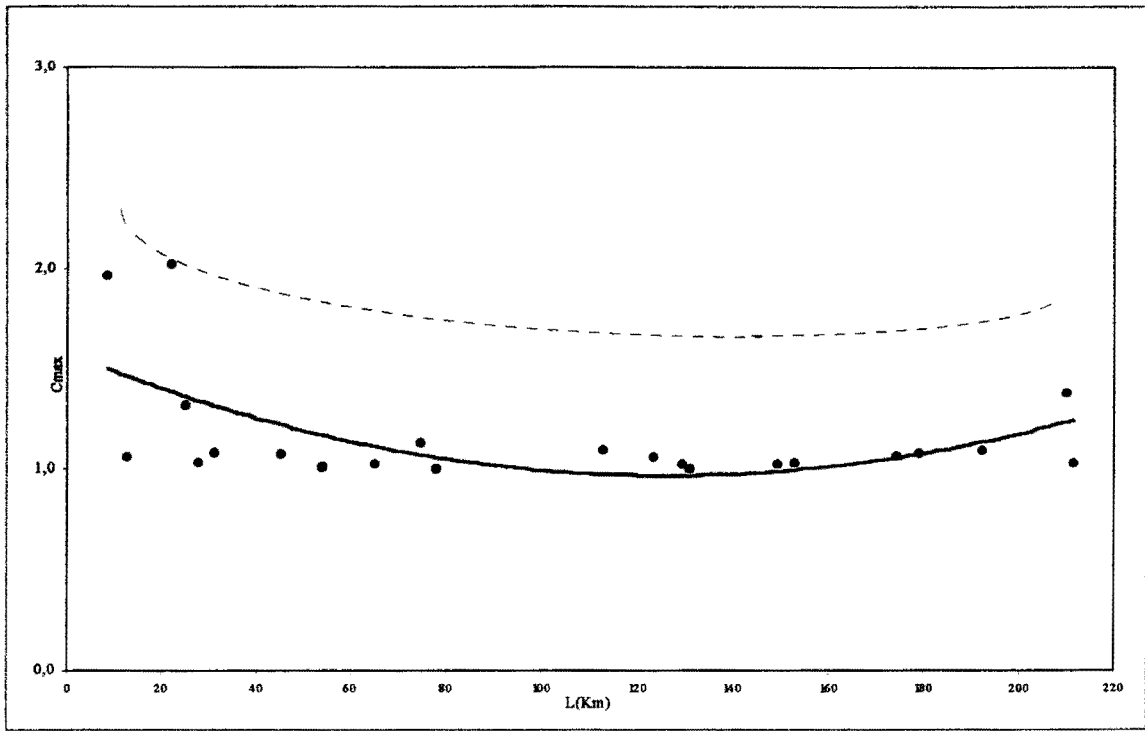


Figura 4.4a. Relação C_{max} - Comprimento de rio observada.

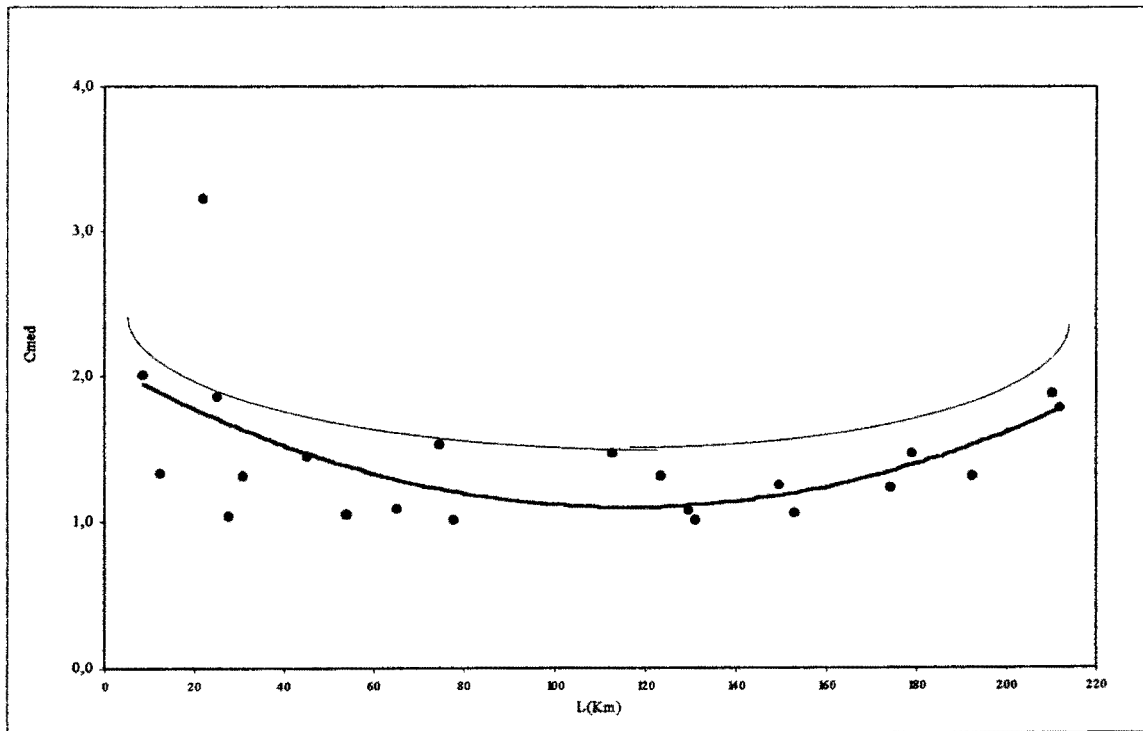


Figura 4.4b. Relação C_{med} - Comprimento de rio observada.

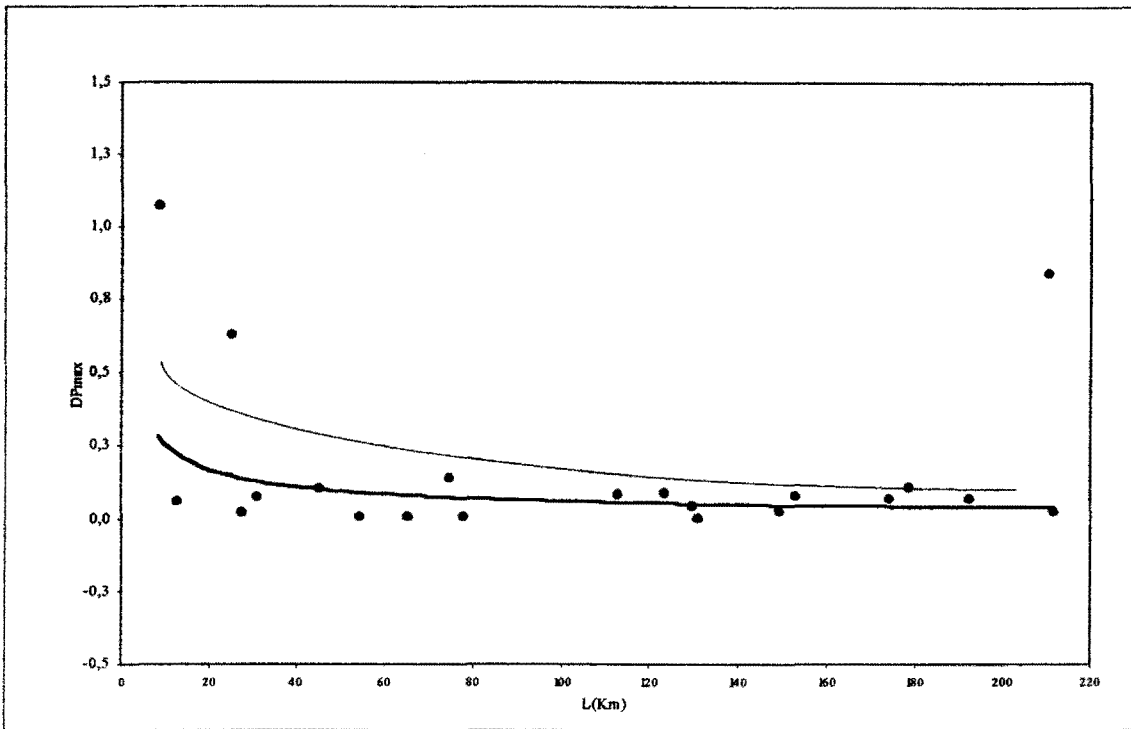


Figura 4.5a. Relação DP_{max} - Comprimento de rio observada.

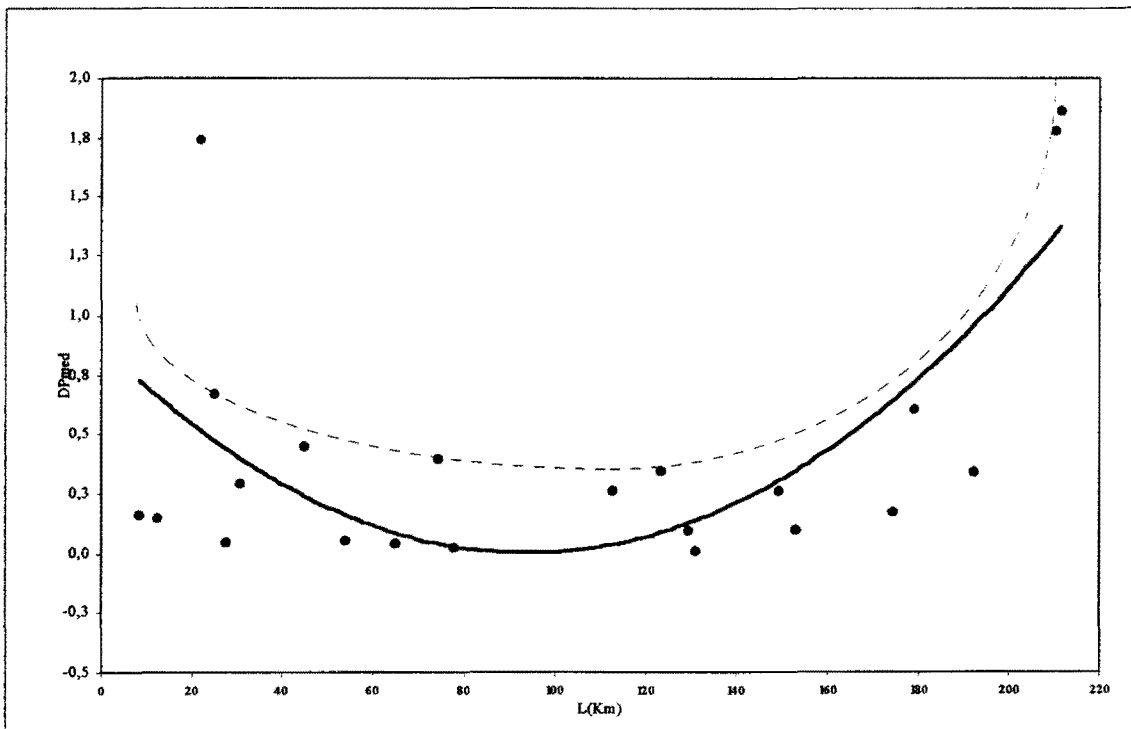


Figura 4.5b. Relação DP_{med} - Comprimento de rio observada.

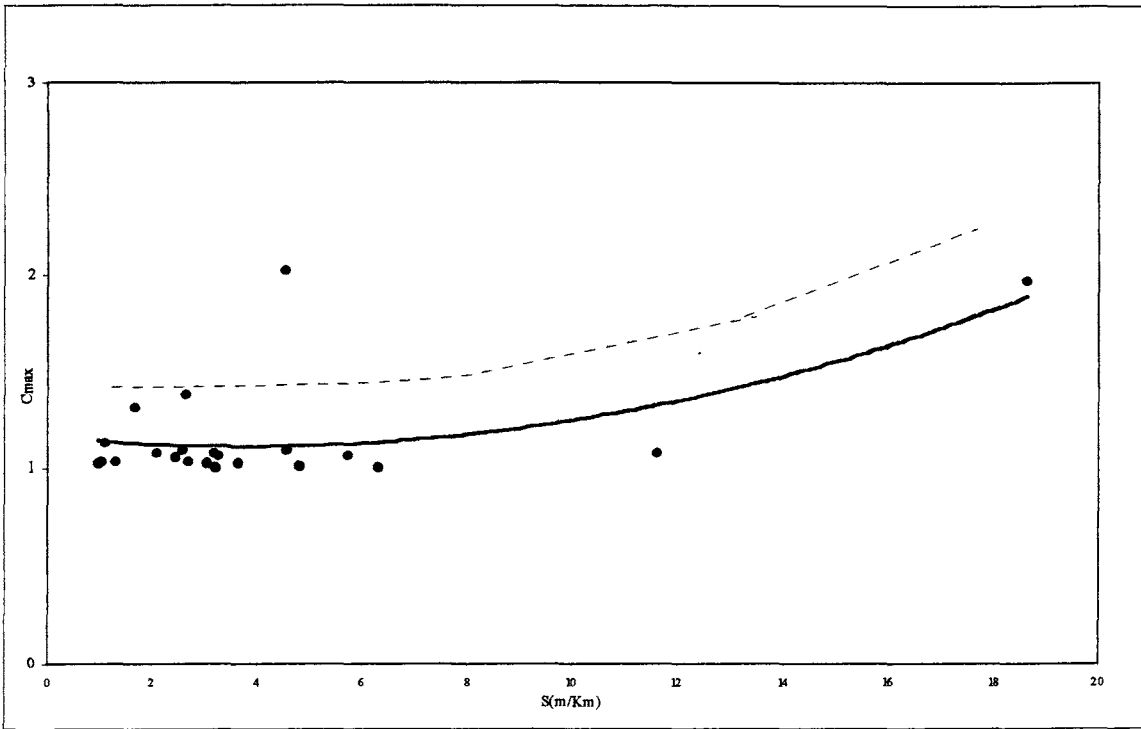


Figura 4.6a. Relação C_{max} - Declividade.

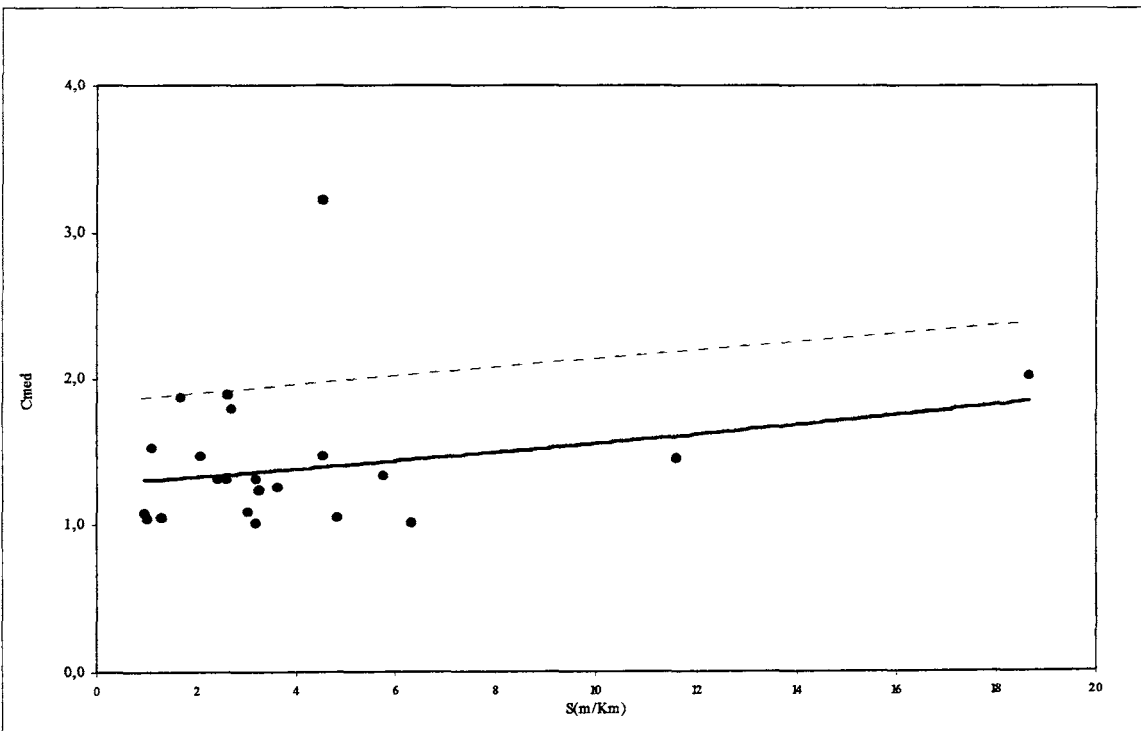


Figura 4.6b. Relação C_{med} - Declividade observada.

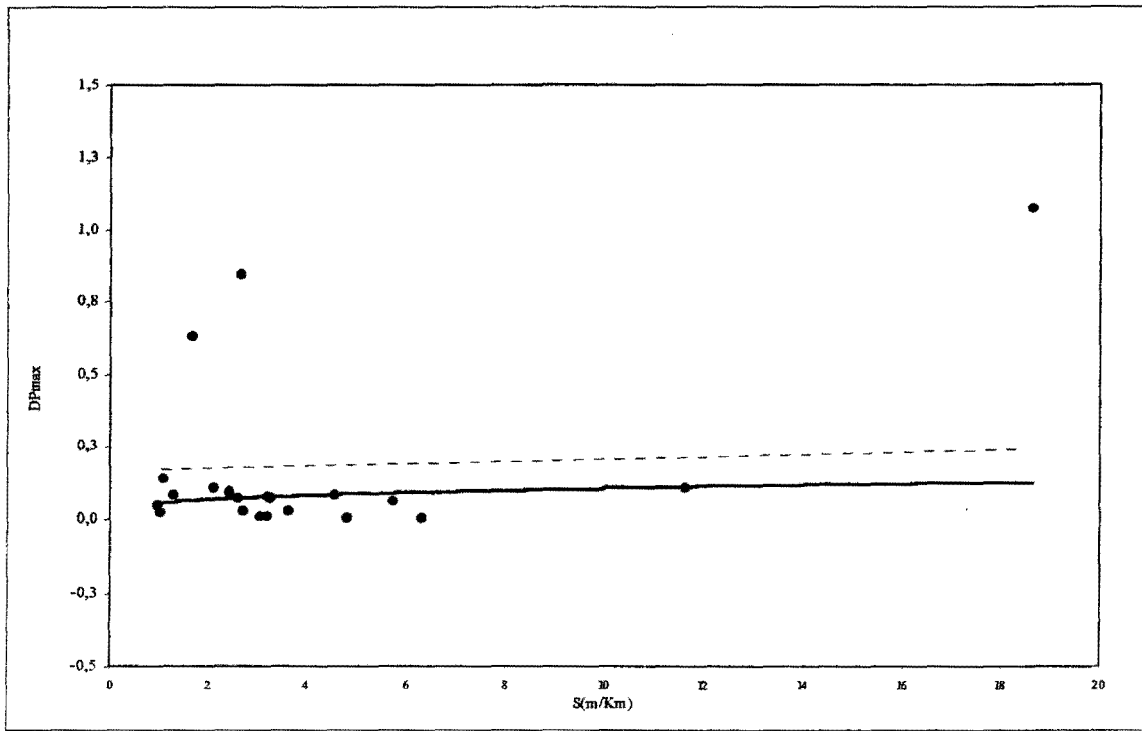


Figura 4.7a. Relação DP_{max} -Declividade observada.

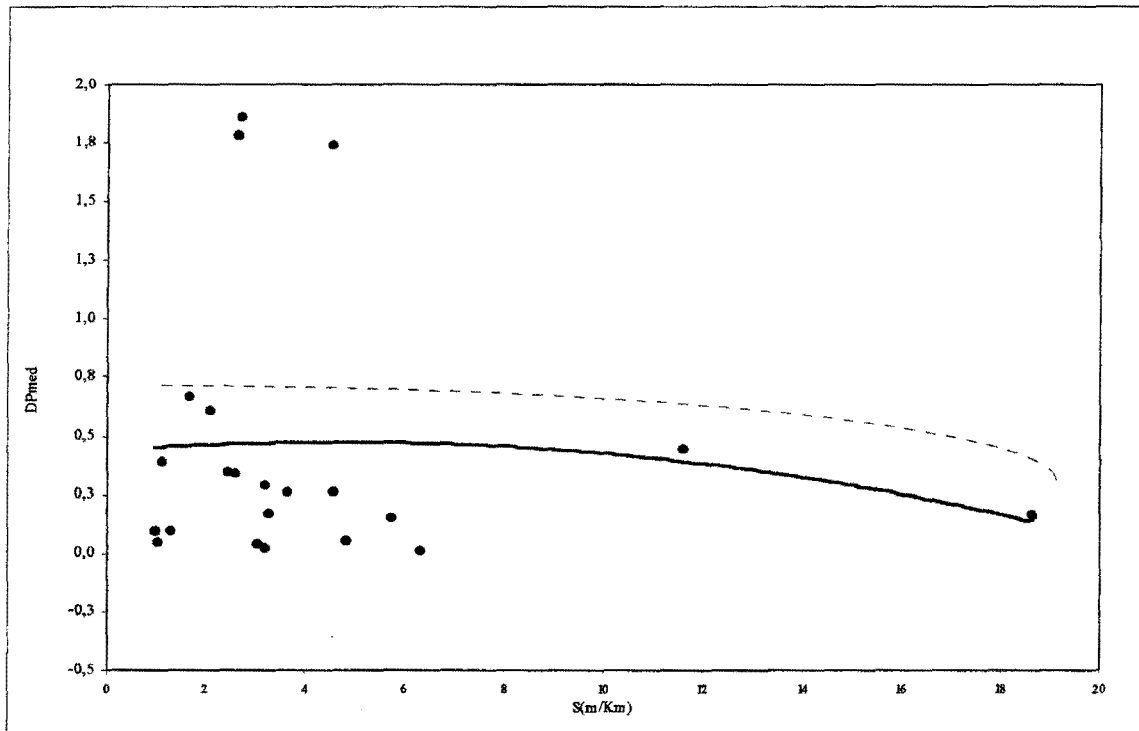


Figura 4.7b. Relação DP_{med} - Declividade observada.

O desvio padrão de C_{max} apresentou pouca variação em função do valor das áreas de drenagem das bacias. Para áreas de pequena dimensão (até 1000km²), esta variação se destacou em relação às demais ordens de grandeza da variável. Já o desvio padrão de C_{med} apresentou maior variação que C_{max} em todas as faixas de valores da área, com maior dispersão.

Com relação ao comprimento do talvegue principal, com base nos dados, os coeficientes C_{max} e C_{med} apresentaram comportamento aleatório e bastante dispersivo. Estas características foram apresentadas de forma intensa para o coeficiente C_{med} . Apenas DP_{max} apresentou tendência uniforme de comportamento, diminuindo com o aumento de L. As bacias dos postos 8, 15 e 37 apresentaram variações em torno dos valores médios de C_{max} e C_{med} bastante discrepantes em relação às bacias com comprimentos de rio aproximados.

Com relação à declividade do talvegue principal, ambos coeficientes confirmaram a tendência intuitivamente esperada de acréscimo com o aumento da declividade. No entanto, esta confirmação deve-se à existência de valores isolados pois poucas bacias analisadas possuíam valores de declividades consideravelmente maiores que o valor médio. A dispersão verificada nos dados foi grande, principalmente nos valores de C_{med} . As bacias correspondentes aos postos 8, 11, 15 e 37 apresentaram valores de desvios padrão bastante dispersivos em relação às demais. As linhas de tendências observadas para DP_{max} e DP_{med} foram contraditórias, tornando difícil a avaliação do comportamento da variação destas variáveis em função da declividade.

A análise da variabilidade dos coeficientes aqui realizada se deu, basicamente, em função da área de drenagem, comprimento e declividade do talvegue principal das bacias por serem estas variáveis as que, de acordo com conclusões em estudos anteriores, apresentam correlação com estes coeficientes.

Muitas vezes, porém, a variabilidade destes coeficientes decorre da precipitação ocorrida e suas variáveis como tipo, intensidade, distribuições temporal e espacial.

Para este presente estudo, não foi possível a obtenção de registros de pluviógrafo porque o número de postos que dispunham deste equipamento para o registro das precipitações que originaram os hidrogramas analisados era muito pequeno.

4.2. Análise de Regressão Múltipla

O tratamento de muitos problemas reais pode ser modelado através de uma regressão entre uma variável dependente e mais de uma variável independente.

Em Hidrologia, é comum a identificação de correlação entre as variáveis determinantes nos processos relacionados à transformação chuva-vazão, à propagação de uma onda de cheia, entre outros.

Elaborou-se aqui, a determinação do comportamento dos coeficientes entre as vazões máximas tratadas neste estudo em relação aos parâmetros físicos das bacias analisadas.

Tentou-se estabelecer o seguinte modelo de regressão:

$$C_{\max}(C_{\text{med}}) = aA^b + cL^d + eS^f \quad (4.3)$$

onde **a**, **b**, **c**, **d**, **e** e **f** são coeficientes.

Os valores numéricos dos coeficientes foram estimados com base nos dados disponíveis nas bacias tratadas, através da técnica dos mínimos quadrados, com o uso do programa para cálculo eletrônico Genstat (Oxford, 1994).

A precisão das estimativas, ou confiabilidade dos modelos determinados, foi avaliada com base nos seguintes parâmetros:

i) Coeficiente de Correlação Linear Múltipla

O coeficiente de correlação linear múltipla fornece uma medida da associação linear entre uma variável (variável dependente) e diversas outras variáveis (variáveis independentes). O quadrado deste coeficiente, em termos percentuais, é calculado como:

$$R^2 = (SQRM - SQRR)/SQRM \quad (4.4)$$

onde SQRM é a soma dos quadrados em relação à média dos dados, ou seja, representa os desvios dos valores medidos em relação à média; é a variação total da variável estimada. SQRR é a soma dos quadrados em relação à regressão, representa os desvios dos valores medidos em relação ao valor predito. É o resíduo da regressão.

A variação total originada com o uso do modelo ajustado (SQRM) equivale à soma da variação residual (SQRR) e a variação devido à regressão (SQDR).

Então, uma outra maneira de avaliar a confiabilidade do modelo utilizada foi através da análise das duas componentes de SQRM. O ideal é quando SQDR é muito maior do que a variação residual SQRR. Isto ocorre quando R^2 é próximo a 100%.

ii) Teste de Hipóteses Através da Estatística F

O quadrado médio pode ser definido como o quociente da soma de quadrados pelo respectivo número de graus de liberdade. Esse número indica a quantidade de informações independentes que são necessários para o cálculo do somatório. Os quadrados médios são funções da variável aleatória dependente e, portanto, também são aleatórios. Os quadrados médios QMDR e QMRR são estatisticamente independentes e apresentam uma distribuição chi-quadrado. O quociente de duas variáveis aleatórias distribuídas independentemente segundo a distribuição chi-

quadrado, segue uma distribuição de Fisher. O teste de hipóteses, aplicado através da análise da variável $F = QMDR/QMRR$, testou se o acréscimo seqüencial das variáveis ao modelo resultou em uma significativa melhoria do mesmo. O nível de confiança adotado foi de 5%.

iii) Teste para os Coeficientes Estimados

Para decidir se o modelo adotado efetivamente descreve a relação entre as variáveis tratadas, e também para levar em consideração as incertezas resultantes do fato de se estar utilizando uma amostra, é fato comum testar hipóteses a respeito de valores numéricos para os parâmetros estimados. Utilizou-se a distribuição “t” (Student’s) para testar, ao nível de significância de 5%, a ocorrência da relação entre as variáveis tratadas em função dos valores dos coeficientes estimados e seus respectivos desvios padrão.

iv) Teste de Normalidade dos Resíduos

No estabelecimento do modelo de regressão múltipla, considera-se que os resíduos explicados pelo modelo devem obedecer a distribuição Normal com média zero. Uma das formas de se avaliar a confiabilidade das equações obtidas foi, então, através da análise dos resíduos gerados por cada bacia com base na plotagem do histograma dos resíduos.

Para a elaboração do ajuste de regressão múltipla, foram desconsiderados os valores observados que se dispersaram muito dos valores médios, como citado no item 3.1 sobre a bacia do rio Corumbataí em Analândia. Não foram analisadas também a influência dos coeficientes observados nas bacias para as quais não foi possível a determinação de L e S citadas no item 3.3.

O programa para a análise das estimativas dos coeficientes da regressão, em linguagem Genstat, considerou a desigualdade no número de eventos observados em cada bacia. As bacias com maior n foram conferidas maior peso no ajuste da regressão múltipla.

A análise inicial de regressão com os dados disponíveis permitiu verificar que:

- 1) Com base na análise inicial de regressão simples entre cada variável separadamente, a área das bacias demonstrou maior influência à variação dos coeficientes C_{max} e C_{med} . O comprimento e a declividade do talvegue, com base na amostra analisada, demonstraram pouca influência.
- 2) Na análise de regressão múltipla, verificou-se que para o coeficiente C_{max} todas as variáveis contribuíram significativamente, ao nível de 5%, com o modelo. Com C_{med} , a variável S não contribuiu, diminuindo o coeficiente de correlação com a sua inclusão.
- 3) De forma geral, os coeficientes de correlação foram baixos. Os resíduos não apresentaram comportamento Normal perfeito e, apesar da exclusão de bacias que geraram resíduos discrepantes, não foi possível melhorar de forma considerável este resultado.

Novamente, então, testou-se a regressão simples entre os coeficientes e as áreas das 37 bacias das quais se conhecia o valor desta variável. Tentou-se estabelecer também a regressão múltipla entre as 22 bacias com valores de área e comprimento de talvegue somente, já que pela análise inicial a declividade, de acordo com os dados disponíveis, demonstrou prejudicar a análise.

As equações obtidas com os parâmetros de precisão relacionados para cada coeficiente estimado são apresentados na Tabela 4.2.

Para a estimativa das equações com base na variável área, após a retirar da amostra as bacias que geraram altos resíduos, 34 bacias foram envolvidas na análise de regressão

Tabela 4.2. Equações de relação estabelecidas.

Equação	R ² (%)	Desvio Padrão dos Coeficientes
1) $\text{LogC}_{\text{max}}=0,5128-0,0634\text{LogA}$	37,4	a: 0,0966 b: 0,0139
2) $\text{LogC}_{\text{med}}=1,0130-0,1157\text{LogA}$	42,2	a: 0,1590 b: 0,0231
3) $\text{LogC}_{\text{max}}=0,2538-0,0713\text{LogA}+0,0708\text{LogL}$	48,5	a: 0,0629 b: 0,0200 d: 0,0325
4) $\text{LogC}_{\text{med}}=0,9510-0,2338\text{LogA}+0,2130\text{LogL}$	56,1	a: 0,1690 b: 0,0628 d: 0,1010

simples. Já para a análise de regressão múltipla, C_{max} foi estimado com base nos dados de 19 bacias e C_{med} de 20 bacias.

Os coeficientes de correlação verificados foram baixos. Para a regressão simples, todos os coeficientes estimados, ao nível de 5%, confirmaram a existência de correlação entre a área e C_{max} e C_{med} . Os resíduos gerados apresentaram considerável tendência de distribuição Normal. Na regressão múltipla, para ambos os coeficientes, verificou-se acréscimo significativo, ao nível de 5%, na precisão das equações com a inclusão de L. Também ao nível de 5%, os coeficientes estimados apresentaram-se adequados e a tendência à Normalidade dos resíduos gerados também pode ser verificada.

Análise das equações obtidas

Fez-se a comparação entre os valores estimados com o uso das equações lineares estabelecidas e os valores dos coeficientes C_{max} e C_{med} reais observados nas bacias 8 e 33. A equação 3 foi aferida para as bacias 8 e 17 e a equação 4 para as bacias 8 e 15. A Tabela 4.3 apresenta os valores obtidos.

Os valores estimados com as equações foram, na maior parte, superestimados e a precisão de C_{max} foi maior em relação à de C_{med} . No entanto, os erros envolvidos são consideráveis. Deve-se atentar para o fato de que os próprios valores “reais” apresentam por si próprios uma imprecisão por representarem a média dos eventos registrados.

Tabela 4.3. Comparação entre os valores observados e estimados.

Bacia	C_{max} obs	Equação utilizada	C_{max} estimado	C_{med} obs	Equação utilizada	C_{med} estimado
8	1,375	1	1,909	1,885	2	3,886
8		3	1,436		4	3,891
33	1,844	1	2,345	2,430	2	5,658
15				1,788	4	3,885
17	1,965	3	1,587			

As estimativas, então, possuem a imprecisão própria, correspondente ao ajuste de regressão estabelecido, além da imprecisão original dos coeficientes médios.

4.3. Análise Probabilística - Modelos Considerados

Com as séries de vazões máximas anuais obtidas, compostas, em média, por oito anos de dados, fez-se a determinação das curvas de probabilidade empírica para cada posto e o ajuste da distribuição teórica Log-Pearson III.

A adoção dos modelos se deu, principalmente, em função do objetivo do trabalho, considerando a comprovada adequabilidade do modelo de Log-Pearson (Beard, 1974), a três parâmetros, para representar séries de máximos anuais de vazões e a possibilidade de se avaliar a consistência dos dados através da verificação da ocorrência de valores absurdos de vazões que, através da plotagem do modelo empírico são identificados.

Objetivou-se conhecer o comportamento de C_{max} e C_{med} estimados para os períodos de retorno de 2, 5, 10 e 25 anos. Considerando que as medidas para o controle de cheias em pequenas áreas são tomadas para contenção de eventos de curtos a médios períodos de retorno, e que o reduzido tamanho das séries analisadas pode aumentar consideravelmente

as incertezas nas inferências estatísticas para futuro muito distante, adotaram-se os valores de períodos de retorno citados.

Ajuste do Modelo Empírico de Probabilidades

Com o intuito de aferir a consistência dos valores de Q_{max} , Q_{med} e Q_i determinados a partir dos registros linigráficos, como também possuir base de comprovação do ajuste do modelo teórico de Log-Pearson III às séries, foi realizado o ajuste do modelo empírico de probabilidade às vazões máximas anuais em cada bacia.

O ajuste do modelo empírico, ou experimental, é a atribuição de uma frequência probabilística a cada elemento de uma amostra. Esta atribuição é feita com base no ordenamento destes elementos em função da magnitude (a partir do evento mais raro para o menos raro). No caso do tratamento de valores máximos, este se faz do maior para o menor valor. A posição de cada evento, recebe, então uma determinada probabilidade de ocorrência, com base na série, cujo inverso, é o período de retorno do mesmo. A forma geral da equação de determinação da posição de plotagem é:

$$P(i) = (i - b) / [n - (2 * b) + 1] \quad (4.3)$$

onde $P(i)$ é a probabilidade do evento ser igualado ou superado; i é o número de ordem que corresponde a cada elemento; n é o número de elementos na série; b é uma constante que assume diferentes valores segundo diferentes autores. Foi adotado o valor de b igual a zero, segundo Weibull apud Lanna (1993) sendo este o valor mais adotado na prática hidrológica. Nos Anexos C e D são apresentados os gráficos em escala logarítmica para as séries estudadas relativos ao ajuste e as vazões estimadas no ajuste, respectivamente.

Da análise das curvas de probabilidade empírica obtidas, foi possível verificar a existência valores atípicos que se desviam marcadamente dos demais valores da amostra ("outliers"). Nesse caso, esses valores se devem ao pequeno tamanho das séries hidrológicas. No entanto, é difícil decidir o quão significativo é o desvio apresentado pelo

elemento. Ou, também, se este advém do uso dos modelos probabilísticos inadequados ou se este mesmo uso não escondem ou dissimulam a presença dos mesmos. As séries que, pela análise empírica, apresentaram possível presença de outliers foram as correspondentes às bacias dos postos 3, 6, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 30, 32, 33 e 38. Apesar das aparências (afastados do comum dos dados), os valores “outliers” aqui, subjetivamente, identificados são observações válidas para o trabalho. O procedimento aqui adotado para corrigir, ou minimizar, as possíveis tendenciosidades geradas devido aos valores incomuns apresentados foi a adoção de técnicas adequadas para o tratamento deste tipo de série como estimadores de máxima verossimilhança.

Ajuste do Modelo Teórico de Distribuição Probabilística Log-Pearson III

A distribuição Log-Pearson possui três parâmetros: média, variação e forma, estimados pela média, desvio padrão, e coeficiente de assimetria.

A estimativa da vazão para um dado TR é obtida por:

$$\text{Log}Q(\text{TR}) = (M_m + K_f(\text{TR}, G)D) \quad (4.4)$$

onde $K_f(\text{TR}, G)$ é um fator de frequência que depende do período de retorno da vazão estimada e do coeficiente de assimetria da série; M , a vazão média e D o desvio padrão.

O ajuste de uma distribuição teórica a uma distribuição empírica de probabilidades é, na sua essência, a determinação dos valores adequados dos parâmetros de forma que a primeira se torne a mais idêntica possível à segunda. A teoria das probabilidades oferece alguns caminhos para a estimativa dos parâmetros como:

- 1- Método dos momentos;
- 2- Método da Máxima Verossimilhança;

3- Método dos momentos ponderados pela probabilidade;

4- Método dos mínimos quadrados.

Cada um deles tem vantagens e desvantagens sobre os demais. Os dois primeiros foram aqui abordados. O método dos momentos é o mais utilizado devido, principalmente, à sua simplicidade.

Em consideração ao reduzido tamanho das séries aqui tratadas e à possível presença de outliers identificada, o método da Máxima Verossimilhança foi também considerado. No entanto, a determinação dos parâmetros deste método foi impossibilitada, pois não foram obtidas soluções para as equações de máxima verossimilhança. Isto ocorreu para muitas séries.

Partiu-se, então, para análise pelo método tradicional dos momentos, que apesar da possibilidade de geração de estimativas tendenciosas, devido ao reduzido tamanho das séries, tornou-se aqui mais adequado.

Método dos Momentos

O método dos momentos utiliza as estimativas amostrais dos momentos centrais de uma distribuição teórica para ajustá-la a uma amostra.

Estes momentos centrais são:

- Média amostral, como estimativa da esperança populacional;
- Variância amostral, como estimativa da variância populacional;
- Coeficiente de assimetria amostral, como estimativa do momento central de terceira ordem populacional da variável.

Para o desenvolvimento do método, são computados, para a distribuição teórica a ser ajustada, os momentos centrais até uma ordem igual ao número de parâmetros da distribuição. São determinados, então, para a amostra, as estatísticas que estimam cada um dos momentos computados anteriormente. A seguir, cada momento teórico é igualado à sua estimativa amostral. Isso formará um sistema de equações cujas incógnitas são os parâmetros da distribuição teórica. A solução desse sistema fornece a estimativa dos parâmetros. Os valores dos parâmetros e vazões determinadas para os períodos de retorno analisados são apresentados no Anexo E.

A adequacidade do ajuste do modelo Log-Pearson III aos dados foi testada pela comparação entre os valores estimados e os valores da distribuição empírica. A validação do ajuste pode ser feita também pelo teste de hipóteses que considera como hipótese nula que o modelo representa adequadamente a série. Para determinados níveis de significância, é verificada a máxima distância entre a curva de frequência empírica e a curva de frequência teórica. Este procedimento está além do objetivo do presente estudo ficando a validação do modelo utilizado restrita à comparação citada.

A partir das vazões estimadas pelo ajuste do modelo Log-Pearson III às séries de vazões máximas anuais, foram determinados os coeficientes $C_{e_{max}}$ e $C_{e_{med}}$ estimados, de forma análoga às equações 4.1 e 4.2. O ajuste do modelo foi realizado somente às bacias que dispunham de, pelo menos, 5 anos de vazões de vazões máximas observados. Os valores destes coeficientes, para cada TR, são apresentados na Tabela 4.4.

4.4. Análise dos Coeficientes Estimados

As Figuras 4.8 a 4.19, a partir da página 58, ilustram a relação verificada entre os valores dos coeficientes e os períodos de retorno estudados para:

.todas as bacias (Figuras 4.8 e 4.9);

Tabela 4.4. Coeficientes estimados.

Bacia	$C_{e_{max}}$	$C_{e_{med}}$	$C_{e_{max}}$	$C_{e_{med}}$	$C_{e_{max}}$	$C_{e_{med}}$	$C_{e_{max}}$	$C_{e_{med}}$
	TR = 2anos		TR = 5anos		TR = 10 anos		TR = 25 anos	
1	1,005	1,010	1,008	1,014	1,009	1,017	1,011	1,019
2	1,056	1,486	1,097	1,377	1,128	1,270	1,170	1,128
3	1,001	1,008	1,013	1,021	1,003	1,035	1,020	1,078
5	1,009	1,065	1,013	1,038	1,014	1,014	1,029	1,014
6	1,033	1,149	1,104	1,399	1,154	1,620	1,219	1,966
7	1,059	1,198	1,053	1,119	1,052	1,094	1,050	1,075
8	1,233	1,625	1,222	1,351	1,218	1,182	1,240	1,021
9	1,022	1,192	1,014	1,161	1,011	1,166	1,007	1,186
10	1,026	1,028	1,011	1,022	1,007	1,022	1,005	1,021
11	1,077	1,752	1,023	1,359	1,049	1,195	1,104	1,044
13	1,093	1,376	1,139	1,542	1,161	1,682	1,184	1,886
14	1,007	1,018	1,006	1,017	1,005	1,014	1,004	1,010
15	1,017	1,117	1,016	1,073	1,027	1,054	1,050	1,037
16	1,150	1,415	1,106	1,279	1,076	1,242	1,045	1,219
18	1,138	1,399	1,008	1,253	1,022	1,264	1,096	1,340
19	1,022	1,181	1,022	1,150	1,021	1,122	1,018	1,085
20	1,014	1,048	1,018	1,040	1,021	1,049	1,024	1,067
22	1,006	1,013	1,007	1,023	1,008	1,029	1,009	1,037
23	1,000	1,004	1,001	1,004	1,000	1,007	1,002	1,013
24	1,021	1,070	1,009	1,053	1,004	1,047	1,001	1,042
25	1,076	1,108	1,051	1,084	1,031	1,064	1,004	1,038
27	1,075	1,424	1,019	1,131	1,012	1,005	1,110	1,164
28	1,010	1,033	1,008	1,040	1,006	1,042	1,002	1,042
29	1,094	1,390	1,079	1,314	1,063	1,221	1,040	1,094
30	1,047	1,239	1,045	1,318	1,044	1,412	1,044	1,558
32	6,143	8,096	4,768	7,178	4,237	6,627	3,778	6,004
33	1,732	2,268	1,382	2,046	1,188	1,911	1,013	1,782
34	1,110	1,472	1,126	1,645	1,120	1,717	1,105	1,778
35	1,048	1,278	1,037	1,407	1,042	1,516	1,055	1,674
36	1,237	1,910	1,097	1,731	1,045	1,674	1,001	1,634
37	1,369	1,731	1,216	1,697	1,226	1,660	1,286	1,608
38	1,025	1,198	1,022	1,177	1,018	1,134	1,012	1,067

.as bacias separadas com as respectivas ordem de grandeza das áreas de drenagem (Figuras 4.10 e 4.11);

.as bacias separadas pelo tamanho das séries (Figuras 4.12 a 4.15);

.as bacias com os respectivos tempos de concentração (Figuras 4.16 a 4.19).

Verificou-se que, para todas as bacias, com exceção da do Rio Corumbataí em Analândia, os valores de $C_{e_{max}}$ para os TR's analisados foram de 1,000 a 1,732. Para $C_{e_{med}}$, a faixa de variação foi maior: de 1,004 a 2,268. Em Analândia, $C_{e_{max}}$ assumiu valores entre 3,778 e 6,143; $C_{e_{med}}$ entre 6,004 e 8,096. Como era de se esperar, aqui também esta citada bacia apresentou valores de coeficientes estimados muito superiores aos das demais bacias pois a sua série original era bastante discrepante.

Com relação às áreas de drenagem das bacias estudadas, pôde-se verificar que:

1- Para áreas de até 1000km^2 , os valores dos coeficientes diminuíram com o aumento do TR. A bacia do Rio Corumbataí em Analândia, como previsto em função dos valores naturais observados, apresentou coeficientes consideravelmente superiores às demais em todos os TR's analisados. Os valores máximos dos coeficientes também diminuíram com o aumento do TR. 2- Para áreas entre 1000 e 3500km^2 , os valores obtidos para os coeficientes $C_{e_{max}}$ e $C_{e_{med}}$ diminuíram com o aumento do TR novamente.

As bacias dos rios Hercílio e Mourão em Ibirama e Quinta do Sol, respectivamente, apresentaram valores de $C_{e_{med}}$ superiores às demais bacias nesta faixa de valores de área de drenagem.

O coeficiente $C_{e_{med}}$ apresentou tendência de decréscimo com o aumento da área de drenagem, principalmente para TR de 10 anos. O coeficiente $C_{e_{max}}$ não apresentou nenhuma tendência.

3- Para áreas de drenagem superiores a 3500km^2 , a faixa de variação dos coeficientes também diminuiu com o aumento do TR. Para áreas no extremo

superior do intervalo, os valores foram maiores. A bacia do Rio Ribeira do Iguape em Balsa do Cerro Azul apresentou valores superiores às demais para os TR's de 2, 5 e 10 anos.

Em geral, na análise em função da área de drenagem, $C_{e_{max}}$ variou mais que $C_{e_{med}}$ para os diferentes TR's tratados e, para pequenos TR's, a variabilidade em ambos os coeficientes foi menor.

Com a relação à variação dos coeficientes estimados com relação aos tempos de concentração das bacias para as quais esta grandeza foi determinada, os valores médios de $C_{e_{max}}$ e $C_{e_{med}}$ verificados são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5. Valores médios dos coeficientes estimados por Log-Pearson III.

$C_{e_{max}}$				$C_{e_{med}}$			
TR (anos)				TR (anos)			
2	5	10	25	2	5	10	25
1,065	1,062	1,064	1,066	1,230	1,241	1,234	1,246

Houve uma tendência, não muito bem definida, de diminuição destes coeficientes com o aumento do tempo de concentração. Pode-se observar nas Figuras 4.16 a 4.19 que, para todos os períodos de retorno estudados, a faixa de variação dos valores nas bacias com tempo de concentração com até 10 horas foi maior.

Com relação à ordem de grandeza das séries analisadas, nas bacias com séries entre 5 e 9 anos, correspondentes à 79% do total de bacias, os coeficientes $C_{e_{max}}$ e $C_{e_{med}}$ estimados apresentaram valores médios superiores aos apresentados pelas bacias com séries maiores que 9 anos.

Nas bacias com séries maiores que 9 anos, a bacia do Ribeirão Buriti apresentou valores superiores, e com maior variação, em relação aos apresentados pelas demais bacias a ela agrupadas. Isto se fez notar principalmente para $C_{e_{med}}$ (ver Figura 4.11b). Nas bacias com

séries menores que 10 anos, a bacia do ribeirão dos Batatais apresentou o mesmo comportamento.

Analisando os coeficientes estimados em função da localização estadual das bacias, foi possível concluir que:

1- As bacias do Rio Grande do Sul, apresentaram $C_{e_{max}}$ entre 1,001 e 1,254. Com exceção da bacia do Rio Carreiro em Passo Carreiro, este coeficiente se manteve quase inalterado com a variação do TR. Para esta, $C_{e_{max}}$ apresentou uma tendência crescente. Os valores de $C_{e_{med}}$ variaram de 1,008 a 1,486 e, para as três bacias, manteve-se também quase inalterado.

2- No Estado de Santa Catarina, os valores de $C_{e_{max}}$ para a bacia do Itajaí do Oeste em Taió se manteve quase inalterado, enquanto que para a bacia do Rio Hercílio em Ibirama, os valores aumentaram com o aumento da TR. O valor mínimo foi de 1,008 e o máximo de 1,219. Os valores de $C_{e_{med}}$ apresentaram o mesmo comportamento, com variação entre 1,001 e 1,967.

3- No Paraná, a bacia do Rio Ribeira do Iguape apresentou valores de $C_{e_{max}}$ superiores às demais regiões. Para as demais, não foi verificada tendência uniforme de comportamento mas a maioria apresentou pouca variação. Os valores variaram de 1,004 a 1,233. Os valores de $C_{e_{med}}$ também não apresentaram um comportamento uniforme. Nas bacias dos rios Mourão em Quinta do Sol, Ribeira do Iguape em Balsa do Cerro Azul e Atuba, em Afonso Camargo, apresentaram os maiores valores. Os valores se apresentaram entre 1,005 e 1,886, principalmente porque esta última apresenta alto grau de urbanização.

4- Em São Paulo, as bacias apresentaram $C_{e_{max}}$ entre 1,000 e 6,143. As bacias do Rio Corumbataí em Analândia e do Ribeirão dos Batatais em Batatais apresentaram valores muito superiores às demais bacias, principalmente para pequenos TR's. A

maioria das demais bacias apresentaram tendência de constância nos valores de $C_{e_{max}}$. Os valores de $C_{e_{med}}$ variaram entre 1,004 e 8,096. As bacias, anteriormente citadas, voltaram a apresentar o mesmo comportamento. Aqui também a maioria das bacias apresentou pouca variação nos valores de $C_{e_{med}}$.

4.5- Conclusões das Análises

As análises realizadas neste capítulo visaram o conhecimento dos comportamentos dos coeficientes C_{max} e C_{med} , observados e associados às probabilidades referenciadas, em relação a alguns parâmetros físicos que caracterizam a bacia hidrográfica. No entanto, as limitações dos dados obtidos impossibilitaram a determinação precisa destes coeficientes, tornando indevida a proposição de elementos que permitam a estimativa da vazão máxima instantânea em locais onde esta não é medida de forma direta, objetivo central deste estudo.

Desta forma, a metodologia a ser apresentada no próximo capítulo vem, mais uma vez, tentar alcançar o objetivo proposto, com base na utilização de modelo hidrológico.

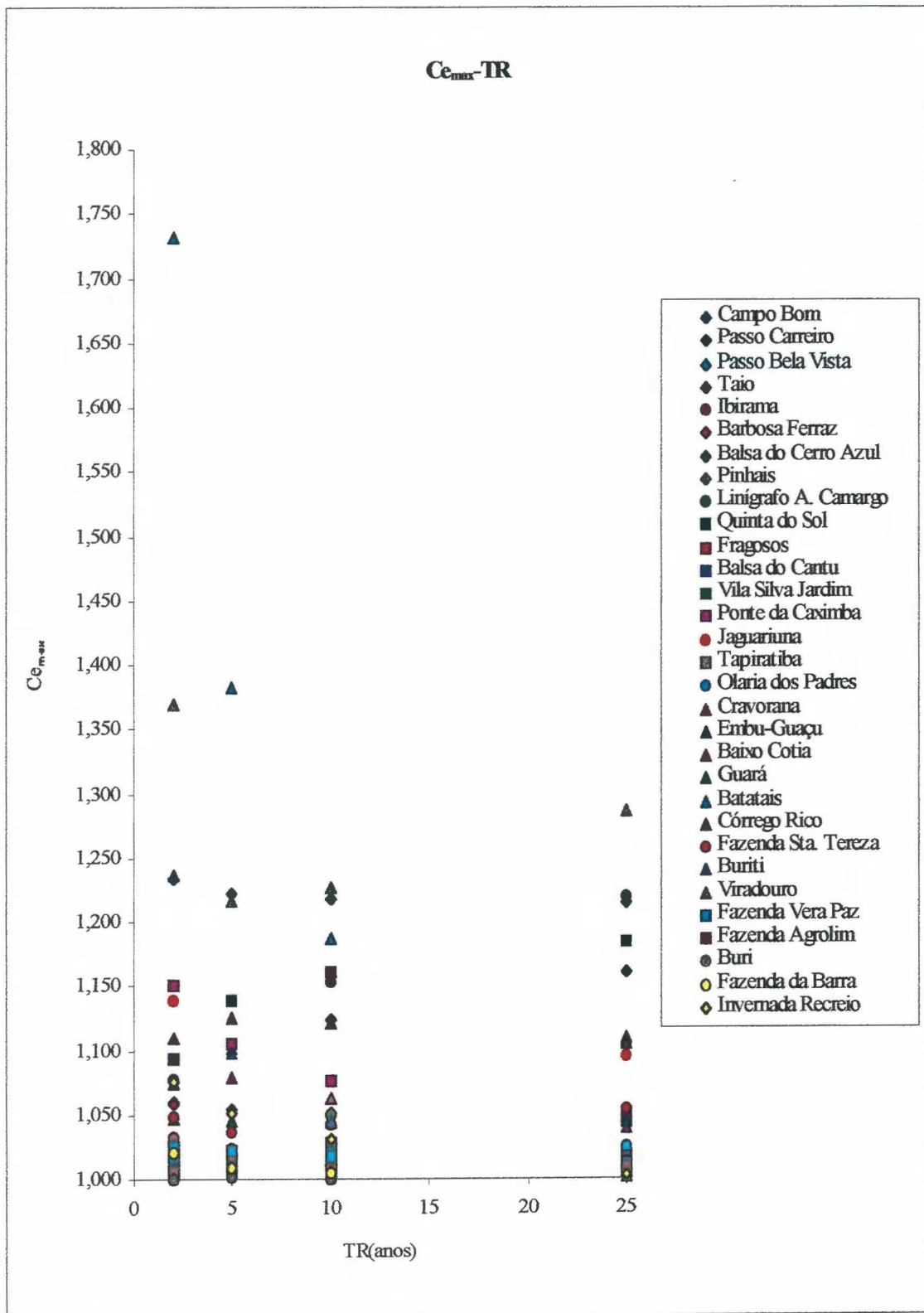


Figura 4.8. Relação entre $C_{e_{max}}$ e TR para as bacias com série maior que 5 anos.

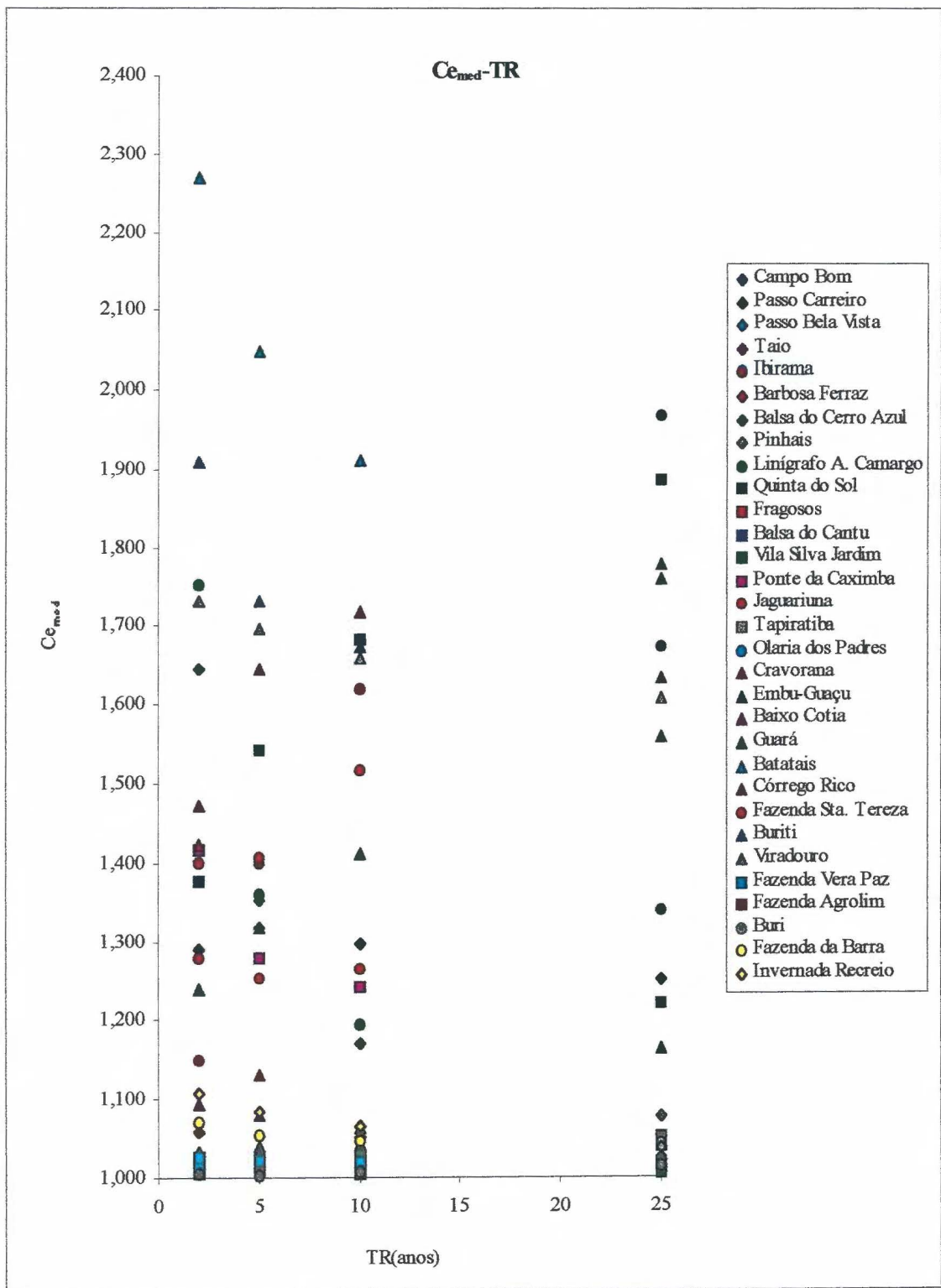


Figura 4.9. Relação entre Ce_{med} e TR para as bacias com série maior que 5 anos.

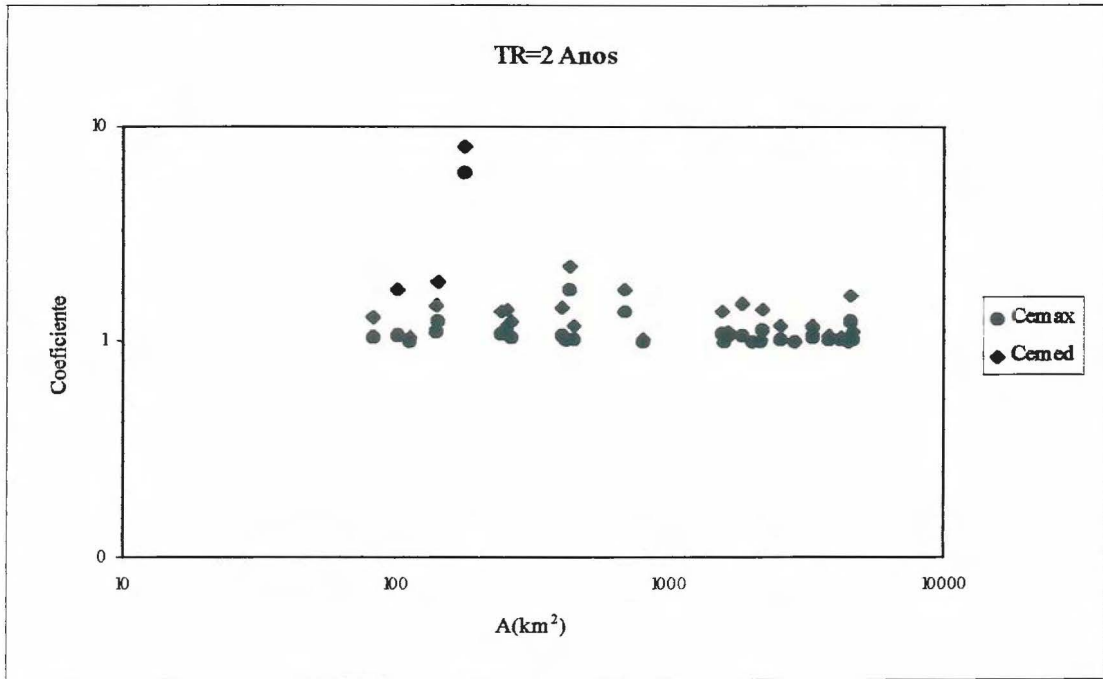


Figura 4.10a. Relação entre os coeficientes estimados e as áreas das bacias.

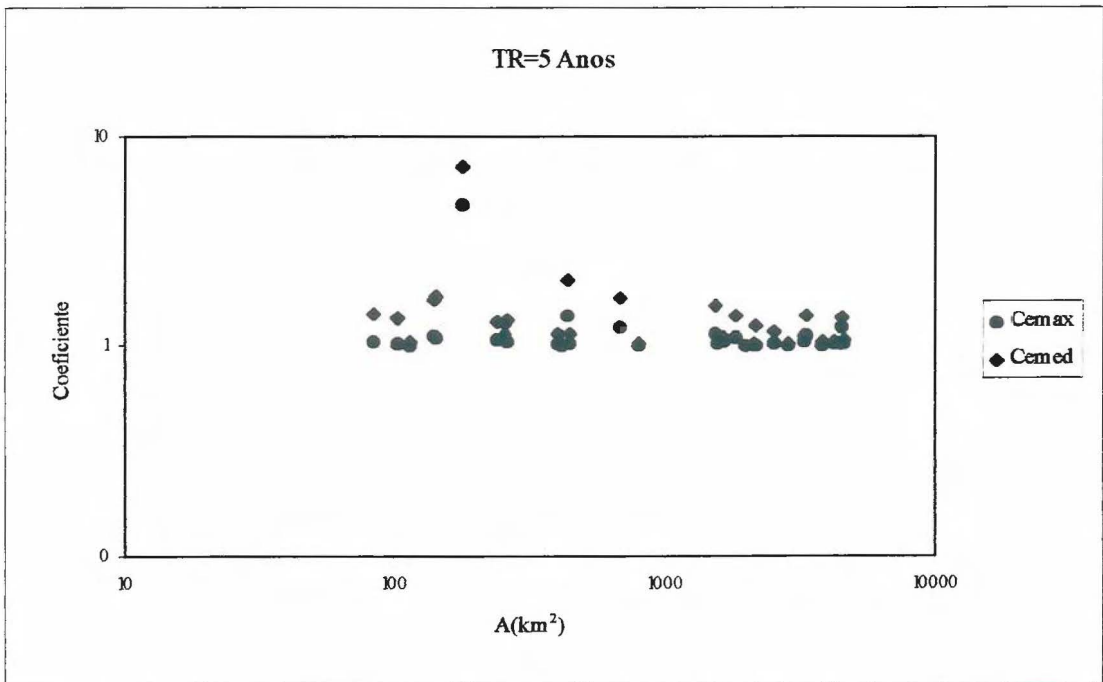


Figura 4.10b. Relação entre os coeficientes estimados e as áreas das bacias.

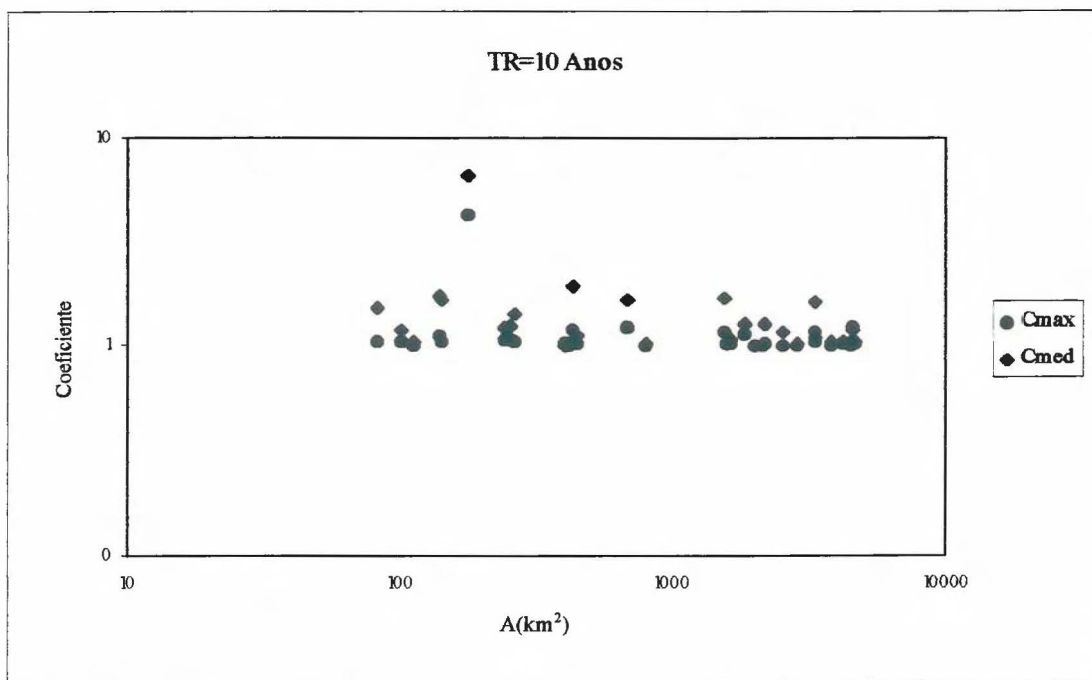


Figura 4.11a. Relação entre os coeficientes estimados e as áreas das bacias.

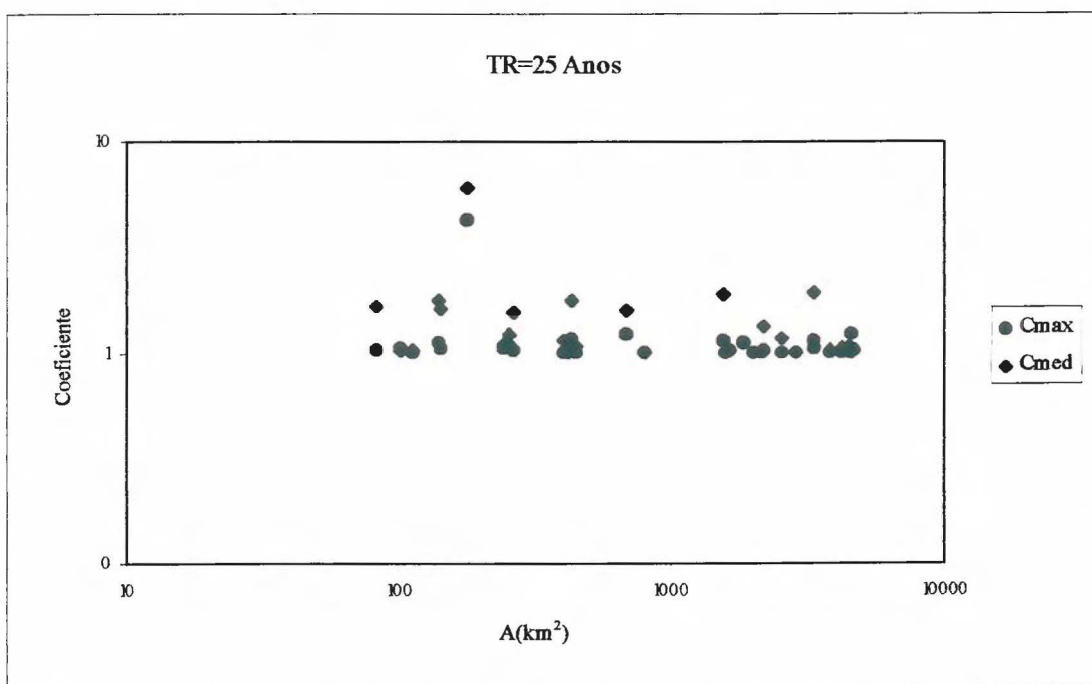


Figura 4.11b. Relação entre os coeficientes estimados e as áreas das bacias.

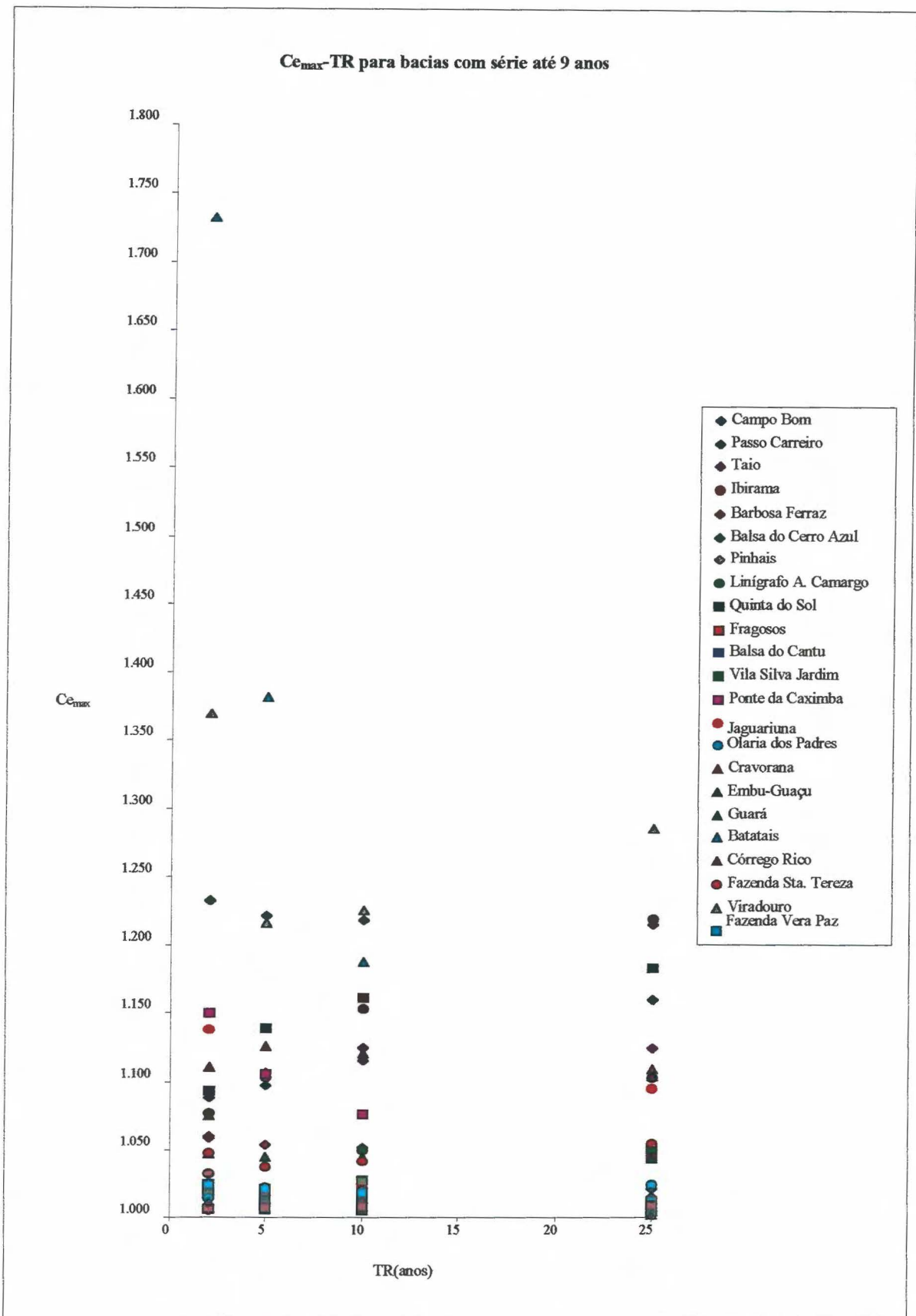


Figura 4.12. Relação entre $C_{e_{max}}$ e TR para bacias com séries até 9 anos.

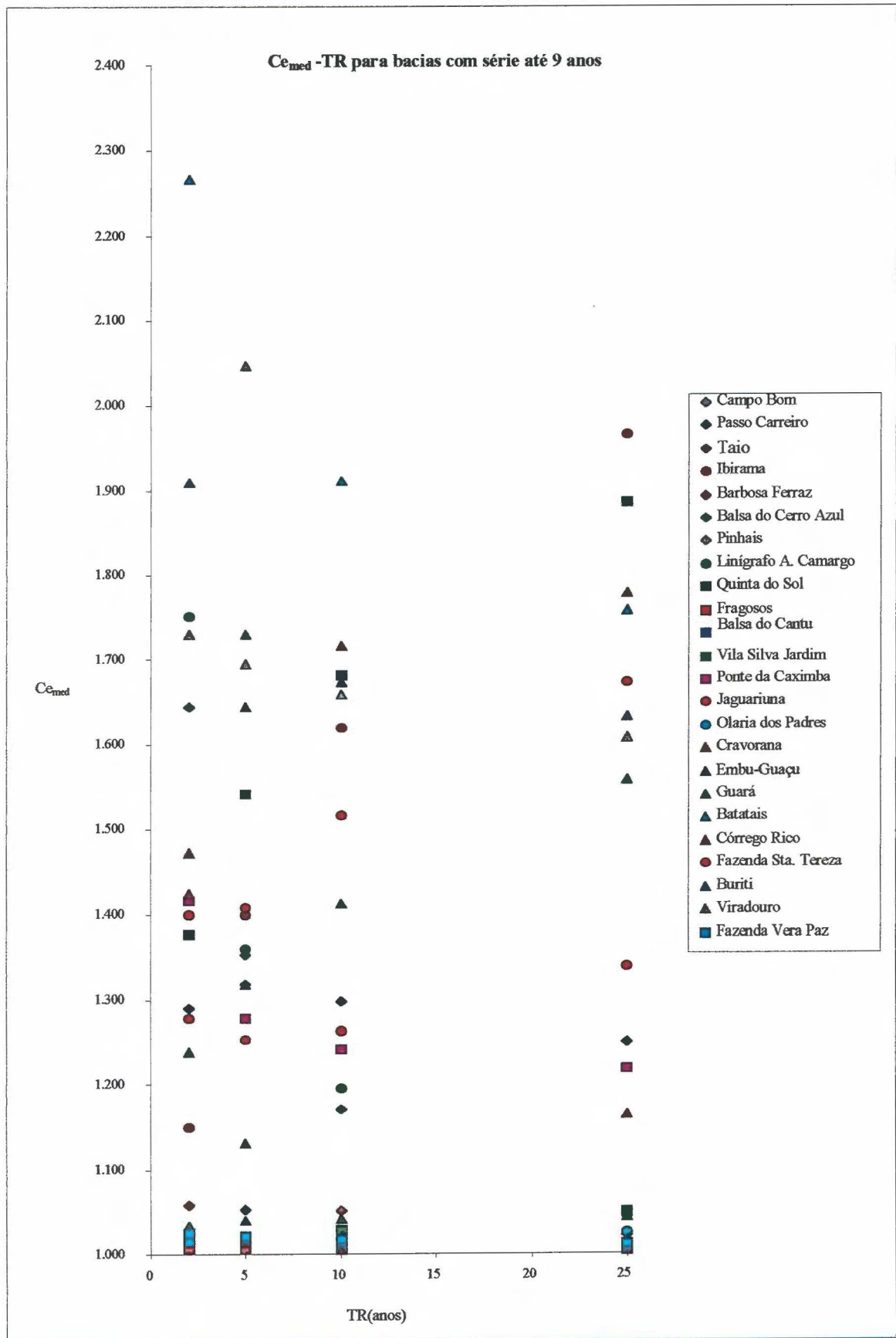


Figura 4.13. Relação entre C_{med} e TR para bacias com séries até 9 anos.

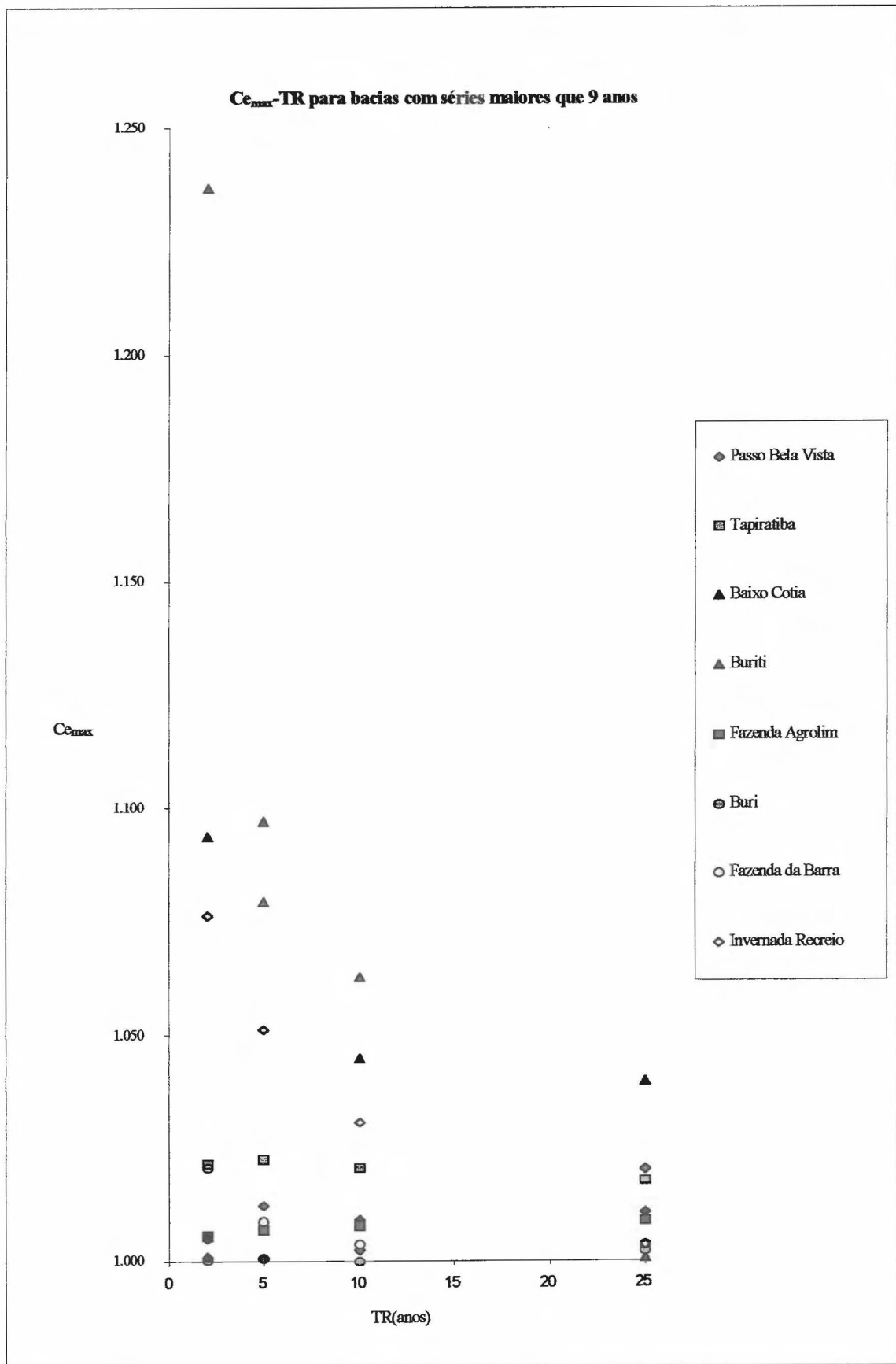


Figura 4.14. Relação entre C_{max} e TR para bacias com séries maiores que 9 anos.

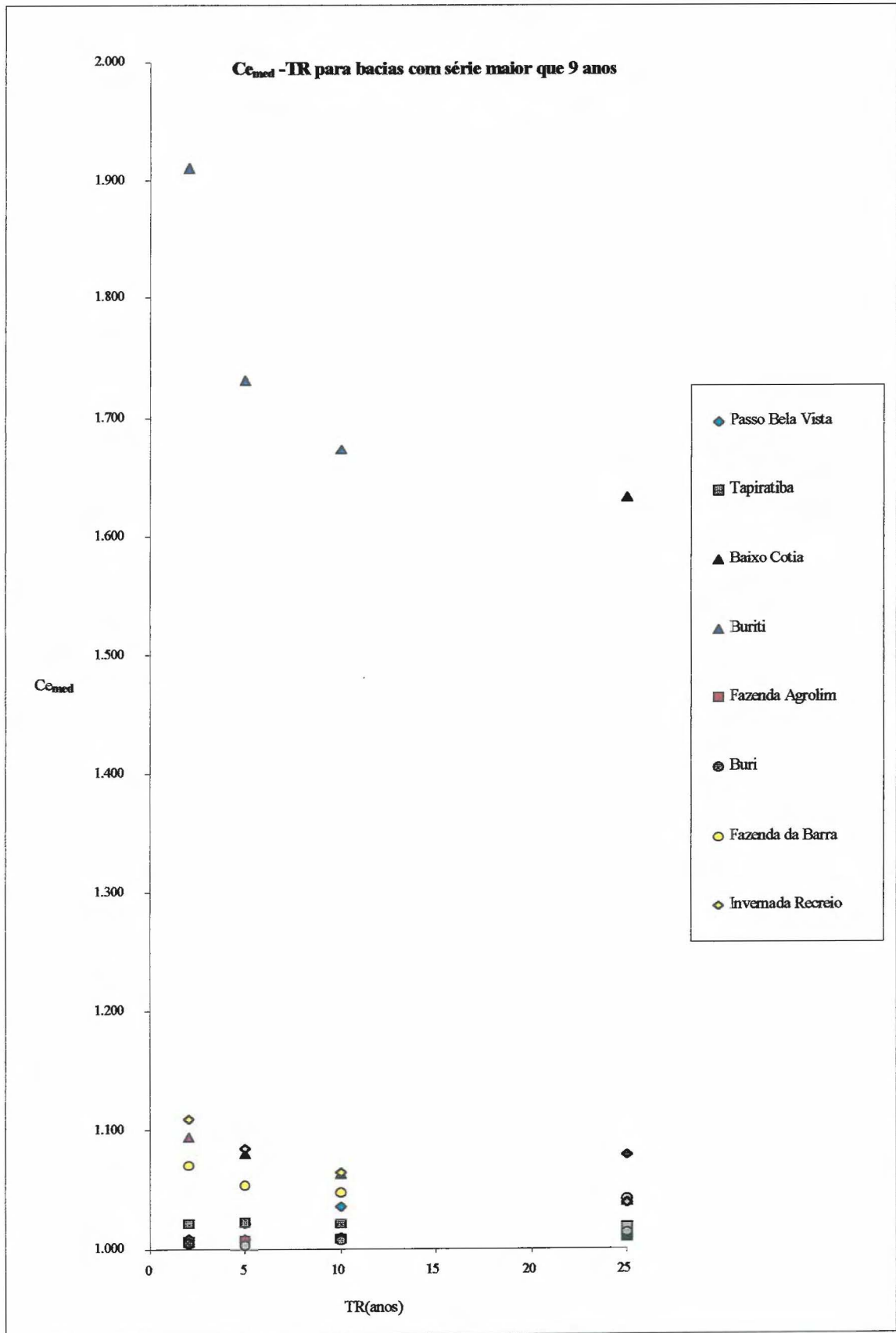


Figura 4.15. Relação entre C_{med} e TR para bacias com séries maiores que 9 anos.

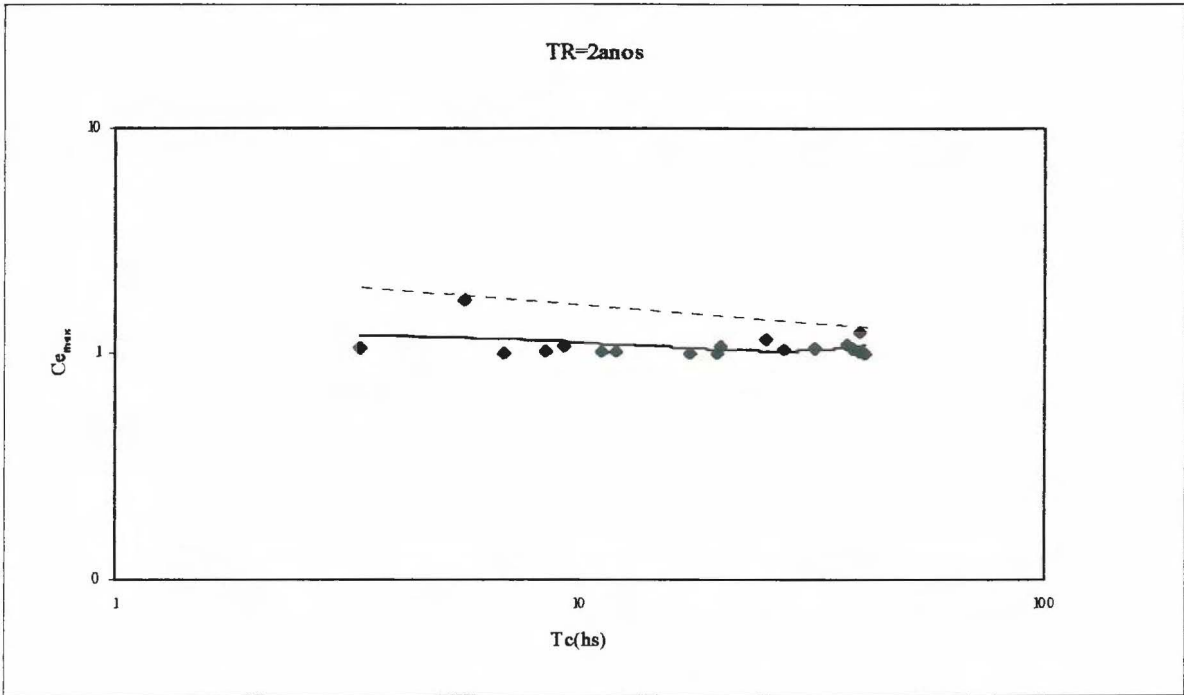


Figura 4.16a. Relação entre C_{max} e tempo de concentração.

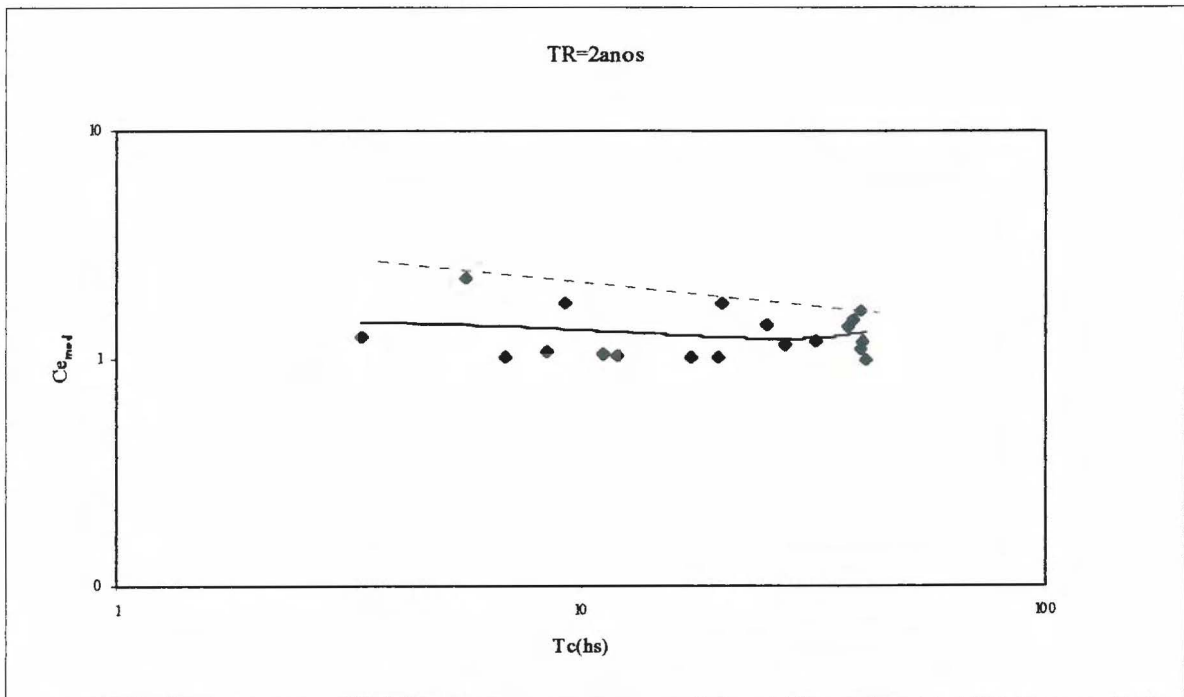


Figura 4.16b. Relação entre C_{med} e tempo de concentração.

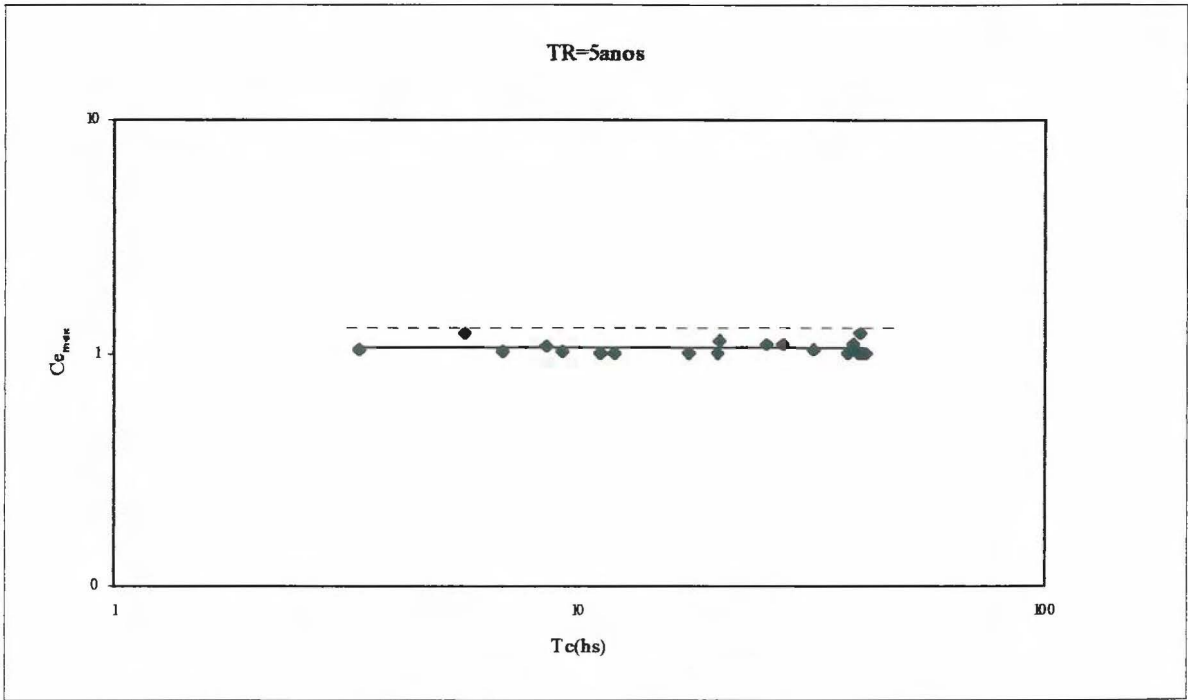


Figura 4.17a. Relação entre C_{max} e tempo de concentração.

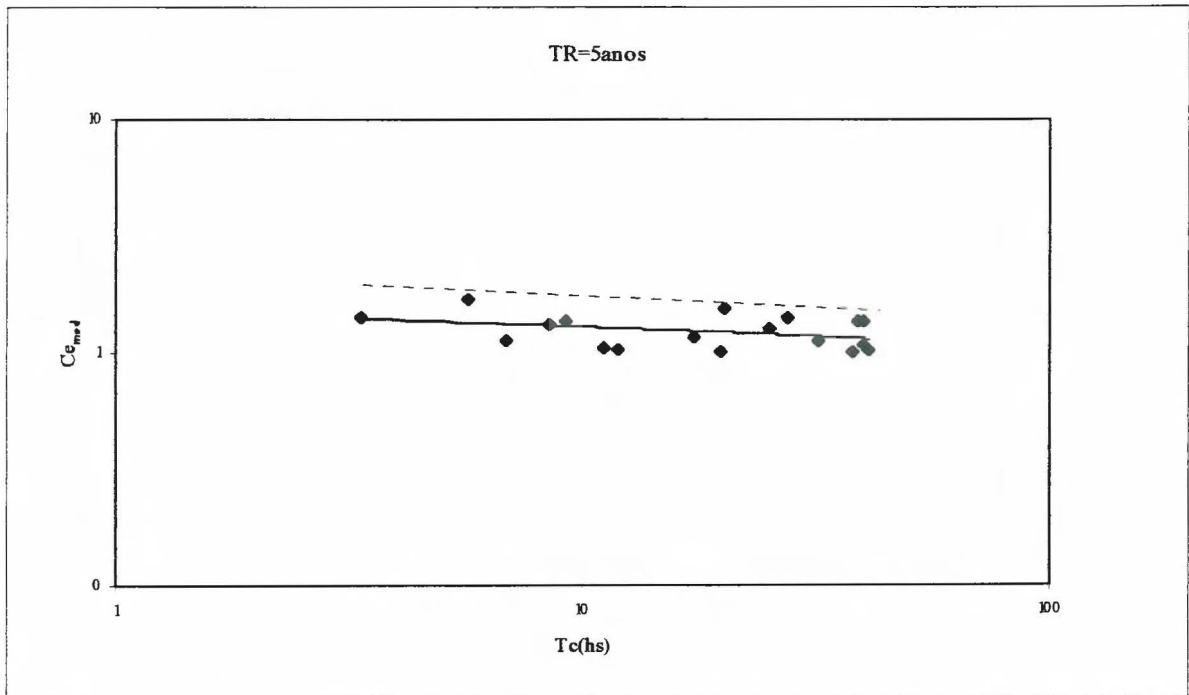


Figura 4.17b. Relação entre C_{med} e tempo de concentração.

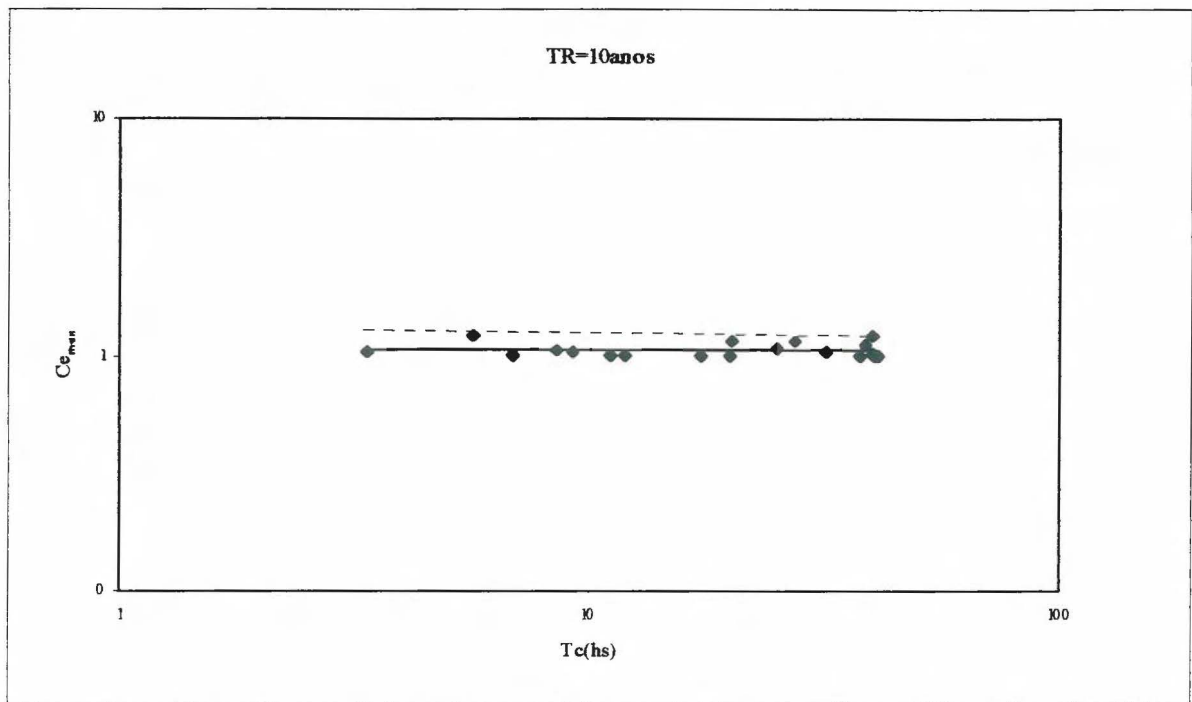


Figura 4.18a. Relação entre C_{max} e tempo de concentração.

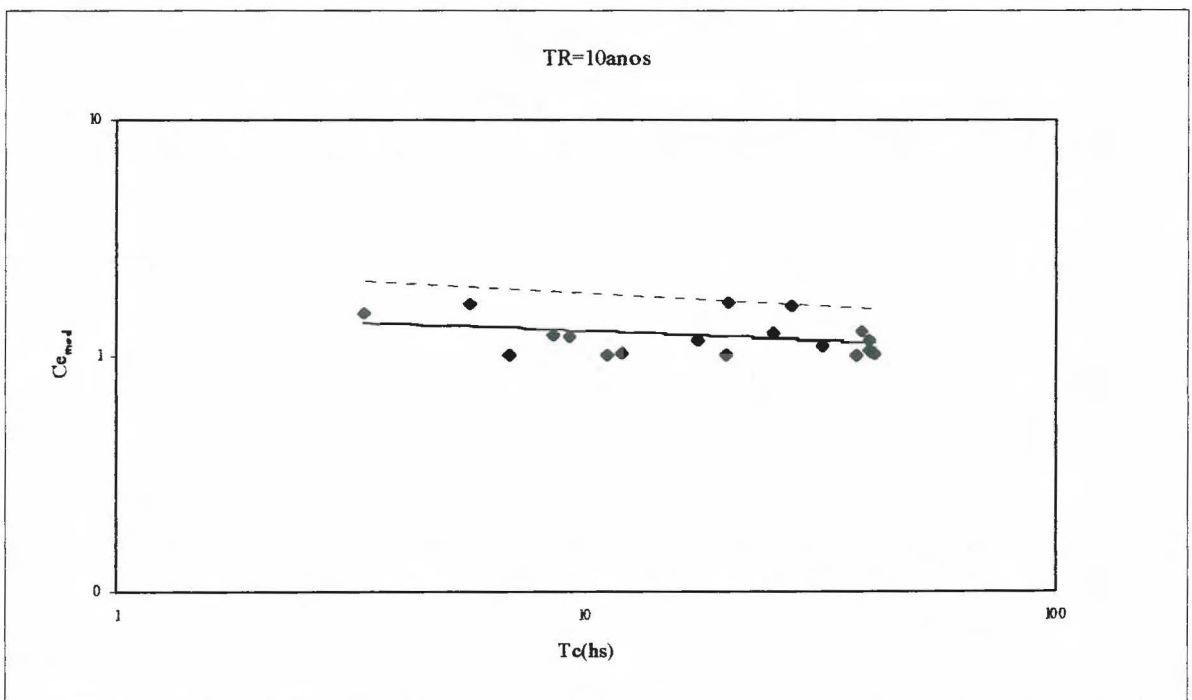


Figura 4.18b. Relação entre C_{med} e tempo de concentração.

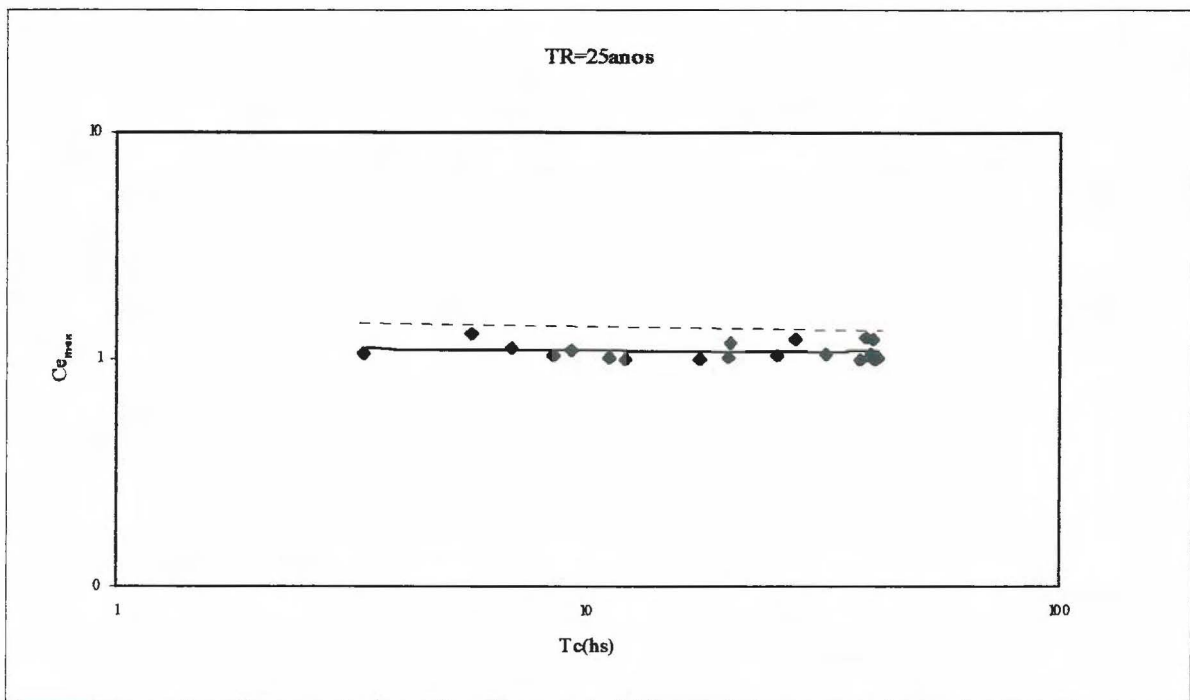


Figura 4.19a. Relação entre C_{max} e tempo de concentração.

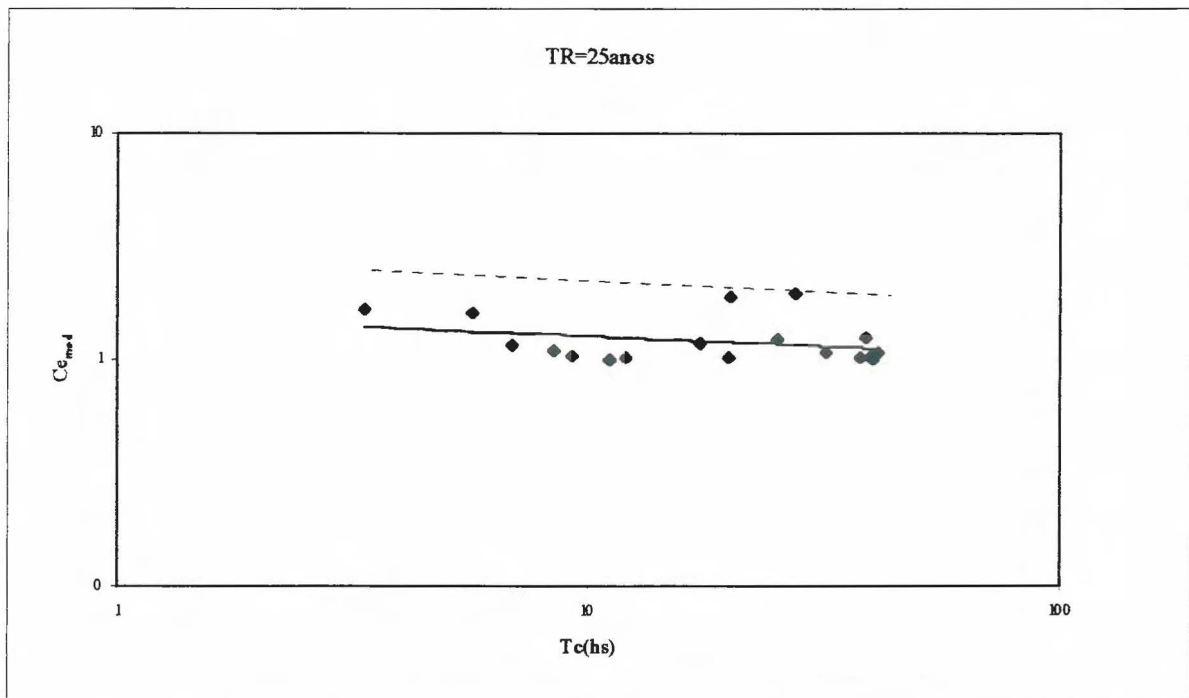
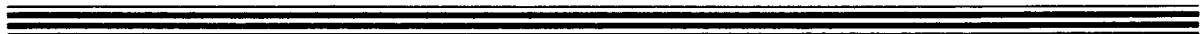


Figura 4.19b. Relação entre C_{med} e tempo de concentração.



5- SIMULAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE AS VAZÕES MÁXIMAS

Nesse capítulo é apresentada uma metodologia que permite estimar a razão entre a vazão máxima instantânea (Q_i) e a vazão máxima das duas leituras diárias (Q_{max}) em função da precipitação e das principais características das bacias hidrográficas: tipo e uso do solo e tempo de concentração. Esta análise é baseada no uso do modelo hidrológico precipitação-vazão do Soil Conservation Service (SCS, 1975).

5.1- A Função de C_{max}

A variável C_{max} (Q_i/Q_{max}) depende de vários fatores, onde os principais são os seguintes:

- (i) precipitação: tempo em que inicia, distribuição temporal e espacial e seu total;
- (ii) condições de umidade antecedentes à precipitação na bacia;
- (iii) capacidade de infiltração, características do solo e de seu uso;
- (iv) características do escoamento na bacia.

O parâmetro relacionado com a precipitação tem características aleatórias, como também as características de umidade da bacia. Os parâmetros pertinentes às características físicas da bacia e relacionados com a infiltração e o tempo do escoamento podem ser estimados com base no conhecimento das características da mesma.

O coeficiente C_{max} pode ser relacionado com os parâmetros mencionados, através da expressão seguinte:

$$C_{max} = f(\phi_i, \theta_j) \quad (5.1)$$

onde ϕ_j são os m parâmetros relacionados com a precipitação e θ_j são os p parâmetros relacionados com as características da bacia.

5.1.1- Parâmetros da Precipitação

As precipitações que geram o hidrograma na bacia iniciam no tempo t_0 dentro de um período de 24 horas entre 17 horas do primeiro dia até 17 horas do segundo dia.

A intensidade da precipitação com um determinado risco TR é obtida pela curva IDF (intensidade-duração-frequência) do local, geralmente expressa por:

$$I = a \cdot TR^c / (t+b)^n \quad (5.2)$$

onde TR é o tempo de retorno em anos; I é a intensidade da precipitação em mm/h; t, a duração em minutos e; a, b, c e n parâmetros ajustados para o local. Para um valor de TR conhecido ou escolhido, o termo superior da razão da Equação 5.2 fica $A = a \cdot TR^c$ e a equação 5.2 fica:

$$I = A / (t+b)^n \quad (5.3)$$

A precipitação P (mm) com duração t é obtida por:

$$P = I \cdot t / 60 = A \cdot t / (60 \cdot (t+b)^n) \quad (5.4)$$

A distribuição temporal da precipitação P pode ser obtida pelo método de Chicago (Keifer e Chu, 1957) onde é considerado um hietograma com um pico localizado segundo um fator γ da duração total da precipitação t. O período antes do pico é $t_b = \gamma t$, enquanto que o período após o pico é $t_a = (1-\gamma)t$ (Figura 5.1). Considerando a origem do tempo no pico, a precipitação acumulada antes e depois do pico são obtidas, respectivamente por:

$$P(\tau) = \frac{a\tau}{(\gamma / t + b)^n} \quad (5.5)$$
$$P(\tau) = \frac{a\tau}{[\tau / (1-\gamma) + b]^n}$$

onde τ é um determinado instante (tempo) adotado a partir do eixo (Figura 5.1).

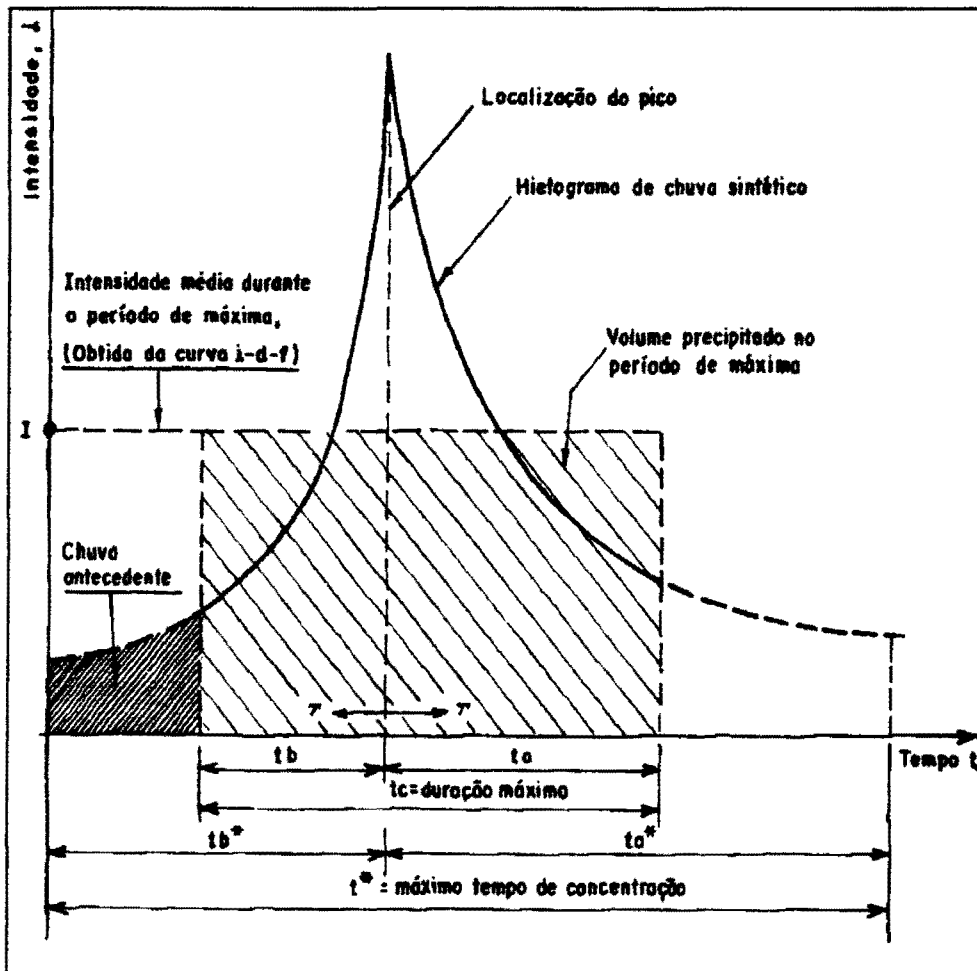


Figura 5.1. Características do hietograma definido pelo método de Chicago.

Para considerar a distribuição espacial na análise, seria necessário o conhecimento da relação entre área, precipitação e duração; para isto, é necessário dispor de registros de pluviógrafos para vários eventos chuvosos. Como estas informações são raras, foram adotados valores de redução devido à variabilidade espacial das precipitações citados na literatura. Segundo Tucci (1993) os coeficientes de redução podem ser considerados com valores entre 0,85 e 0,91.

Portanto, os parâmetros aqui identificados foram: t_0 , a , b , n , TR , γ e t .

5.1.2- Parâmetros da bacia

A bacia hidrográfica pode ser representada por um modelo hidrológico, tendo seus parâmetros identificados na estrutura do modelo. Para essa análise foi utilizado o modelo SCS (SCS, 1975). Esse modelo tem uma estrutura simples com dois módulos básicos:

- (i) separação do escoamento e;
- (ii) propagação do escoamento.

A separação do escoamento é obtida através da equação seguinte:

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P + C - Ia} \quad \text{para } P > Ia \quad (5.6)$$
$$Pe = 0 \quad \text{para } P \leq Ia$$

onde Ia é a perda inicial, em mm; C é a capacidade de armazenamento, em mm; Pe é a precipitação efetiva, em mm. O armazenamento C é obtido com base na equação seguinte:

$$C = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (5.7)$$

onde CN é um parâmetro tabelado em função do tipo e das características do uso do solo e relevo. As perdas iniciais, Ia, para condições médias de umidade são $Ia=0,2C$.

A propagação do escoamento é obtida com base no hidrograma unitário triangular, definido pelo tempo de pico t_p e t_c , o tempo de concentração. A vazão de pico do hidrograma unitário é obtida por:

$$Q_p = \frac{2,08A}{\Delta t / 2 + t_p} \quad (5.8)$$

onde t_p é o tempo de pico em horas e; Δt é o intervalo de tempo da precipitação, também em horas; A a área da bacia em km^2 .

Assim, os parâmetros relacionados com a bacia foram: CN, tp, A, Δt e tc.

5.2- Definição dos Parâmetros

Na simulação, o intervalo de tempo da precipitação foi definido buscando ter pelo menos quatro valores para representar a subida do hidrograma, ou seja (Tucci, 1993):

$$\Delta t = \frac{1}{3} t_p \quad (5.9)$$

Segundo Mockus, apud Gray (1973), o tempo de pico e o tempo de concentração podem ser relacionados por:

$$t_p = 0,6 t_c \quad (5.10)$$

Dessa forma os parâmetros a serem definidos são:

1. A área da bacia (A) que, nesse caso, pode ser fixada já que não interfere no cálculo do coeficiente;
2. O parâmetro CN que reflete as características físicas da bacia. Ao fixar esse parâmetro, define-se um determinado tipo de bacia quanto ao uso e cobertura;
3. O parâmetro tc define o tempo de deslocamento do escoamento na bacia em função do comprimento, declividade, rugosidade do rio, entre outros;
4. Os parâmetros A, f(TR), b e n caracterizam a curva de intensidade-duração-freqüência de um determinado local;
5. Os parâmetros to, tempo em que inicia a precipitação, e γ, o fator de posicionamento do pico, que caracterizam a distribuição temporal da precipitação.

5.3- Metodologia de Estimativa do Coeficiente C_{max}

Considerando que os parâmetros CN, TR e tc dependem de um determinado tipo de bacia, os fatores que restam são aleatórios e envolvem to e γ. O primeiro varia entre 1

e m , onde m é o número de intervalos de tempo em 1 dia, definido com base no tempo de concentração ou tempo de pico (equações 5.9 e 5.10). O segundo varia entre 0 e 1, onde pode se posicionar o pico do hietograma.

Para analisar a variabilidade do coeficiente, utilizou-se o método de Monte Carlo, ou seja, são gerados dois números aleatórios com distribuição de probabilidade uniforme entre 0 e 1, utilizando-se uma função normalmente existente nos compiladores. No caso foi utilizada a existente no compilador FORTRAN. O valor de t_0 é estimado por:

$$t_0 = [\xi_1(m-1) + 1]\Delta d \quad (5.11)$$

onde ξ_1 é um dos valores gerados com distribuição uniforme; Δd é a duração, em horas, do intervalo de tempo. A hipótese adotada é de que existe igual probabilidade de que a precipitação inicie em qualquer intervalo de tempo entre 1 e m .

O valor de γ é estimado por:

$$\gamma = \xi_2$$

onde ξ_2 é o segundo valor gerado com distribuição uniforme entre 0 e 1. Aqui também admite-se uma distribuição uniforme para a ocorrência de γ .

Com esses valores de t_0 e γ gerados, e fixados CN, TR e t_c , é possível determinar o hidrograma de saída da bacia, devido à precipitação definida pelo hietograma, através do modelo SCS. Com base no hidrograma gerado são identificadas as vazões máximas dos horários usuais dos postos hidrológicos e o maior valor de vazão do hidrograma simulado. Nesse caso, o máximo não é necessariamente o instantâneo, mas o maior valor com a discretização adotada, o que é suficientemente preciso para a maioria dos estudos.

Após a geração de um sequência suficientemente grande de números aleatórios é possível determinar o valor esperado de C_{max} e seu desvio padrão DP_{max} . Nesse caso, foram gerados 1000 valores para cada variável. Verificou-se que aumentando esse número os resultados não se alteravam dentro da precisão esperada. Para a determinação do intervalo de confiança das estimativas foi adotada a distribuição Normal.

5.4- Variabilidade do Coeficiente em Função dos Parâmetros

A análise apresentada foi realizada para a IDF de três cidades brasileiras: Porto Alegre e São Paulo. Os coeficientes dessas cidades, de acordo com a equação 5.3, são apresentados na Tabela 5.1 (Tucci, 1993).

Tabela 5.1. Coeficientes das equações IDF.

Local	a*	b	c	n
Porto Alegre(IPH)	509,86	10	0,196	0,72
São Paulo	1747,8	15	0,181	0,89

Os valores escolhidos para análise foram os seguintes:

- (i) valores de CN: 60, 70, 80 e 90, que representam um faixa frequente de valores encontrados nas bacias hidrográficas brasileiras;
- (ii) valores de tempo de concentração: 6, 8, 12, 24, 36 e 48 horas, que representam tempos de resposta em bacias onde um procedimento como esse poderia ser aplicado, já que para tempos muito menores o uso de um simples coeficiente apresenta erros significativos;
- (iii) tempos de retornos examinados: 2, 10, 25, 50 e 100 anos, que são os mais frequentemente utilizados na determinação da curva de probabilidades de um local.

Uma das variáveis do problema, que não foi aqui considerada mas que se observou que pode aumentar o desvio padrão da estimativa, é a vazão inicial ou de base. Nessa análise foi considerada a vazão média como vazão inicial.

Na Figura 5.2a é apresentada a variação do coeficiente em função do tempo de concentração para uma IDF (São Paulo), para CN= 60, TR= 50 anos. Nessa curva são apresentadas a curva do valor esperado de C_{max} e o intervalo de confiança para 95%. Como era de se esperar, o valor de C_{max} aumenta exponencialmente com a redução do

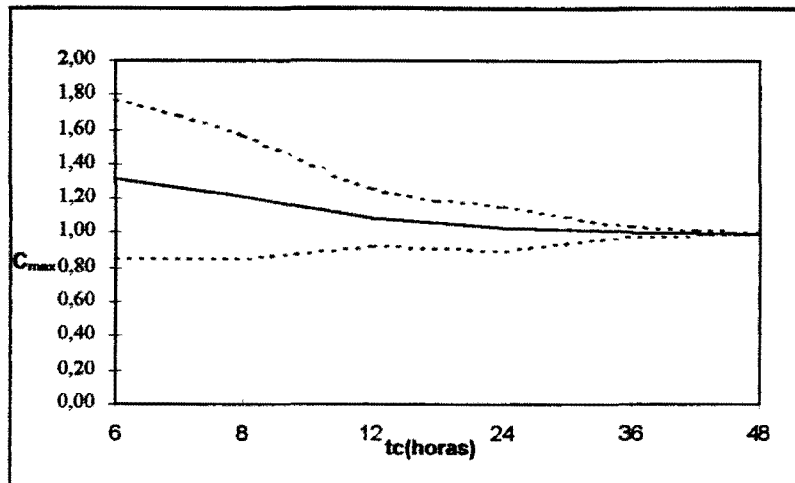


Figura 5.2a. Coeficiente C_{max} em função do tempo de concentração para IDF de São Paulo, CN=60 e TR=50 anos. As curvas tracejadas são os intervalos de confiança de 95%.

tempo de concentração, juntamente com o intervalo de confiança, chegando a um valor esperado da ordem 1,30 para o tempo de concentração de 6 horas.

Na Figura 5.2b é apresentada a variação de C_{max} em função do tempo de concentração para diferentes valores de CN, considerando o tempo de retorno de 50 anos. Pode-se observar que para uma bacia de tempo de concentração de 6 horas a variação de C_{max} entre uma bacia de CN= 60 e 90 fica entre 1,35 e 2,00, o que indica a

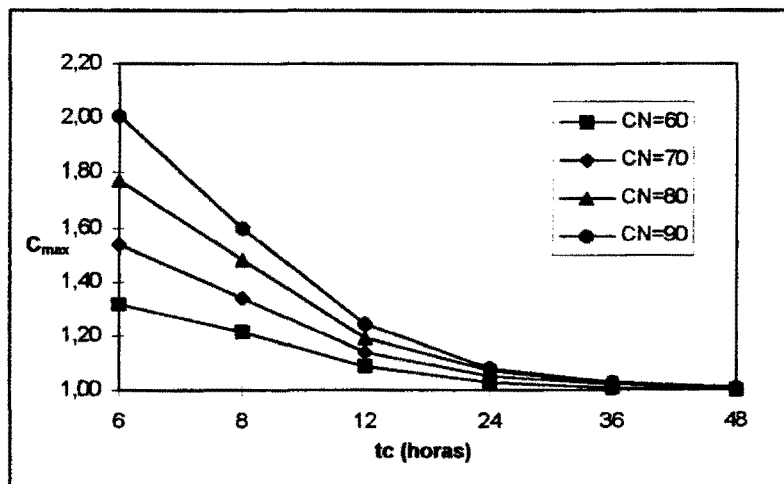


Figura 5.2b. Coeficiente C_{max} em função do tempo de concentração para IDF de São Paulo, com tempo de retorno de 50 anos para diferentes valores de CN.

sensibilidade desse fator na definição do coeficiente. No entanto, para uma bacia com tempo de concentração próximo de 24 horas a diferença é pequena.

Na Figura 5.3a é apresentada a variabilidade do coeficiente em função de t_c e de TR, para $CN=70$. Aqui também, como era de se esperar, a variação de C_{max} é muito sensível ao tempo de retorno e apresenta maior variabilidade para pequenos valores de t_c .

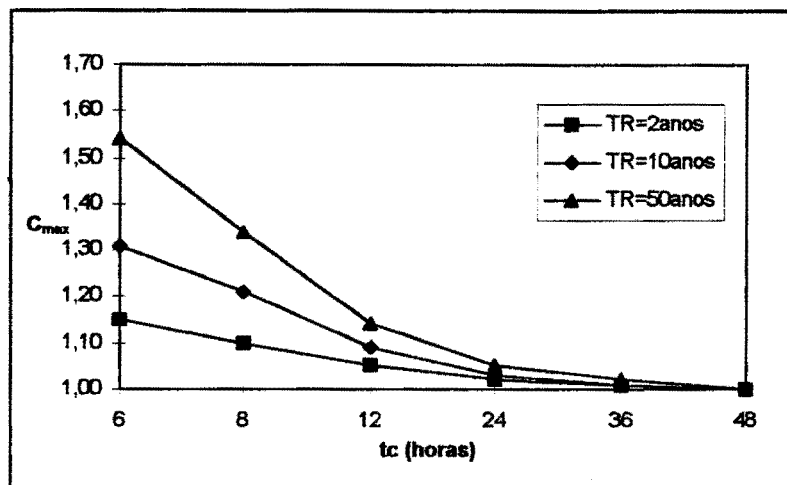


Figura 5.3a. Coeficiente C_{max} em função do tempo de concentração para a IDF de São Paulo e $CN=70$.

Na Figura 5.3b é apresentada a variação dos resultados em função do local ou da IDF, mostrando que os coeficientes são maiores em São Paulo, se comparado com Porto Alegre. Nas Tabelas 5.2a a 5.2c são apresentados alguns dos valores obtidos nas simulações; estes representam um grupo maior de valores não representados graficamente.

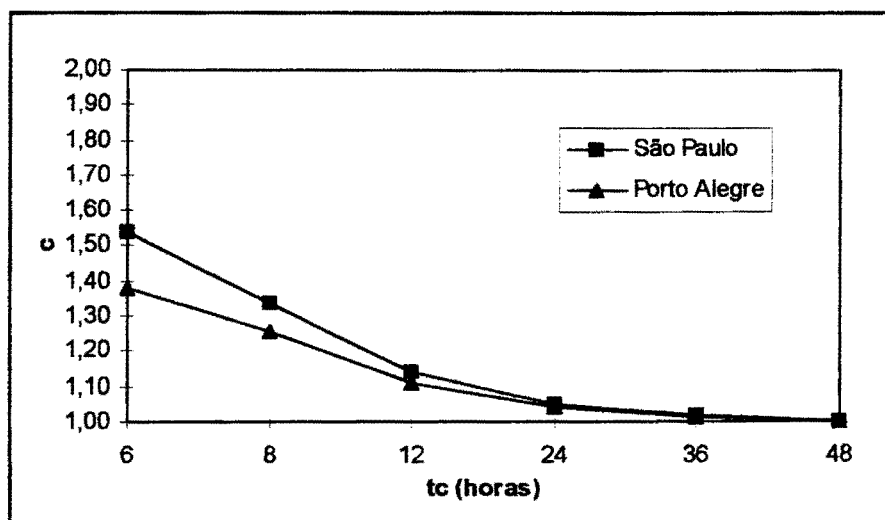


Figura 5.3b. Coeficiente C_{max} em função do tempo de concentração para $CN=70$, $TR=50$ anos de duas cidades brasileiras.

Tabela 5.2a. Valores do coeficiente C_{max} para valores de t_c , CN e TR com base na IDF de São Paulo.

	TR= 2 anos				TR= 10 anos				TR= 50 anos			
	CN				CN				CN			
Tc horas	60	70	80	90	60	70	80	90	60	70	80	90
6	1,04	1,15	1,32	1,56	1,14	1,31	1,52	1,77	1,32	1,54	1,77	2,01
8	1,03	1,10	1,21	1,35	1,10	1,21	1,33	1,47	1,21	1,34	1,48	1,60
12	1,02	1,05	1,09	1,15	1,05	1,09	1,14	1,19	1,09	1,14	1,19	1,24
24	1,01	1,02	1,03	1,05	1,02	1,03	1,05	1,06	1,03	1,05	1,07	1,08
36	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,01	1,02	1,02	1,03

Tabela 5.2b. Valores do coeficiente C_{max} para valores de t_c , CN e TR com base na IDF de Porto Alegre.

	TR= 2 anos				TR= 10 anos				TR= 50 anos			
	CN				CN				CN			
Tc horas	60	70	80	90	60	70	80	90	60	70	80	90
6	1,01	1,08	1,20	1,39	1,07	1,20	1,36	1,57	1,21	1,38	1,58	1,78
8	1,02	1,07	1,14	1,25	1,07	1,15	1,24	1,35	1,16	1,26	1,37	1,47
12	1,01	1,03	1,07	1,11	1,04	1,07	1,11	1,15	1,08	1,11	1,15	1,19
24	1,01	1,01	1,02	1,03	1,02	1,03	1,04	1,04	1,03	1,04	1,05	1,05
36	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,02

5.5- Comparação da Metodologia com os Dados Disponíveis

A análise comparativa desta metodologia com os dados obtidos nesse trabalho possui as seguintes considerações:

Para verificar a variação de C_{max} para as bacias hidrográficas analisadas foram selecionadas as bacias para as quais os valores de t_c eram conhecidos e que possuíam séries de vazões máximas com pelo menos dez elementos. A análise foi realizada, então, considerando as curvas IDF de três cidades brasileiras: Cruz Alta-RS, Lins-SP e Avaré-SP. Estas são as cidades próximas às bacias dos rios Jacuí em Passo Bela Vista (código

3), Turvo em Fazenda da Barra (código 24) e Cotia em Baixo Cotia (código 29), respectivamente.

Os coeficientes da curva IDF dessas cidades foram determinados pela transformação logarítmica sobre esta mesma equação. Para isso, utilizaram-se os valores de intensidades para durações de 5 minutos a 48 horas, para períodos de retorno de 10 e 25 anos, citados em CETESB (1986). Os valores destes parâmetros são apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Coeficientes das equações IDF para as cidades analisadas.

Local	a	b	c	n
Cruz Alta	1419	12	0,19	0,80
Lins	430,50	12	0,30	0,74
Avaré	1398	16	0,17	0,83

Inicialmente, foram escolhidos para análise os seguintes valores:

- (i) valores de CN: 60, 70, 80 e 90, que representam uma faixa frequente de valores encontrados nas bacias hidrográficas brasileiras;
- (ii) valores de tempo de concentração são os correspondentes a cada bacia.
- (iii) tempos de retornos examinados: 2, 5, 10 e 25 anos, como considerados na análise probabilística.

Adotaram-se os valores obtidos com o ajuste empírico (Tabela 5.4) por se considerar que os coeficientes obtidos por este método podem ser mais precisos que os valores obtidos no Capítulo 4 através do modelo teórico Log-Pearson III, em função dos reduzidos tamanhos das séries de Q_i e Q_{max} analisadas. No entanto, não foram verificadas discrepâncias significativas entre os valores de C_{max} estimados pelos modelos probabilísticos citados.

As Tabelas 5.5 a 5.7 apresentam os valores de C_{max} obtidos através do ajuste o modelo empírico e aqueles obtidos, com respectivos desvios padrão, na metodologia.

Tabela 5.4. Coeficientes estimados pelo ajuste empírico.

Bacia	N	tc (horas)	C _{max}			
			TR (anos)			
			2	5	10	25
R.Jacuí	13	41,03	1,020	1,010	1,010	1,000
R.Turvo	15	40,35	1,020	1,010	1,000	1,000
R. Cotia	12	10,22	1,080	1,0600	1,060	1,050

Tabela 5.5a. Coeficientes estimados para a bacia 3.

TR	CN=60	CN=70	CN=80	CN=90
2	1,009	1,012	1,016	1,019
5	1,012	1,016	1,018	1,020
10	1,013	1,019	1,019	1,022
25	1,018	1,020	1,025	1,025

Tabela 5.5b. Desvios padrão dos coeficientes estimados para a bacia 3.

TR	CN=60	CN=70	CN=80	CN=90
2	0,015	0,022	0,028	0,031
5	0,021	0,028	0,031	0,034
10	0,024	0,032	0,034	0,037
25	0,033	0,036	0,041	0,041

Tabela 5.6a. Coeficientes estimados para a bacia 24.

TR	CN=60	CN=70	CN=80	CN=90
2	1,002	1,003	1,007	1,010
5	1,004	1,006	1,010	1,012
10	1,005	1,010	1,012	1,014
25	1,011	1,013	1,016	1,018

Tabela 5.6b. Desvios padrão dos coeficientes estimados para a bacia 24.

TR	CN=60	CN=70	CN=80	CN=90
2	0,003	0,006	0,011	0,016
5	0,007	0,010	0,016	0,020
10	0,011	0,017	0,019	0,023
25	0,018	0,022	0,026	0,029

Tabela 5.7a. Coeficientes estimados para a bacia 29.

TR	CN=60	CN=70	CN=80	CN=90
2	1,094	1,210	1,383	1,528
5	1,156	1,289	1,455	1,688
10	1,211	1,377	1,544	1,813
25	1,311	1,485	1,711	1,907

Tabela 5.7b. Desvios padrão dos coeficientes estimados para a bacia 29.

TR	CN=60	CN=70	CN=80	CN=90
2	0,067	0,166	0,309	0,499
5	0,117	0,241	0,400	0,631
10	0,164	0,306	0,492	0,735
25	0,255	0,438	0,660	0,896

Pode-se observar que nas bacias analisadas os valores deste coeficiente tendem a aumentar junto dos valores de período de retorno da precipitação geradora dos hidrogramas de cheia.

Na bacia do Rio Jacuí, com t_c igual a 41,03 horas, de acordo com a análise, o valor de C_{max} para TR igual a 2 anos coincidiu com o obtido para este período de retorno com CN igual a 90. Já para TR igual a 10 e 25 anos, os valores estimados pelo ajuste empírico se igualaram aos estimados com o uso de CN igual a 60.

Na bacias do Rio Turvo e Cotia, os únicos valores coincidentes ocorreram para valores de CN iguais a 80 e 60, respectivamente, sendo que para a última, os valores estimados pela metodologia se apresentaram marcadamente superiores aos estimados pelo ajuste empírico.

As Figuras 5.4 a 5.6 ilustram estes resultados possibilitando a comparação visual entre os valores.

Os desvios padrão relacionados a estas estimativas apresentaram tendência de crescimento com o aumento do valor do parâmetro CN e, para a bacia 29, com tempo de concentração de aproximadamente 10 horas, os valores foram marcadamente superiores aos verificados para as outras duas bacias com t_c em torno de 40 horas. Isto evidencia a característica de maior variabilidade deste coeficiente para bacias com tempo de resposta reduzido.

Deve-se atentar, contudo, para as incertezas envolvidas nos processos de determinação destes valores. Na análise probabilística, as vazões máximas foram obtidas com base em séries de tamanho bastante reduzido, que podem não representar satisfatoriamente a população dos valores de vazões que realmente ocorrem. O uso do modelo se baseou no risco da precipitação, o que não corresponde necessariamente ao risco relacionado à vazão. Além disto, devem-se considerar as simplificações na definição do modelo hidrológico chuva-vazão aqui utilizado.

Estas considerações podem gerar incertezas. No entanto, face à dificuldade em se estimar o coeficiente da razão entre as vazões máximas, torna-se uma ferramenta que possibilita o conhecimento, ainda que preliminar, do comportamento desta razão.

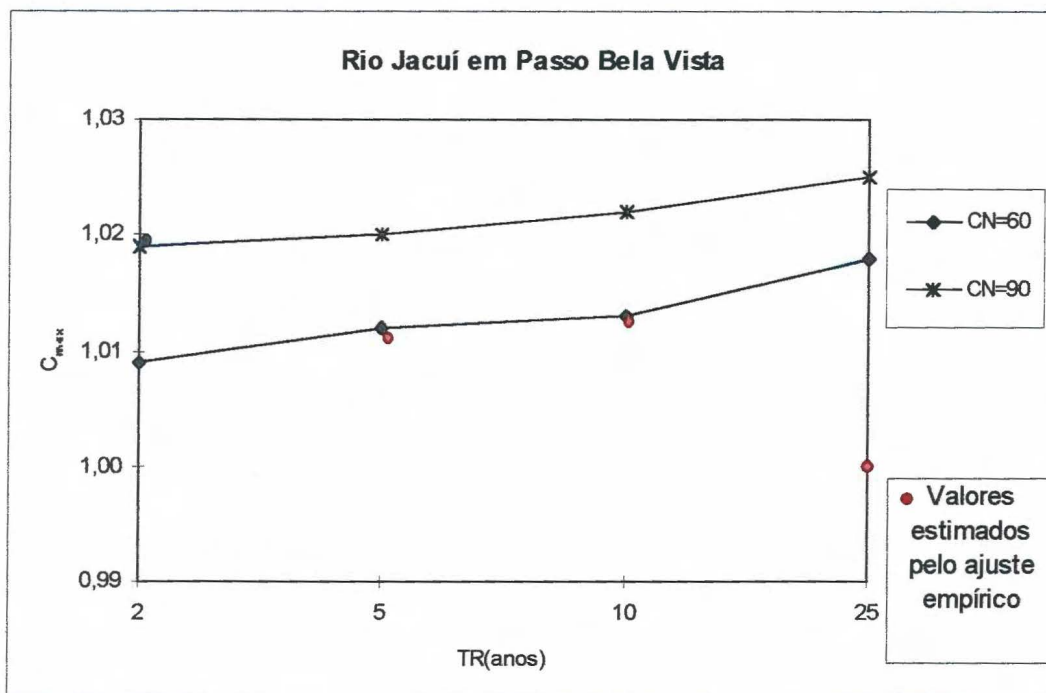


Figura 5.4. Resultados da simulação para a bacia 3.

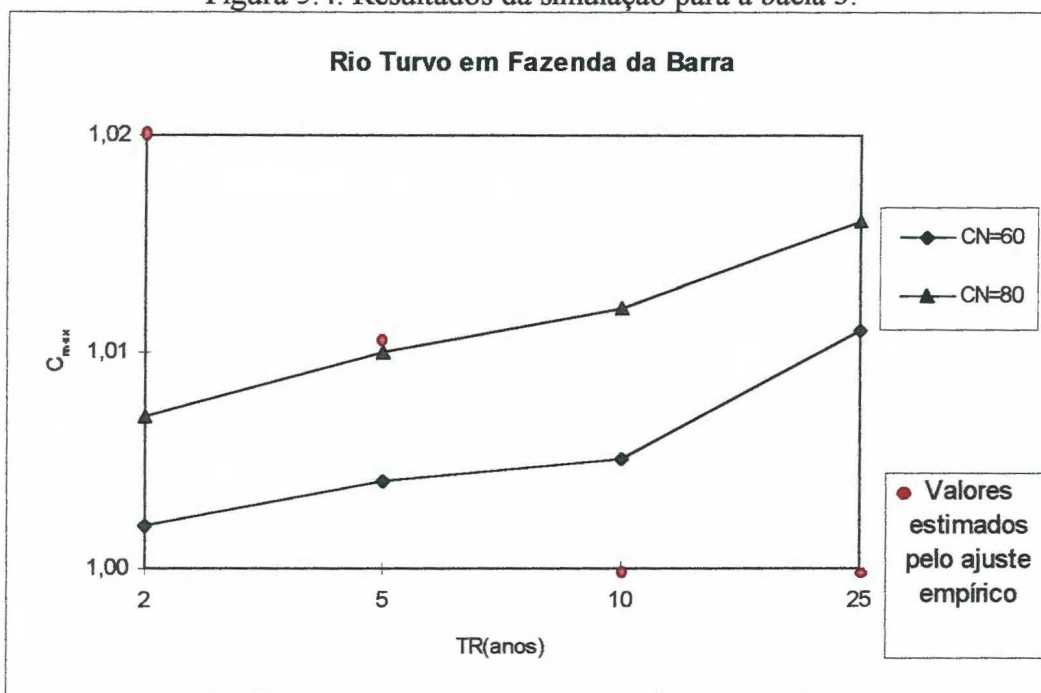


Figura 5.5. Resultados da simulação para a bacia 24.

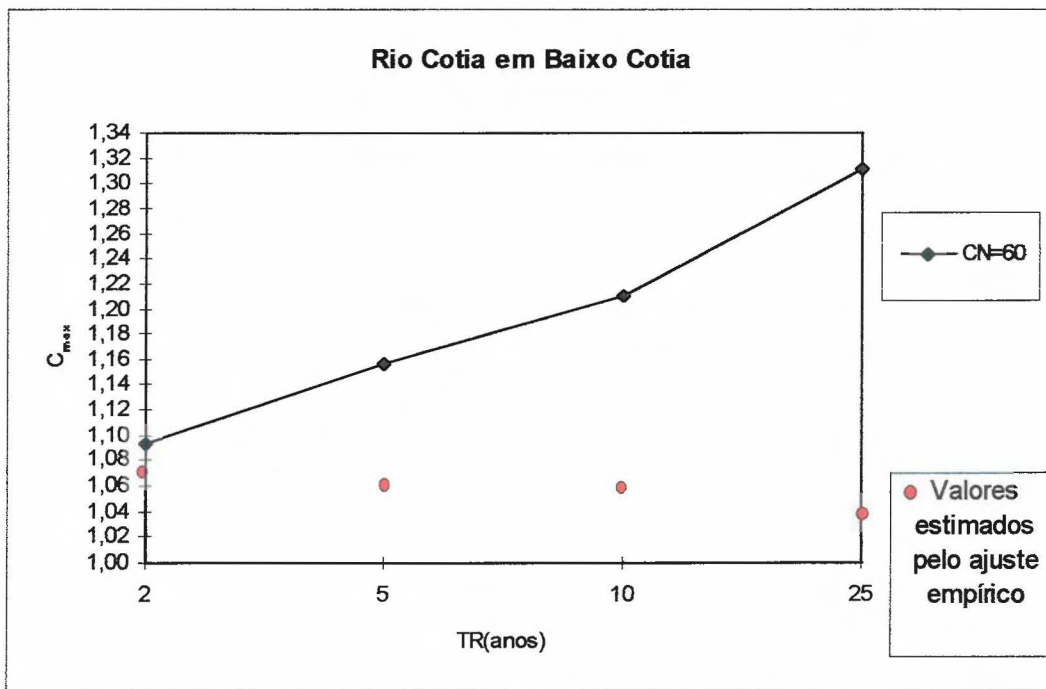


Figura 5.6. Resultados da simulação para a bacia 29.



6- CONCLUSÕES

O estabelecimento de relações entre a vazão máxima instantânea e as máximas diária e média diária anuais foi explorado neste estudo por meio de duas metodologias:

- i) relacionar os valores da vazão entre os valores com características físicas das bacias analisadas e;
- ii) através de simulação com o uso de modelo chuva-vazão.

Nessa análise, as principais conclusões obtidas são:

- 1) Na região selecionada para o desenvolvimento do estudo, houve dificuldade de obtenção de séries representativas para as análises a serem elaboradas.
- 2) Para os dados analisados, verificou-se que o erro médio, em termos de vazão, cometido ao se adotar como vazão máxima de projeto a maior das duas leituras realizadas nos postos hidrométricos, onde não se dispõe de medição contínua de vazões, é da ordem de 22%. Se for adotado o valor médio das duas leituras, este erro é da ordem de 40%. Esses valores são representativos principalmente nas bacias menores que 1000km².
- 3) Observou-se que os coeficientes C_{max} e C_{med} apresentam tendência de decréscimo com o aumento da área de drenagem das bacias. Houve grande variação nos valores destes coeficientes para bacias com áreas inferiores a 1000km², como era de se esperar. Com relação ao comprimento do talvegue (intervalo analisado de 8 a 210km) e à sua declividade (intervalo analisado de 1 a 19m/km), os coeficientes apresentaram comportamento bastante dispersivo e aleatório tornando difícil a identificação de tendências.

4) Para as cheias analisadas, a declividade do talvegue não apresentou influência significativa nos coeficientes. A área de drenagem demonstrou maior correlação com os valores de C_{max} e C_{med} .

5) Observou-se uma tendência de decréscimo dos coeficientes estimados com o aumento do período de retorno dos mesmos. A ordem de grandeza desta variação foi pequena. Essa tendência, no entanto, pode ser particular de algumas bacias analisadas já que, geralmente, quando as enchentes são raras existe a tendência de inundar o leito maior e aumentar o tempo de concentração das bacias.

6) As expressões de relação entre os coeficientes C_{max} e C_{med} e os parâmetros físicos das bacias analisadas não apresentaram correlação alta.

7) O erro da estimativa desses coeficientes é muito grande para bacias onde o tempo de concentração é menor que o intervalo entre as medições de níveis, normalmente o menor intervalo é de 10 horas.

8) O uso de um modelo hidrológico conjugado com as características de precipitação e a definição dos parâmetros aleatórios através do método de Monte Carlo representa uma metodologia promissora à medida que os parâmetros do modelo representem com boa precisão a bacia hidrográfica analisada. O modelo utilizado, devido às suas características lineares, reproduziu quase sempre aumento do coeficiente com relação à magnitude da precipitação. No entanto, os resultados obtidos com o modelo permitem um guia sobre as estimativas preliminares em bacias com carência de informações.

9) Foi observado, com base nos dados, que em algumas bacias o coeficiente C_{max} apresentou decréscimo em relação à magnitude da cheia, possivelmente devido a:

i) tamanho das séries estatísticas que podem produzir distorções;

ii) extravasamento da calha que reduz a diferença entre as vazões máximas.

RECOMENDAÇÕES

As principais recomendações são:

- 1) Deve-se buscar, com o aumento das séries, aprimorar os ajustes das relações com base nos dados observados, relacionando os coeficientes com o tempo de concentração calculado com base em formulações mais aprimoradas.
- 2) Introduzir como parâmetro a vazão inicial, utilizando o método de Monte Carlo, associado à curva de permanência esperada para o local.
- 3) Buscar introduzir no modelo o cálculo do escoamento de forma não-linear. Para isso, a análise deve ser realizada para bacias específicas, com maior número de informações individualizadas.

Referências



REFERÊNCIAS

- Beard, L. R. 1974. Flood Frequency Techniques. Austin: Center of Resources University of Texas. Austin.
- Canuti, P. ; Moisello, U. 1981 - Relazione tra i Massimi Annuali Delle Portate al Como e Medie Giornaliere per Alcuni Bacini Della Toscana. L' Energia Elettrica, Vol. 48, N° 11.
- Correia, F. N. 1983. Métodos de Análise e Determinação de Caudais de Cheia. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Tese (Investigador Auxiliar).
- Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. 1987. Inventário das Estações Fluviométricas. Brasília. Não paginado.
- Ellis, W. H. and Gray, D. M. 1966. Interrelationships between the Peak Instantaneous and Average Daily Discharges of Small Prairie Streams. Canadian Agricultural Engineering, Ottawa, Feb.
- Estados Unidos. Soil Conservation Service. 1975. Urban Hidrology for Small Watersheds. Washington: U. S. Department of Agriculture. Supplement A.
- GENSTAT 5 release 3: reference manual. 1994. Oxford: Claredon. 796p.
- Gray, D. M., 1973. Handbook of the Principles of Hidrology. Huntington: Water Information Center. Paginação Irregular.
- Graybill, F. A. 1976 - Theory and Application of the Linear model. Boston: Duxbury. 704p.
- Hann, C. 1977 - Statistical Methods in Hidrology. Iowa State University. 377p
- Heras, R. 1976 - Hidrologia y Recursos Hidraulicos. Madrid: Centro de Estudios Hidrograficos.

- Jarvis, C. S., et all. 1936. Floods in the United States, Magnitude and Frequency. Geological Survey Water Supply Paper, n771, p. 90-96.
- Keifer, C. J., Chu, H.H. 1957. Synthetic Storm Pattern for Drainage Design. Journal of the Hydraulics Division. American Society of Civil Engineers. New York, v. 83, n.4.
- Langbein, W. B. 1944. Peak Discharges from Daily Records. Bulletin of the United States. Geological Survey, Washington, p. 145, Aug.
- Lanna, A. E. L. 1993. Elementos de Hidrologia Estatística. In: Tucci, C. E., org. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade (UFRGS: ABRH: Edusp). Cap. 04. p. 79-176.
- Moreno, J. 1961. Clima do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 41p.
- Réménieras, G. 1985. L'Hydrologie de l'Ingénieur. Paris: Eyrolles. 413p.
- Sangal B. P. 1983. Practical Method of Estimating Peak Flow. Journal of Hydraulic Engineering, V. 109, n. 4, p. 549-563, Apr.
- Silveira, G. L. et al. 1985. Informações hidrológicas em pequenas bacias hidrográficas rurais. A Água em Revista. Belo Horizonte, V. 3, n. 4, p. 31-39, Fev.
- Stichiling, W., Blackwell, S. R. 1957. Drainage Area as a Hydrologic Factor on the Canadian Prairies. In: International Union of Geodesy and Geophysics. Proceedings. Vol. 3.
- Tucci, C. E., coord. 1991- Regionalização de Vazões no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: IPH/UFRGS. 2v.em 4.
- Tucci, C. E. 1993. Regionalização de Vazões. In: Tucci, C. E.,org. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade (UFRGS: ABRH: Edusp). Cap. 15. p. 573-619.

Anexos



Anexo A. Características das seções estudadas.

Passo Carrreiro O trecho do Rio Carrreiro observado em Guaporé é reto. Margens argilosas com pedras e alta inclinação. Leito rochoso.

Passo Bela Vista O trecho do Rio Jacuí observado em Guaporé é reto. Leito e margens argilo-arenosas. Cota de transbordamento de 8,0m na margem esquerda.

Barbosa Ferraz A seção de medição está na margem esquerda do Rio Corumbataí em Barbosa Ferraz. O trecho observado é levemente sinuoso. Margens com vegetação rasteira e arbustiva. Leito rochoso. Cota de transbordamento de 8,5m na margem direita.

Balsa do Cerro Azul A seção de medição está na margem esquerda do Rio Ribeira em Cerro Azul, 500m a montante de uma ponte. O trecho observado é curto, rápido e encachoeirado. Margens areno-argilosas, com inclinação acentuada na margem direita. Leito areno-rochoso. Cota de transbordamento de 9,0m.

Pinhais A seção de medição está na margem esquerda do Rio Iraí em Pinhais. O trecho observado é reto e lento. Margens retificadas com inclinação acentuada e vegetação rasteira. Leito arenoso. Cota de transbordamento de 3,40m.

Linígrafo Afonso Camargo A seção de medição está na margem esquerda do Rio Atuba em Pinhais, 300m a jusante da ponte PR 415. O trecho observado é reto e lento. Margens arenosas com vegetação rasteira. Leito areno-rochoso. Cota de transbordamento de 2,5m.

Santa Clara A seção de medição está na margem direita do Rio Jordão em Guarapuava. Margens argilo-pedregosas, sendo a esquerda alta e a direita baixa. Leito rochoso. Cota de transbordamento de 3,5m na margem direita.

Quinta do Sol A seção de medição está na margem esquerda do Rio Mourão em Quinta do Sol. O trecho observado é retilíneo. Margens argilosas. Leito rochoso. Usina hidroelétrica 80km a montante.

Fragosos A seção de medição está na margem esquerda do Rio Negro em Pien, junto a uma ponte. O trecho observado é reto. Margens baixas e argilosas. Leito arenoso. Cota de transbordamento de 3,0 na margem direita.

Anexo A. Características das seções estudadas (Cont.)

Balsa do Cantu A seção de medição está na margem esquerda do Rio Cantu em Altamira do Paraná com aflúncia em frente às réguas. O trecho observado é reto. Margens argilosas com vegetação rasteira e arbustos. Leito pedregoso. Cota de transbordamento de 6,5m na margem esquerda.

Vila Silva Jardim A seção de medição está na margem esquerda do Rio Pirapó em Paranacity, 600m a montante de uma ponte. O trecho observado é reto e natural. Margens areno-argilosas com média declividade e vegetação rasteira. Leito arenoso. Cota de transbordamento de 4,6m.

Ponte da Caximba A seção de medição está no Rio Barigui em Araucária. Não foi possível obter a Ficha Descritiva junto ao DNAEE.

Jusante do Ribeirão Ciclone A seção de medição está no Rio Cafezal em Rolândia. Não foi possível obter a Ficha Descritiva junto ao IAP.

Ituporanga A seção de medição está na margem direita do Rio Itajaí do Sul; 2,0 Km a jusante do município de Ituporanga e 2,5 Km a jusante de uma barragem. O trecho observado é pouco sinuoso, largo, rápido e natural. Margens baixas e arenosas. Leito rochoso. Cota de transbordamento de 6,0m.

Taió A seção de medição está na margem esquerda do Rio Itajaí do Oeste em Taio; 8,0m a jusante de uma ponte e 5,0km a jusante de uma barragem. Margens argilosas, com inclinação média. Leito argilo-rochoso. Cota de transbordamento de 6,0m.

Ibirama A seção de medição está na margem esquerda do Rio Hercílio em Ibirama; 220m a montante de uma ponte e 30,0km a jusante de uma barragem. Margens rochosas com inclinações suaves. Leito areno-rochoso. Cota de transbordamento de 6,0m.

Jaguariúna A seção de medição está na margem direita do Rio Jaguari em Jaguariúna. Trecho de observação em curva suave. Margens em terra. Leito areno-pedregoso.

Tapiratiba A seção de medição está na margem direita do Rio Guaxupé em Tapiratiba. Leito arenoso. Cota de transbordamento de 4,0m.

Anexo A. Características das seções estudadas (Cont.).

Rosas A seção de medição está na margem esquerda do Rio Juquiá em Juquitibá. Margens argilosas. Leito argiloso.

Cravorana A seção de medição está na margem direita do Rio Cachoeira em Piracaia; a jusante de uma barragem da qual está sob controle. Margens de terras com inclinação acentuada. Leito em terra, areia e pedras.

Embu-Guaçu A seção de medição está na margem esquerda do Rio Embu-Guaçu em Embu-Guaçu; 60,0m a montante de uma ponte. Leito em saibro e areia.

Baixo Cotia A seção de medição está na margem direita do Rio Cotia em Carapicuíba; dentro de uma Estação de Tratamento de Água, da qual pode sofrer influência. Margens em argila. Leito em terra e areia com fundo móvel.

Guará A seção de medição está na margem direita do Ribeirão da Estiva em Guará. Trecho com escoamento irregular em corredeira. Margens arenosas. Leito areno-rochoso.

Fazenda São João da Mata A seção de medição está na margem direita do Rio Lambari em Casa Branca; 5,0m a montante de uma ponte. Margem direita arenosa. Leito areno-rochoso.

Analândia A seção de medição está na margem esquerda do Rio Corumbataí em Analândia; 2,0m a montante de uma ponte. Margens arenosas com inclinação média. Leito arenoso.

Batatais A seção de medição está na margem esquerda do Ribeirão dos Batatais em Batatais; 6,0m a montante de uma ponte. Margens em terra. Leito normal e arenoso.

Córrego Rico A seção de medição está na margem direita do Córrego Rico em Jaboticabal; 12,0m a montante de uma ponte, da qual pode sofrer influência devido a existência de galhos interceptados. Margens em solo residual com inclinações acentuadas. Leito em basalto.

Fazenda Santa Tereza A seção de medição está na margem esquerda do Ribeirão Rancho Queimado em Rincão; 4,0m a montante de uma ponte. Margens e leito em pedra e terra. Medições livres.

Anexo A. Características das seções estudadas (Cont.).

Buriti A seção de medição está na margem direita do Ribeirão do Buriti em São José da Bela Vista. Margens argilosas em média inclinação. Leito rochoso. escoamento irregular.

Viradouro A seção de medição está na margem esquerda do Ribeirão Sucuri em Viradouro; 4,5m a montante de uma ponte. Margens e leito argiloso.

Fazenda Vera Paz A seção de medição está na margem esquerda do Ribeirão Palmas em Jaborandi; 6,0m a montante de uma ponte. Trecho de observação com alta velocidade. Margens arenosas. Leito em seixos.

Itaporanga A seção de medição está na margem direita do Rio Verde em Itaporanga; 7,0m a montante de uma ponte. Cota de transbordamento de 9,5m.

Invernada Recreio A seção de medição está na margem esquerda do Rio Jacaré Pepira em São Paulo. Cota de transbordamento de 3,0m.

Fazenda Agrolim A seção de medição está na margem esquerda do Rio Taquari em São Paulo.

Buri A seção de medição está a 3,0km do município de Buri. Margens argilosas. Leito em pedra. Cota de transbordamento de 5,5m.

Fazenda da Barra A seção de medição está na margem direita do Rio Turvo em São Paulo. Leito em pedras. Cota de transbordamento de 4,0m.

Olaria dos Padres A seção de medição está na margem esquerda do Rio Itararé em Itaporanga. Margens em terra firme. Cota de transbordamento de 5,0m.

Anexo B. Vazões máximas anuais em m³/s.

Posto	Data	Qmax	Qmed	Qi	Posto	Data	Qmax	Qmed	Qi	
1	17/09/78	141,78	140,81	141,78	8	08/10/79	435,49	350,39	443,20	
	18/12/79	195,80	195,80	195,80		22/12/80	1060,00	929,28	1110,00	
	09/01/80	396,66	400,66	400,66		24/06/82	326,49	183,48	1012,00	
	06/11/81	381,20	373,78	381,20		15/05/84	279,90	269,41	283,42	
	30/06/82	482,74	477,64	487,90		21/05/87	975,07	806,74	984,58	
	08/04/83	509,22	503,79	509,22		31/05/92	647,89	647,89	687,65	
	22/06/84	531,68	525,96	537,48		9	22/09/80	618,28	522,43	626,56
	14/08/85	606,34	606,34	613,09			07/12/81	1191,00	968,03	1194,00
	29/12/86	404,72	404,72	404,72			25/06/82	1094,00	920,93	1100,00
2	20/11/78	431,06	420,42	461,56	06/04/85		747,41	703,21	747,41	
	10/07/79	760,70	680,19	777,93	21/05/87		1258,00	1078,00	1267,00	
	24/10/82	1174,00	860,91	1550,00	13/09/89		745,17	413,69	779,03	
	07/06/83	1485,00	1477,00	1485,00	02/06/92		677,25	672,96	734,03	
	10/09/86	642,96	540,03	658,79	01/10/93		1362,00	1191,00	1403,00	
	05/09/85	882,32	349,73	948,17	10		19/12/86	54,24	56,09	58,10
	07/09/87	870,06	677,50	894,68		21/05/87	55,52	54,94	55,52	
3	10/07/79	1238,80	1210,80	1241,60		24/05/88	62,46	62,16	63,63	
	22/10/80	756,00	751,20	780,00		06/01/89	50,85	50,55	52,66	
	02/05/81	419,40	400,20	549,00		21/07/90	63,97	63,32	64,30	
	07/09/83	2005,00	1918,00	2029,000		20/06/91	22,53	20,72	23,45	
	05/08/84	1802,80	1681,00	1840,00		31/05/92	43,80	-	44,95	
	17/9/85	754,00	742,00	755,00		11	18/12/86	24,09	22,04	25,84
	29/11/86	911,00	908,00	914,00			18/12/87	27,26	16,13	27,26
	30/7/87	892,00	889,00	893,00	23/05/88		27,26	23,48	27,26	
	25/8/88	849,00	841,00	849,00	04/01/89		25,97	16,03	28,57	
	24/9/89	1115,00	1101,00	1117,00	16/01/90		19,95	13,61	26,61	
06/01/90	1032,00	1029,00	1032,00	20/06/91	21,10		9,08	25,34		
23/7/91	493,00	476,00	503,00	31/05/92	8,33		8,33	24,71		
07/07/94	785,00	768,00	785,00	21/09/93	30,31		28,17	34,09		
4	11/06/82	218,99	201,44	227,16	12		21/05/87	1763,00	1641,00	1780,00
	08/01/83	919,57	894,75	939,48		22/01/90	786,01	488,38	891,77	
	25/3/85	115,15	107,73	117,66		14/05/93	1158,0,	1052,00	1316,00	
5	11/04/85	236,17	225,28	236,17		07/03/94	20,75	10,28	21,10	
	11/06/86	265,06	265,06	269,46	13	21/05/80	220,46	176,33	223,47	
	17/1/87	256,29	255,41	258,04		27/04/81	176,33	145,85	189,43	
	24/5/88	259,36	229,63	263,75		21/05/85	435,90	268,29	500,73	
	13/9/89	257,16	251,03	258,48		13/05/86	113,51	89,54	117,96	
	25/12/91	234,86	225,71	235,74		10/09/89	157,48	110,53	183,60	
6	23/12/81	574,63	488,33	577,98		11/01/90	254,12	185,05	298,97	
	15/11/82	816,71	763,18	820,59		11/12/91	109,04	78,98	109,04	
	08/07/84	1860,00	1204,00	2262,00		01/10/93	261,96	185,05	318,82	
	04/06/85	342,41	308,27	342,41		21/06/94	170,52	160,38	170,52	
	11/06/86	342,41	331,74	358,66	14	23/12/86	49,46	49,19	49,46	
7	27/12/81	794,18	496,55	807,70		18/02/87	110,52	109,55	110,52	
	25/06/82	1770,00	1567,00	1827,00		25/05/88	67,48	65,15	69,24	
	22/05/85	1290,00	1179,00	1337,00		03/02/89	87,38	86,76	87,38	
	07/02/87	1372,00	1224,00	1381,00		23/07/90	92,05	91,74	92,99	
	24/05/88	1122,00	935,79	1158,00		24/06/91	61,12	61,12	61,12	
	31/07/89	1323,00	1011,00	1389,00		06/10/93	84,60	83,68	85,22	
	13/01/90	1293,00	1208,00	1372,00		14/03/94	50,27	50,27	50,27	
	02/05/92	1582,00	1579,00	1704,00						

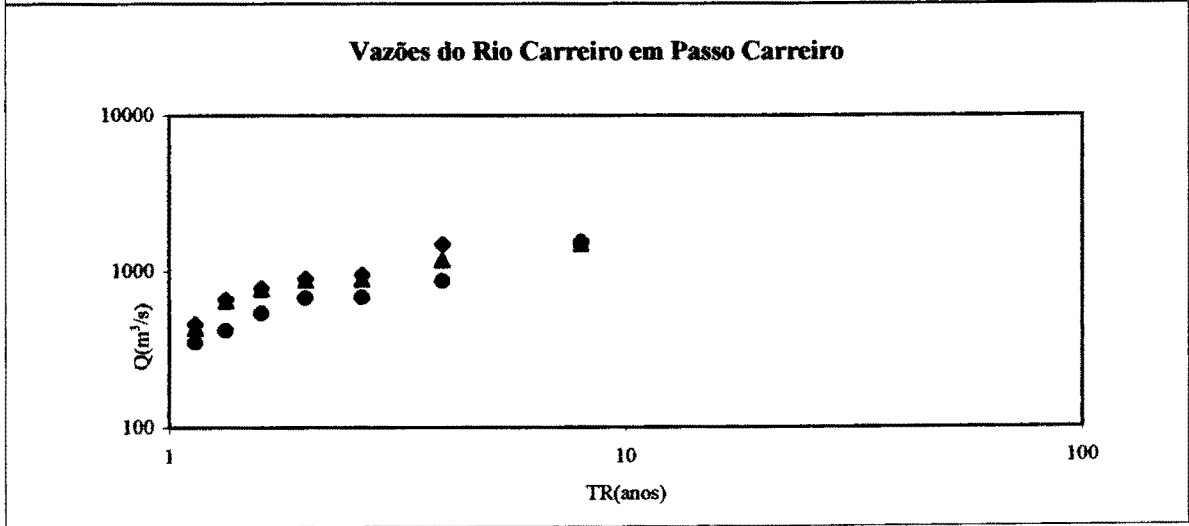
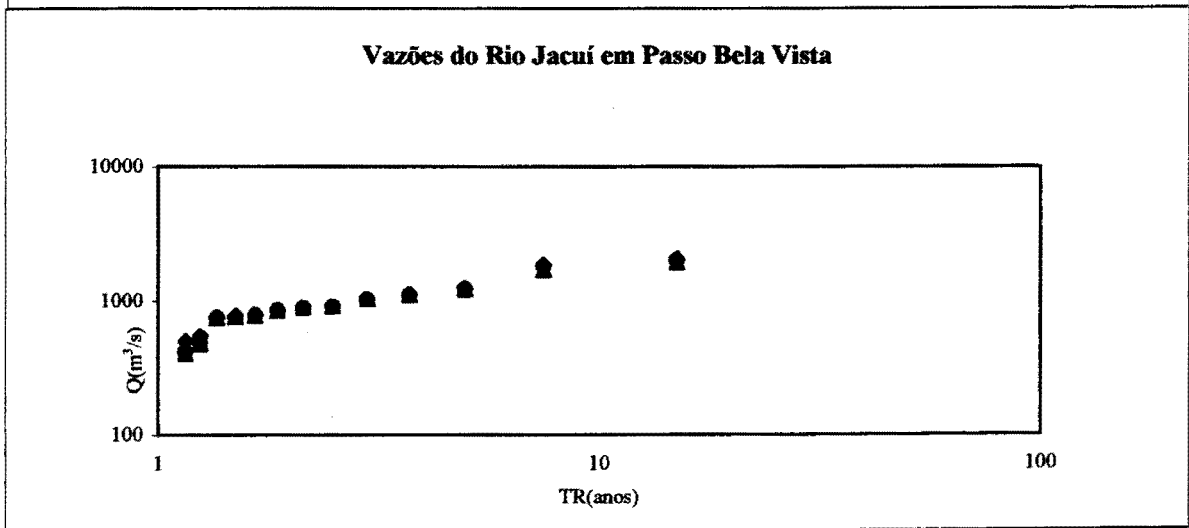
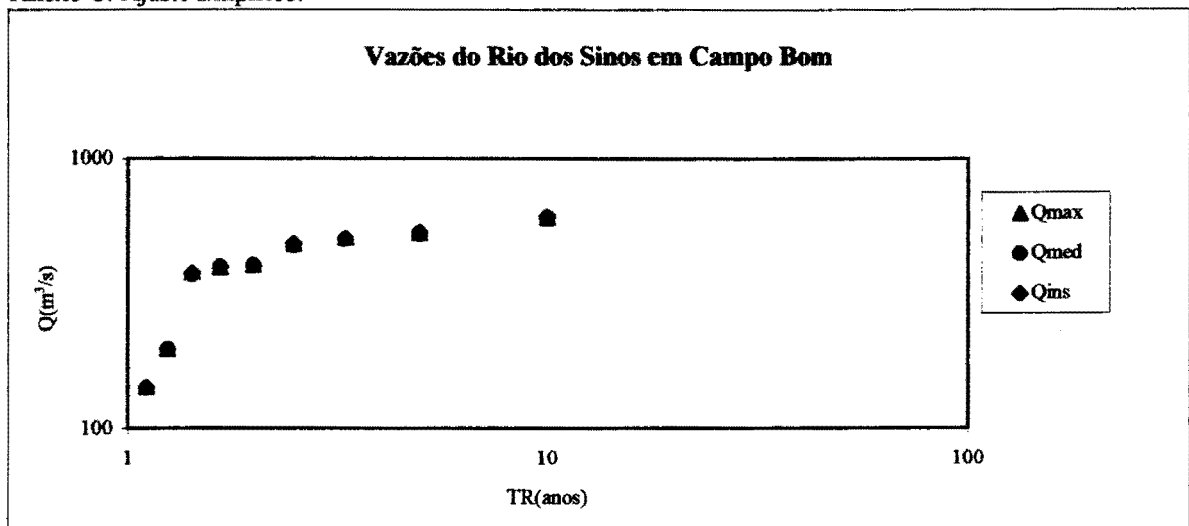
Anexo B. Vazões máximas anuais em m³/s (Cont.).

Posto	Data	Omax	Omed	Oi	Posto	Data	Omax	Omed	Oi	
15	14/04/80	511,80	411,80	519,84	22	24/12/82	147,00	147,00	147,00	
	02/06/83	609,36	609,36	642,32		Cont.	30/05/83	294,00	276,00	300,00
	15/04/84	215,95	189,88	217,10			21/12/84	56,50	56,50	56,50
	20/05/86	137,46	23,37	149,22			25/02/85	37,20	37,20	37,20
	16/06/87	345,67	329,48	349,43			26/12/86	56,00	56,00	56,00
	04/03/88	243,78	211,38	250,83			18/06/87	146,00	146,00	149,00
	16/01/89	215,95	200,01	228,63			30/05/88	58,20	58,20	58,20
	12/12/91	271,01	255,55	272,21			01/08/89	182,00	176,00	182,00
16	18/12/86	62,7	56,33	63,68		13/01/90	333,00	332,00	333,00	
	21/05/87	58,88	49,17	70,43		08/03/91	97,20	94,00	98,00	
	23/05/88	72,33	67,42	73,09		29/03/92	59,40	58,20	60,00	
	01/05/89	56,69	43,61	64,80	23	05/10/72	79,28	79,06	79,50	
	06/10/91	37,87	18,80	41,22			22/02/73	82,58	82,58	82,80
	29/05/92	55,24	41,90	77,68			06/01/74	82,80	82,80	83,02
	21/09/93	76,15	52,37	79,99			04/12/75	48,40	48,40	48,40
17	18/02/89	1,46	1,98	4,00			03/06/76	67,40	67,40	67,40
	11/01/93	2,95	4,81	9,01			13/02/77	83,60	83,60	83,60
	24/05/94	7,17	3,38	7,56			26/07/78	50,20	50,20	50,28
	10/01/95	10,08	5,37	10,34		06/01/79	52,54	52,36	52,54	
18	29/01/91	189,88	150,51	245,28		31/01/80	103,00	100,00	103,00	
	04/11/92	43,72	39,47	115,95		26/01/81	83,60	82,82	83,60	
	16/02/93	114,43	104,05	128,56		25/12/82	82,82	82,56	82,82	
	11/02/94	140,16	104,05	141,85		01/06/83	240,00	239,00	241,00	
	01/04/95	285,49	236,27	290,43		18/12/84	57,60	57,60	57,80	
19	16/01/81	61,66	52,46	63,22		22/02/85	38,40	36,85	39,40	
	16/12/82	54,62	39,56	54,86		19/06/87	150,00	149,00	150,00	
	03/02/83	103,00	91,04	104,00		04/06/88	74,56	74,08	74,56	
	16/12/84	19,86	18,06	19,86		02/08/89	163,00	160,00	163,00	
	09/01/85	50,40	46,24	52,64		09/03/91	86,50	86,50	86,50	
	27/12/86	62,24	57,44	63,52		22/03/92	77,92	77,68	78,40	
	20/03/87	37,60	30,24	37,92	24	21/03/74	230,00	229,00	230,00	
	05/01/90	40,00	38,50	40,60			04/12/75	178,00	176,00	179,00
	29/01/91	71,20	71,20	74,00			28/12/76	136,00	127,00	140,00
	24/01/92	44,32	37,90	44,63			20/05/78	105,00	104,00	110,00
20	27/01/80	612,24	607,22	622,20			28/02/80	131,00	117,00	131,00
	22/01/81	301,04	277,21	304,27			22/01/81	124,00	107,00	148,00
	18/12/82	622,20	632,05	651,46			22/12/82	203,00	186,00	203,00
	15/12/84	266,55	261,51	271,78			01/06/83	330,00	309,00	334,00
	22/05/85	103,08	85,49	105,07			31/01/84	151,00	150,00	151,00
	19/12/86	351,00	335,00	351,00			10/12/86	201,00	198,00	203,00
	16/06/87	560,00	527,00	565,00		14/06/87	208,00	182,00	208,00	
	24/05/88	368,00	342,00	372,00		20/03/88	111,00	111,00	112,00	
	31/12/89	1077,0	1026,0	1093,0		12/01/89	190,00	188,00	194,00	
	21	19/12/86	84,00	81,40	85,00		12/01/90	222,00	216,00	227,00
16/06/87		429,00	426,00	433,00		10/02/91	248,00	241,00	248,00	
01/10/91		157,00	147,00	158,00	25	26/01/81	80,40	78,80	80,40	
25/03/92		138,00	135,00	139,00			11/01/82	60,20	57,80	105,00
22	07/12/75	58,20	58,20	58,80			03/02/83	226,00	218,00	226,00
	04/06/76	57,60	57,60	57,60			28/01/84	97,20	97,20	97,20
	15/04/77	50,80	50,80	51,20			19/04/85	69,38	64,18	70,92
	28/07/78	39,50	39,00	39,50			12/12/86	48,20	47,40	48,20
	07/01/79	43,90	43,90	43,90			30/01/87	78,80	78,00	79,60
	29/01/80	129,00	129,00	130,00			21/03/88	73,23	73,23	74,80
	20/01/81	39,00	38,80	39,75			13/02/89	112,00	111,00	112,00
							12/01/90	110,00	101,00	110,00

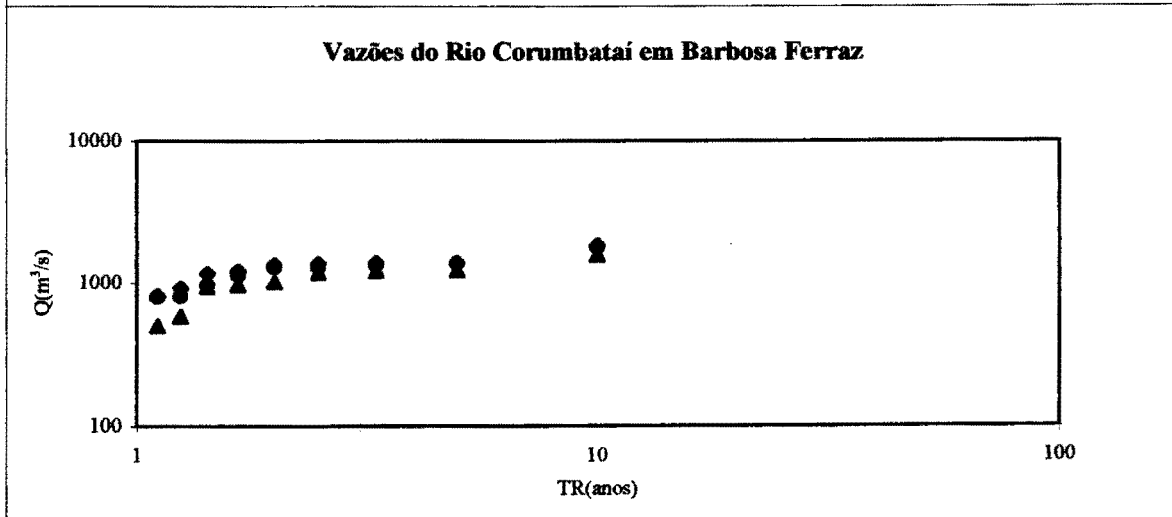
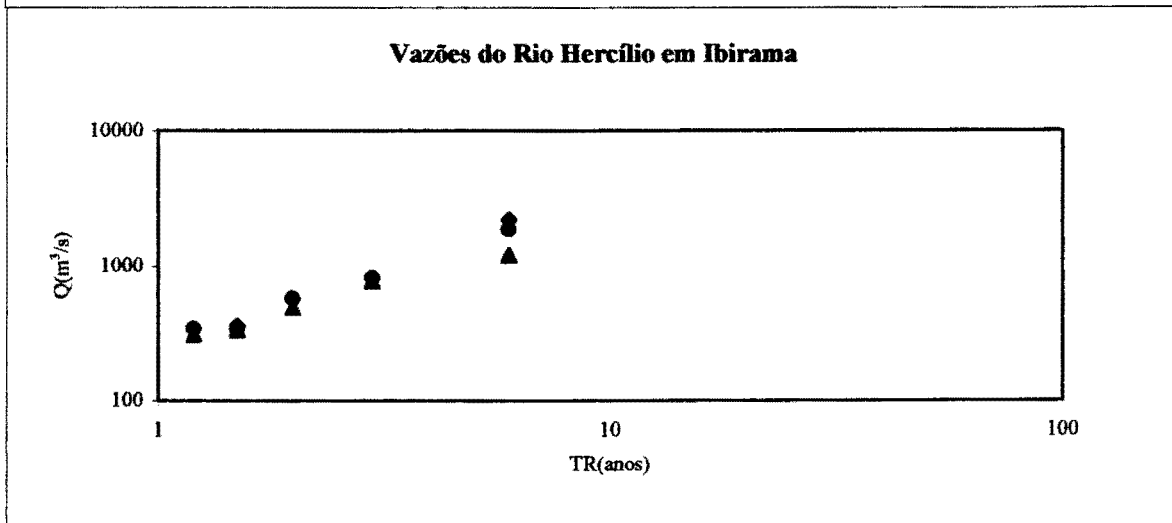
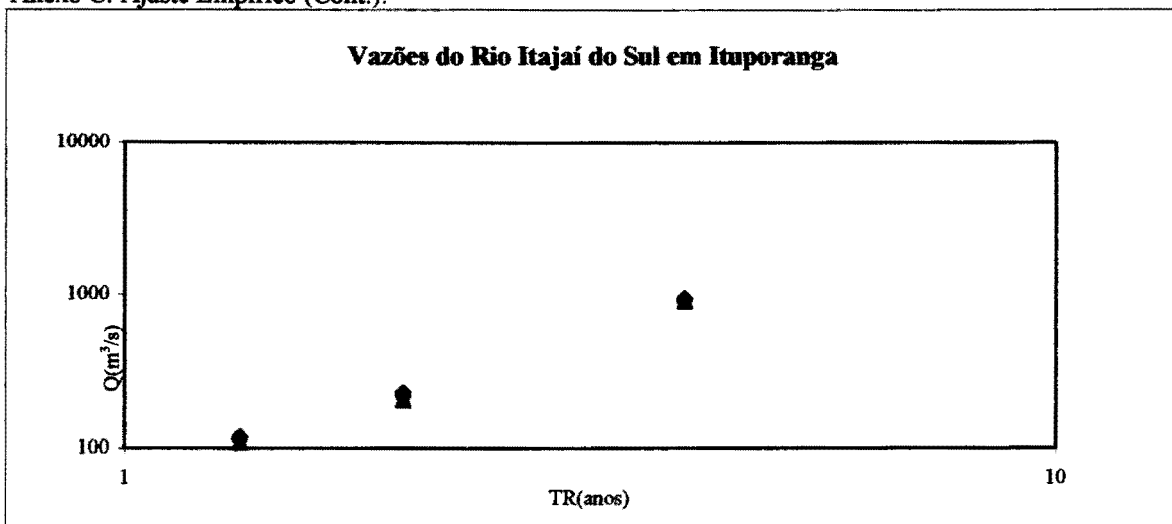
Anexo B. Vazões máximas anuais em m³/s (Cont.).

Posto	Data	Omax	Omed	Oi	Posto	Data	Omax	Omed	Oi
26	16/06/87	43,88	42,11	44,39	34	04/02/92	24,47	22,20	24,47
	22/12/88	67,58	67,28	68,19		Cont.	06/02/93	38,52	25,06
	10/03/89	28,43	28,24	28,43		04/03/94	30,73	25,32	31,36
27	18/12/71	33,90	31,49	34,09	35	09/02/81	9,27	7,23	9,27
	27/01/73	29,16	26,57	29,34		02/02/83	6,84	6,01	7,31
	25/12/75	6,73	4,74	7,50		10/01/88	8,93	6,84	8,93
	14/01/81	9,16	5,34	11,66		12/02/89	6,69	6,08	7,71
	11/06/83	30,19	28,07	30,63		20/03/90	12,44	8,48	13,50
	10/05/85	9,39	5,73	9,58		36	04/02/81	21,28	12,77
28	05/02/82	19,37	18,96	19,70	12/01/82		36,07	20,43	45,47
	03/02/83	24,77	24,02	24,77	08/02/83		28,52	16,42	30,22
	09/02/84	23,18	22,43	23,51	24/01/84		13,83	5,25	18,99
	25/01/85	18,14	17,82	18,14	30/01/85		21,49	12,43	21,70
	15/02/86	18,39	18,23	18,55	18/03/88		4,63	2,27	5,52
29	20/01/70	21,73	18,79	21,84	11/01/89		4,16	3,98	9,80
	13/10/71	5,74	5,23	5,74	14/01/90		7,02	5,83	14,32
	04/10/72	10,97	10,28	10,97	28/01/91		18,02	16,40	18,02
	20/02/73	15,60	14,17	18,67	23/01/92		18,35	14,36	19,01
	18/01/74	8,80	8,27	9,61	37	12/12/81	5,89	4,59	6,26
	01/12/75	11,39	9,64	12,61		13/01/82	20,50	16,40	24,92
	19/01/77	9,17	5,42	10,70		14/10/83	24,77	15,51	30,54
	09/03/80	8,68	7,00	8,87		17/01/85	6,90	4,15	27,46
	10/01/81	29,44	16,13	29,83		12/02/89	6,82	6,18	7,91
	07/02/82	28,63	27,69	33,79		21/03/90	8,33	7,77	11,83
	09/06/83	35,76	31,61	35,98		12/02/91	22,41	17,83	22,41
	24/02/86	10,25	10,01	11,83		05/02/92	18,22	15,61	21,38
	30	04/03/82	27,02	20,70		29,97	18/02/93	11,36	9,84
11/02/83		24,22	21,27	25,45		38	08/02/82	44,09	41,82
16/12/84		12,17	9,85	12,39	03/02/83		86,65	83,55	88,04
03/03/85		14,70	13,29	14,70	27/01/85		44,38	41,26	44,38
30/04/88		13,29	10,38	14,46	14/01/86		35,22	34,69	37,11
15/12/89		69,10	41,98	72,11	11/03/87		27,21	26,10	27,71
29/01/91		40,43	37,03	40,81	21/03/88		30,50	26,46	31,53
23/01/92		4,78	3,28	5,06	12/02/89		43,52	40,14	46,39
31	31/12/89	4,89	3,93	5,20	21/03/90		24,67	23,77	24,85
	20/12/93	2,12	2,00	7,82	27/01/91	50,50	27,83	50,50	
32	15/12/90	1,52	1,32	15,31					
	25/04/91	8,56	6,11	12,59					
	24/11/93	0,64	0,64	14,48					
	28/01/94	4,25	2,32	5,64					
	13/02/95	1,89	1,72	40,02					
33	12/01/83	16,83	12,11	38,81					
	25/01/84	16,49	14,82	17,15					
	25/12/86	21,22	15,71	40,40					
	16/01/87	38,18	26,31	38,49					
	07/04/88	6,61	5,04	20,93					
	21/11/89	7,88	7,33	26,15					
	27/03/90	11,95	8,96	12,07					
	27/01/91	40,73	20,64	40,73					
34	09/02/81	57,40	27,55	80,13					
	02/02/83	186,61	120,02	189,78					
	10/01/88	76,43	54,59	90,11					
	12/02/89	20,82	18,69	25,65					
	20/03/90	21,37	19,21	22,20					
	26/04/91	42,06	38,52	42,06					

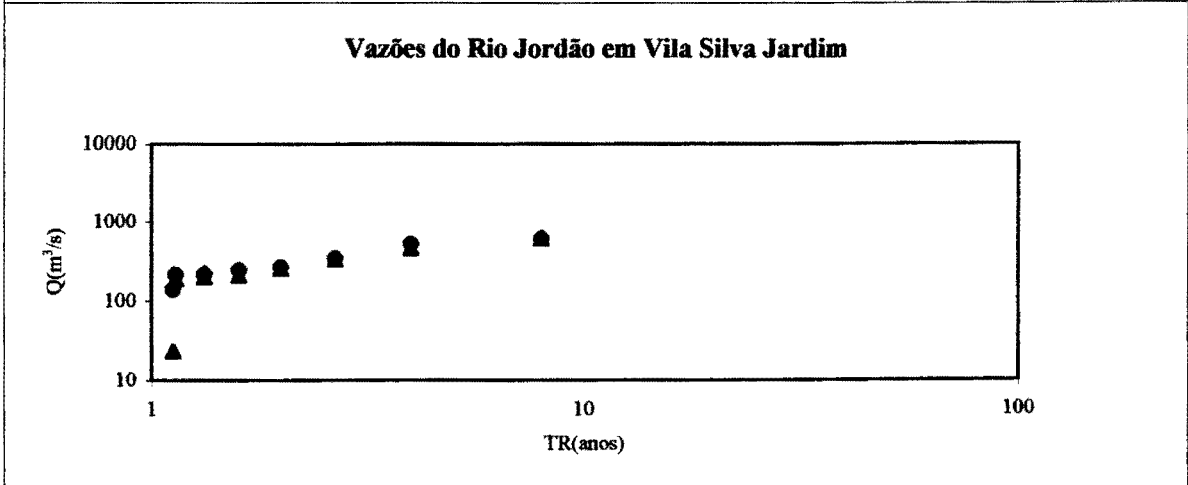
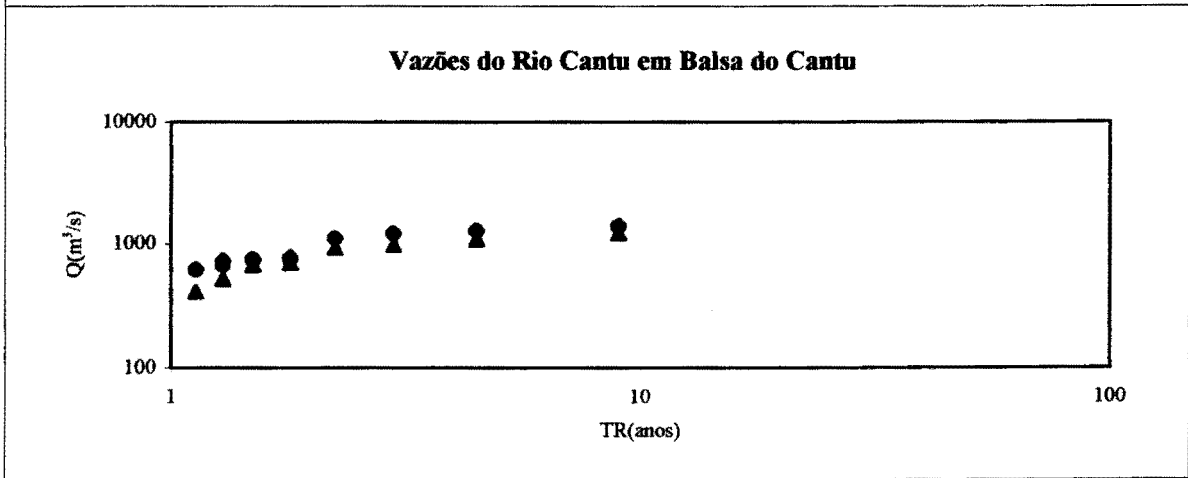
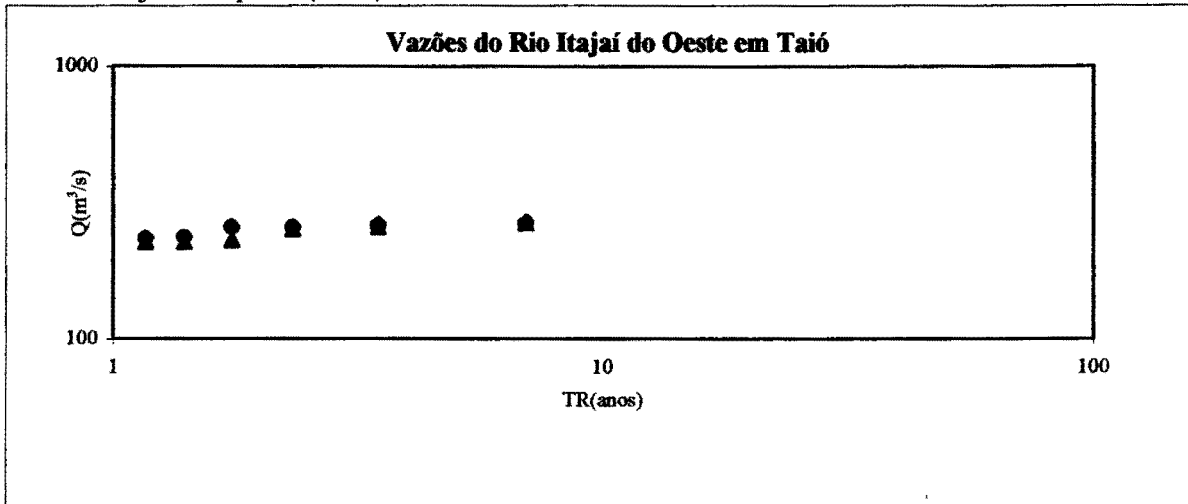
Anexo C. Ajuste Empírico.

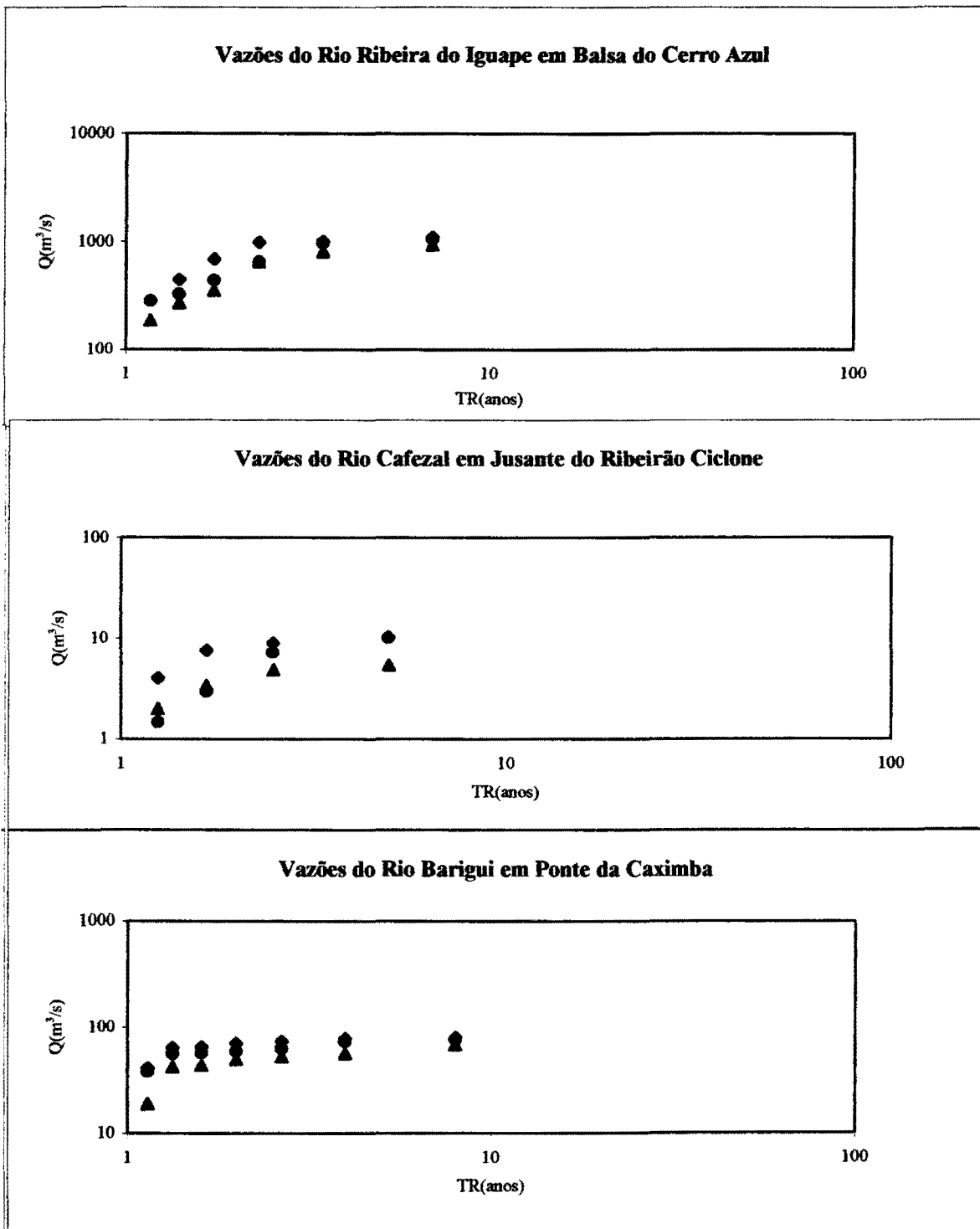


Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.)

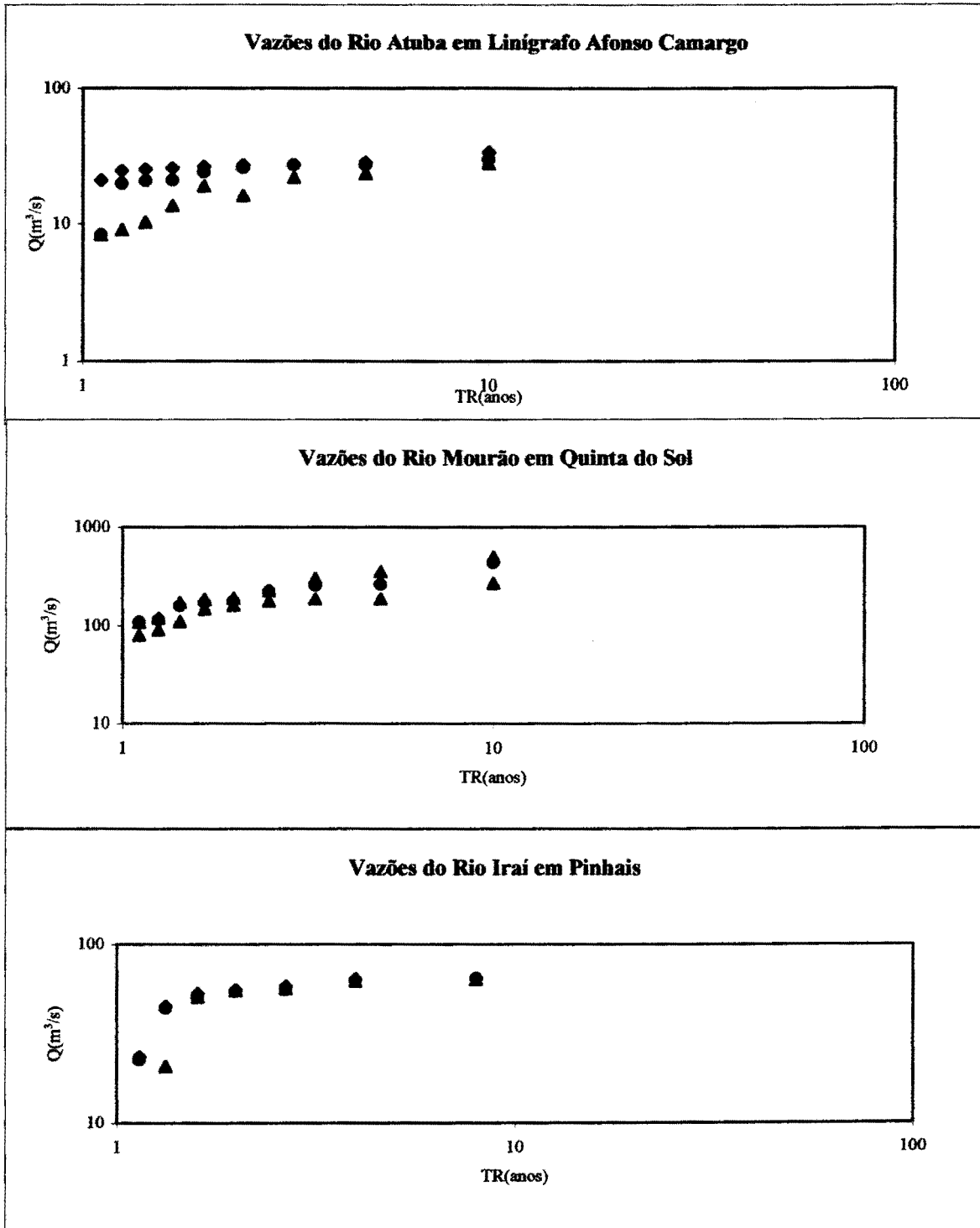


Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).

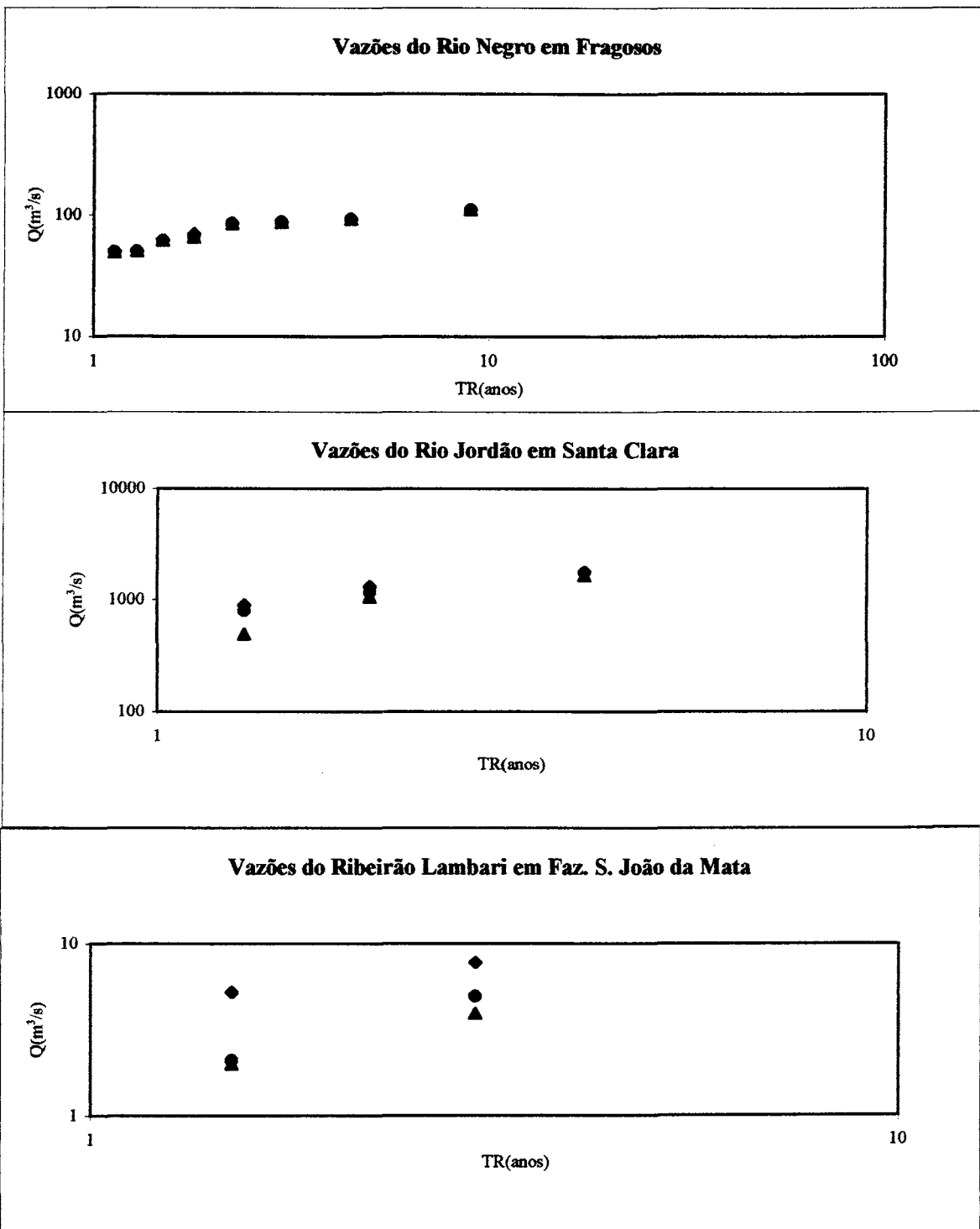




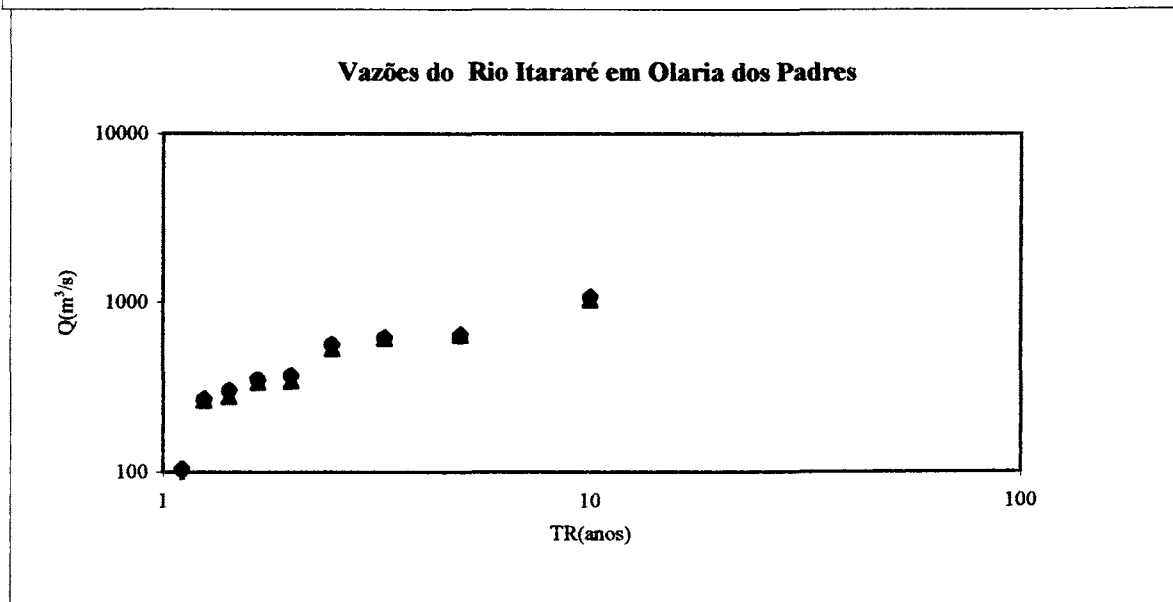
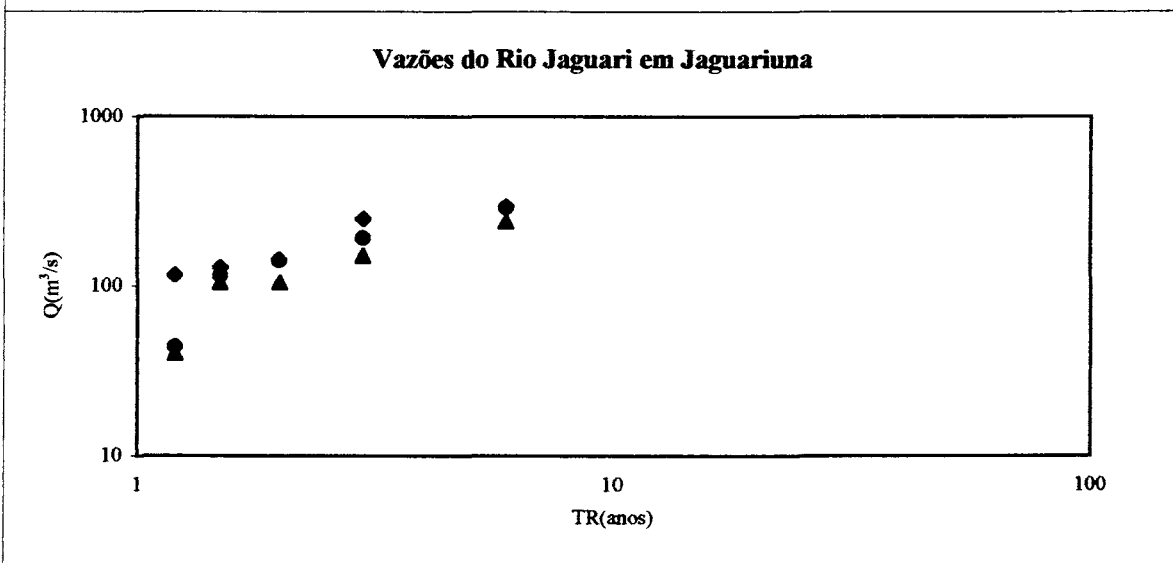
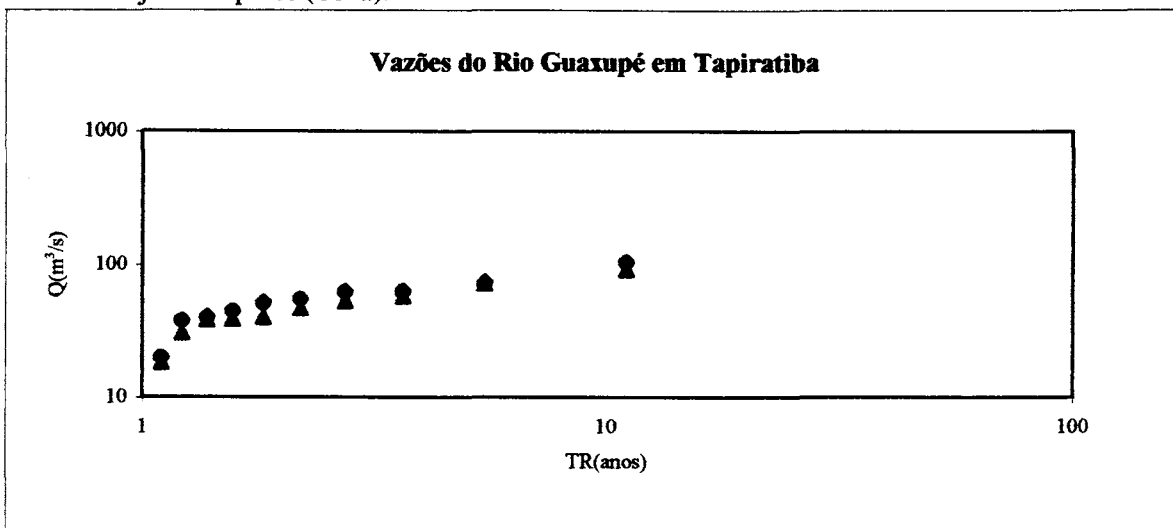
Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).



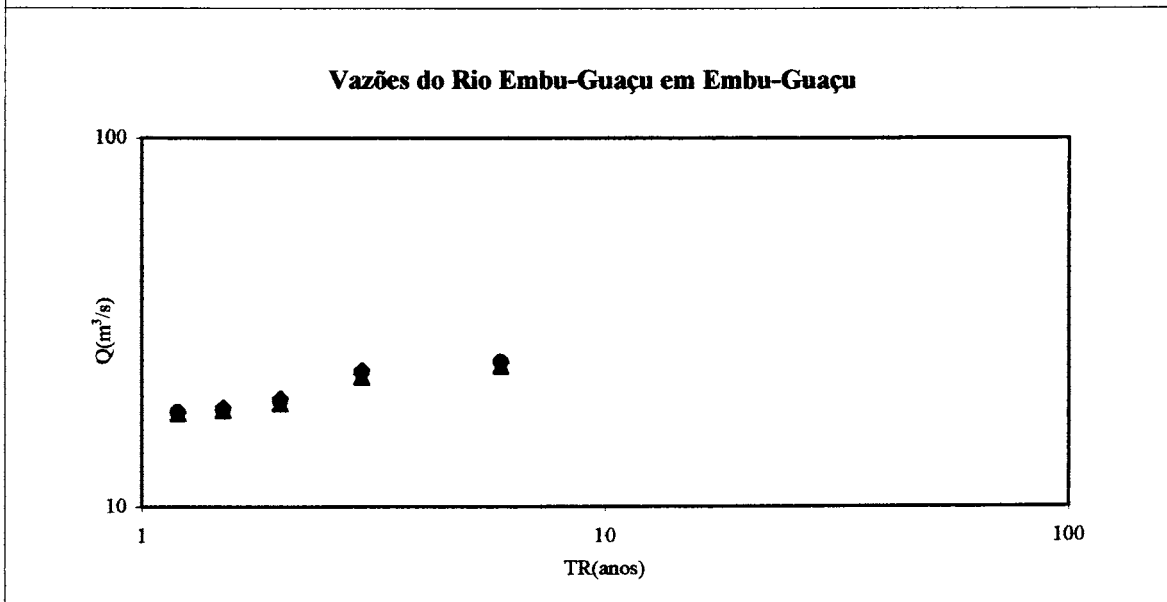
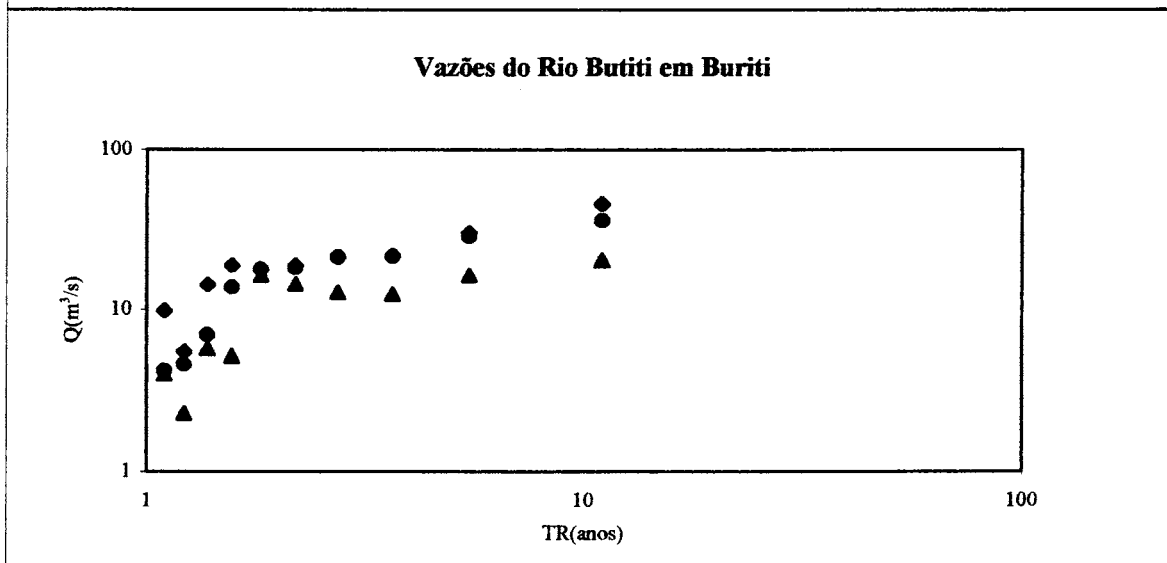
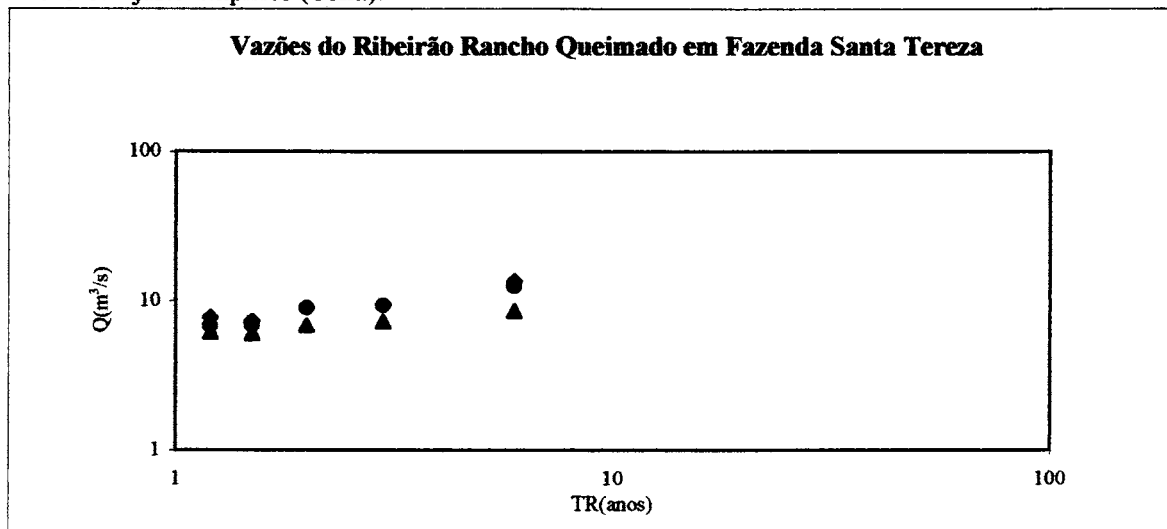
Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).



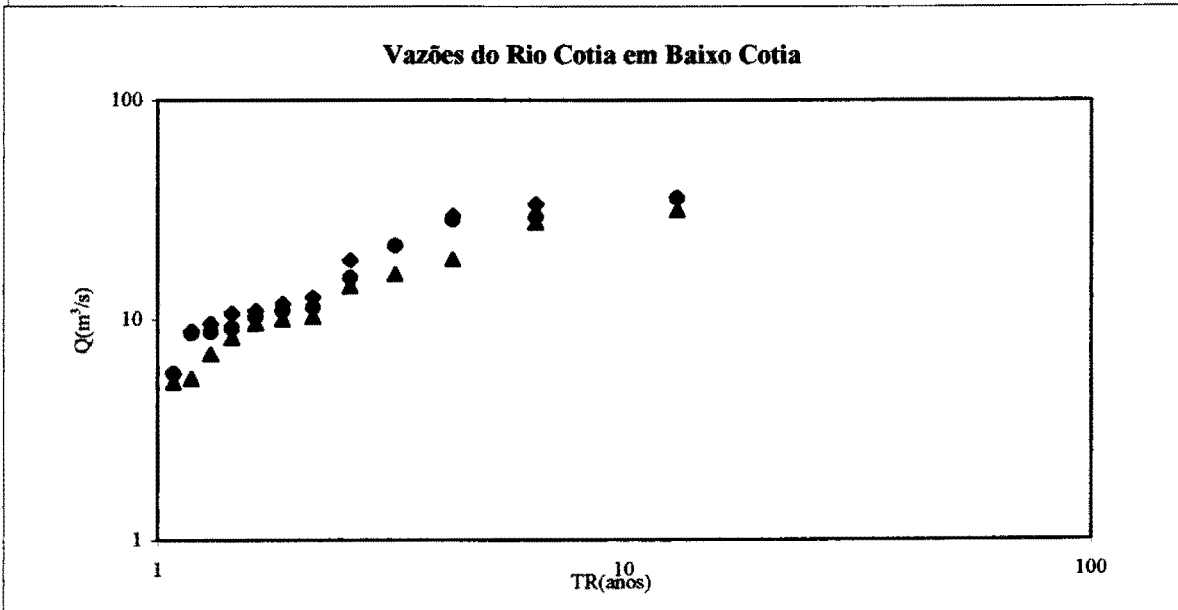
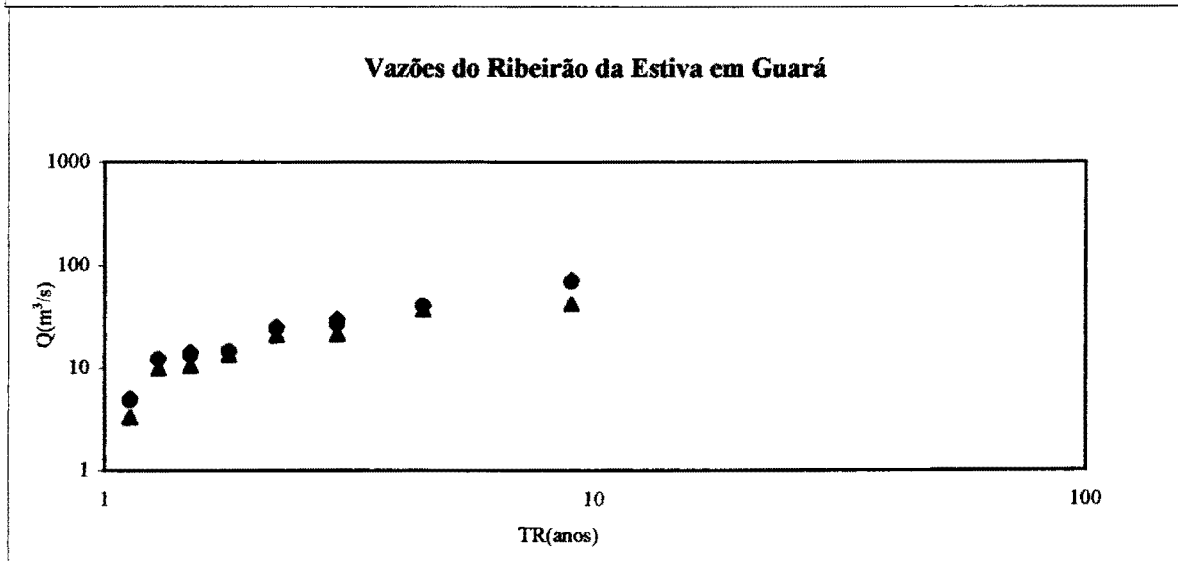
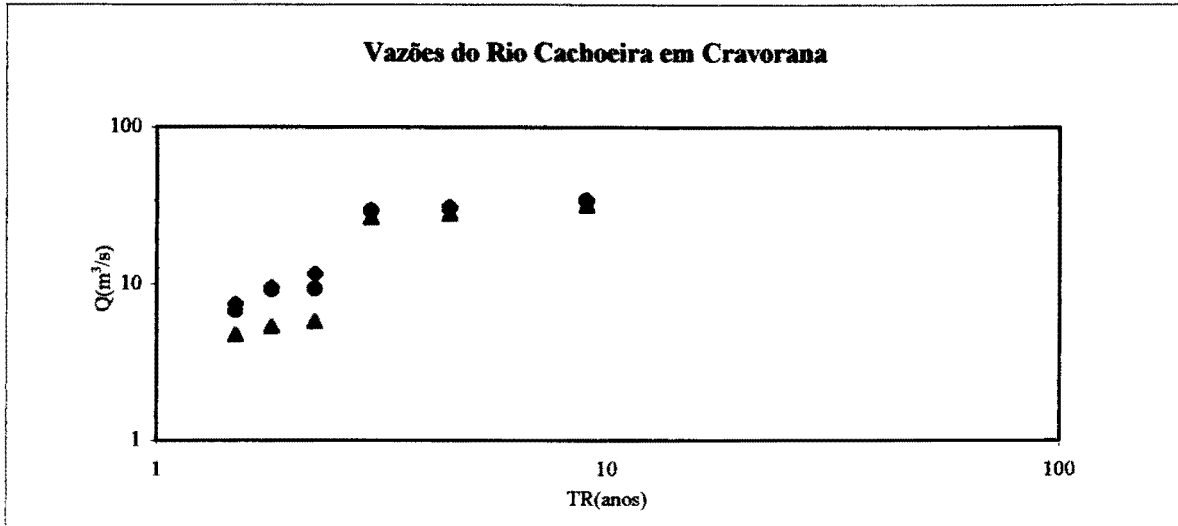
Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).



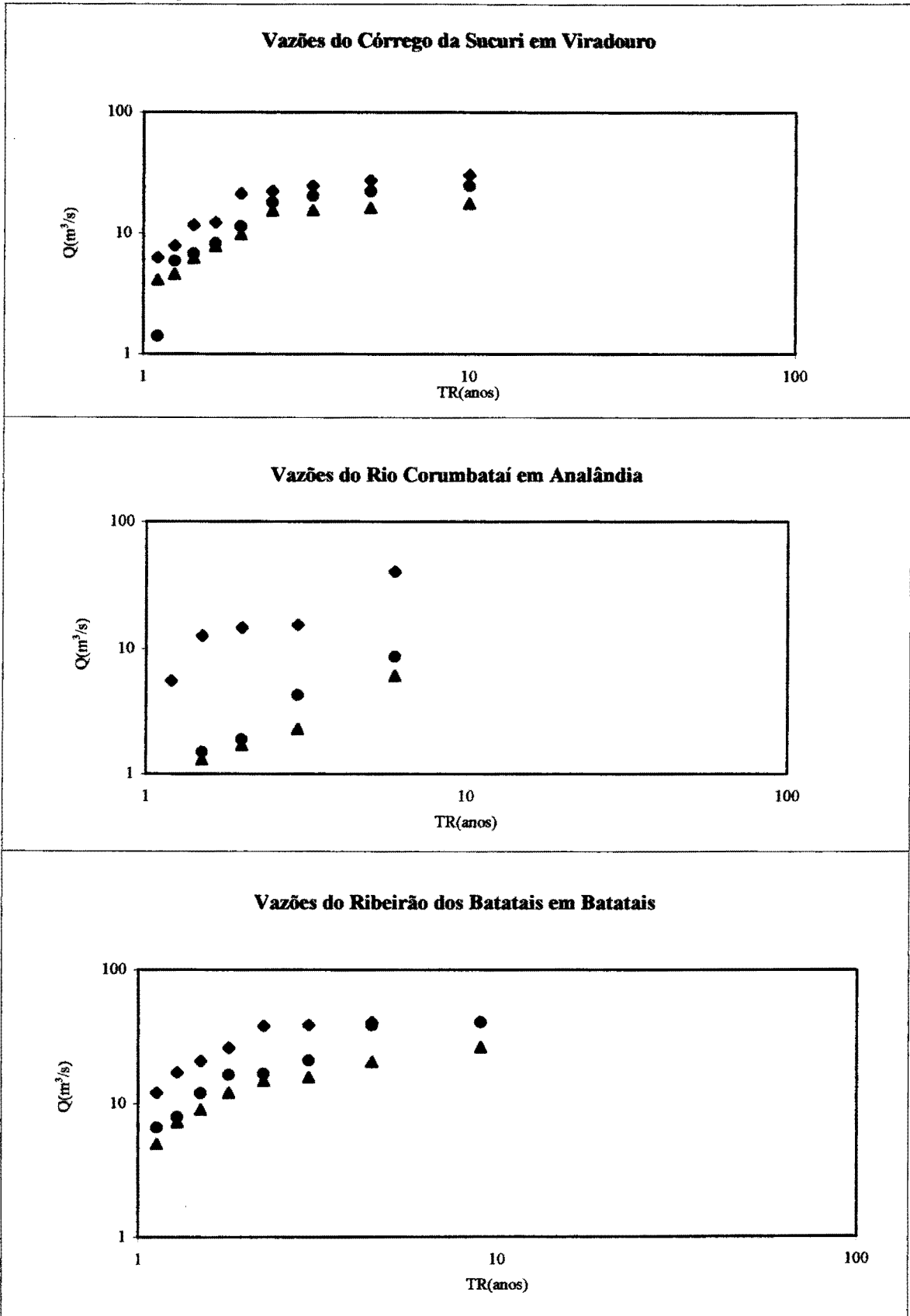
Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).



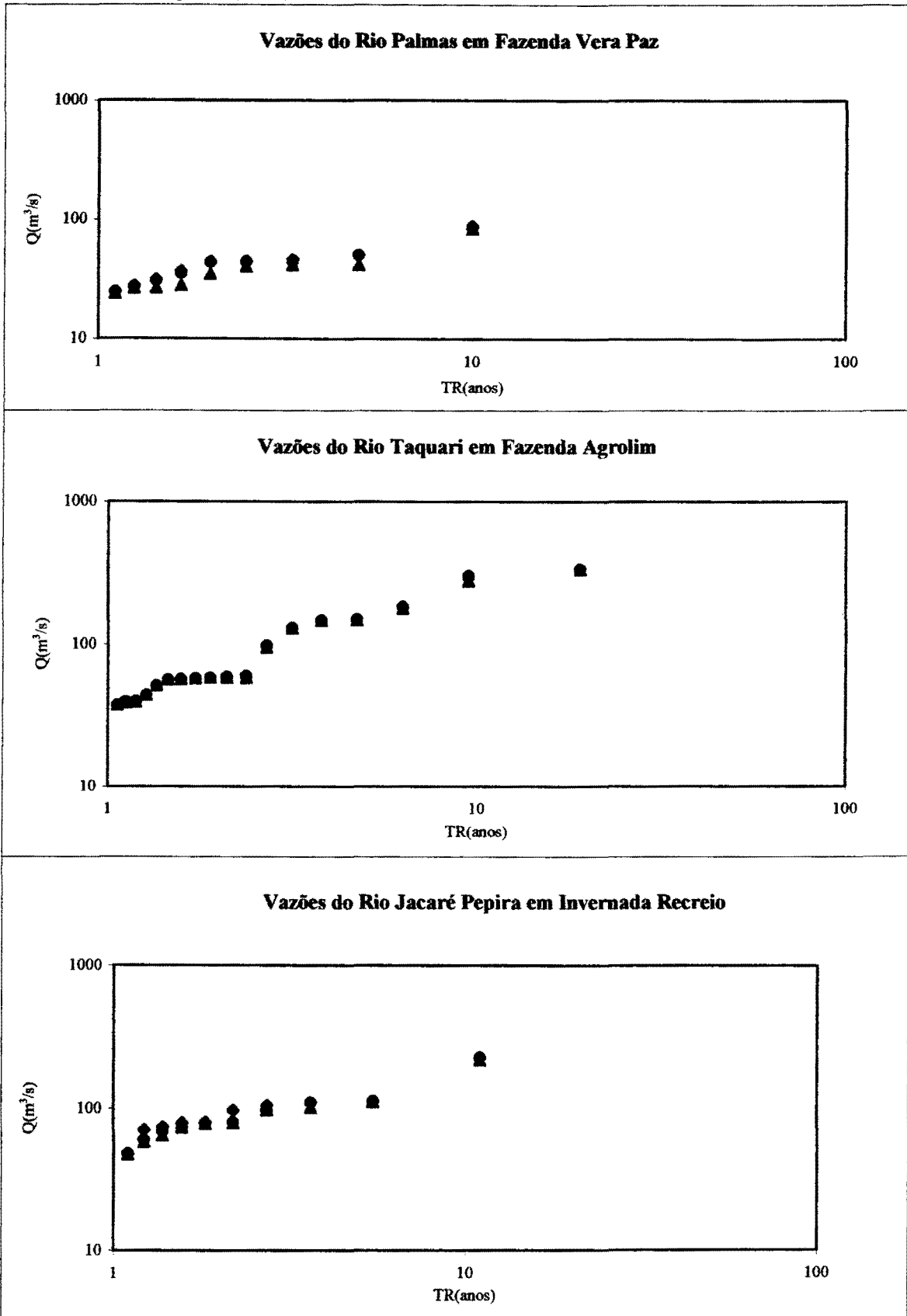
Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).



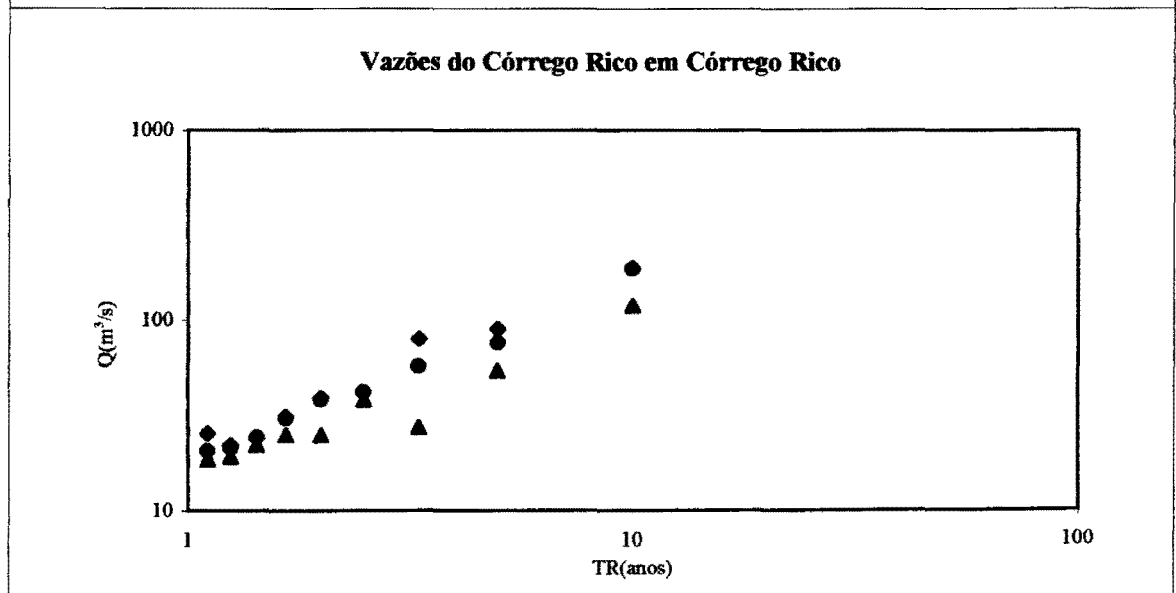
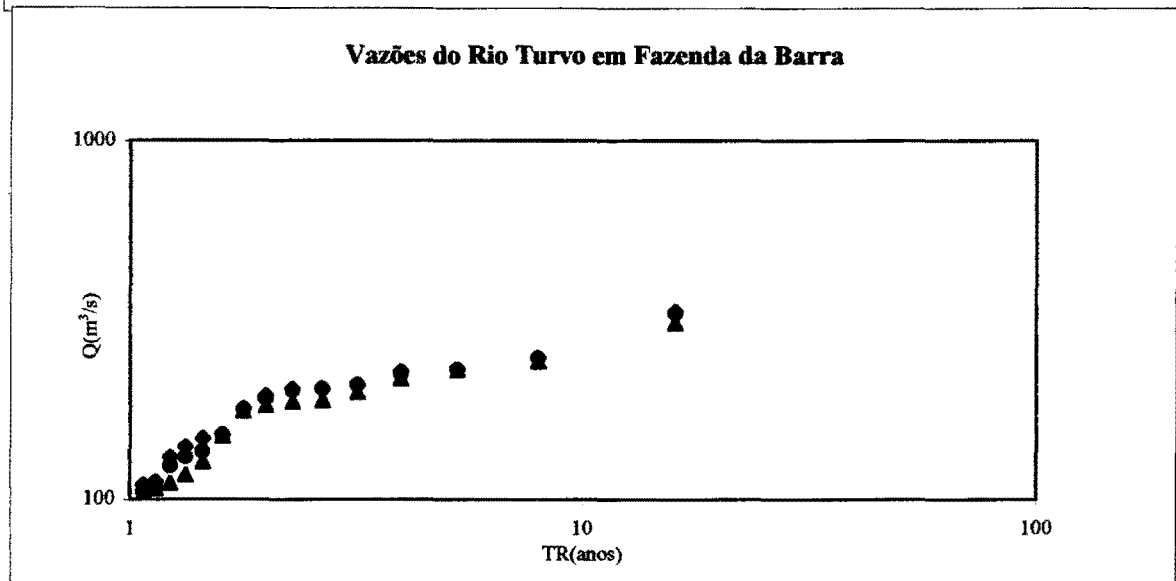
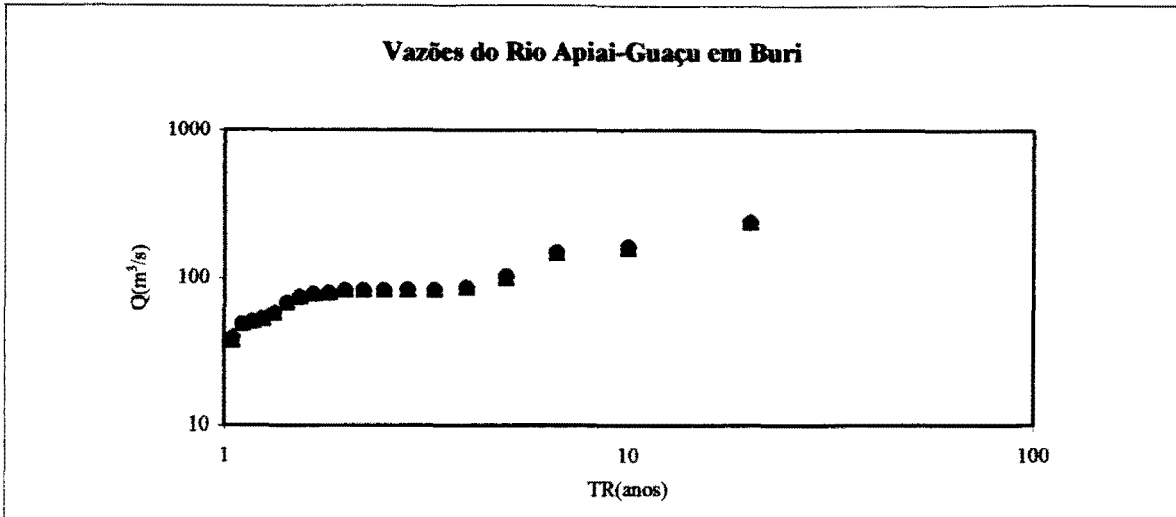
Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).



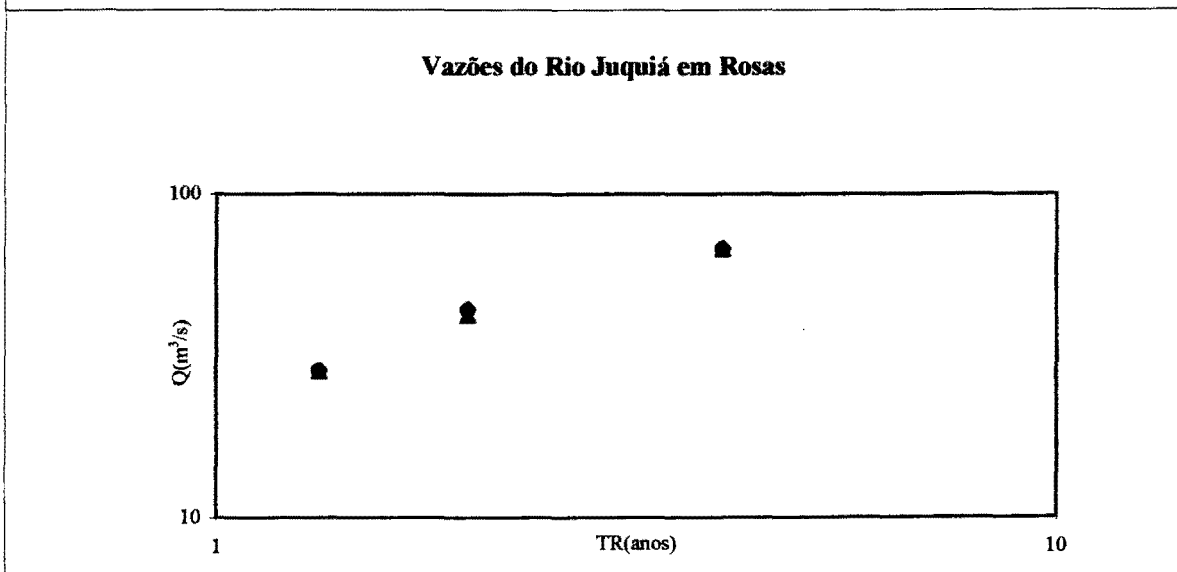
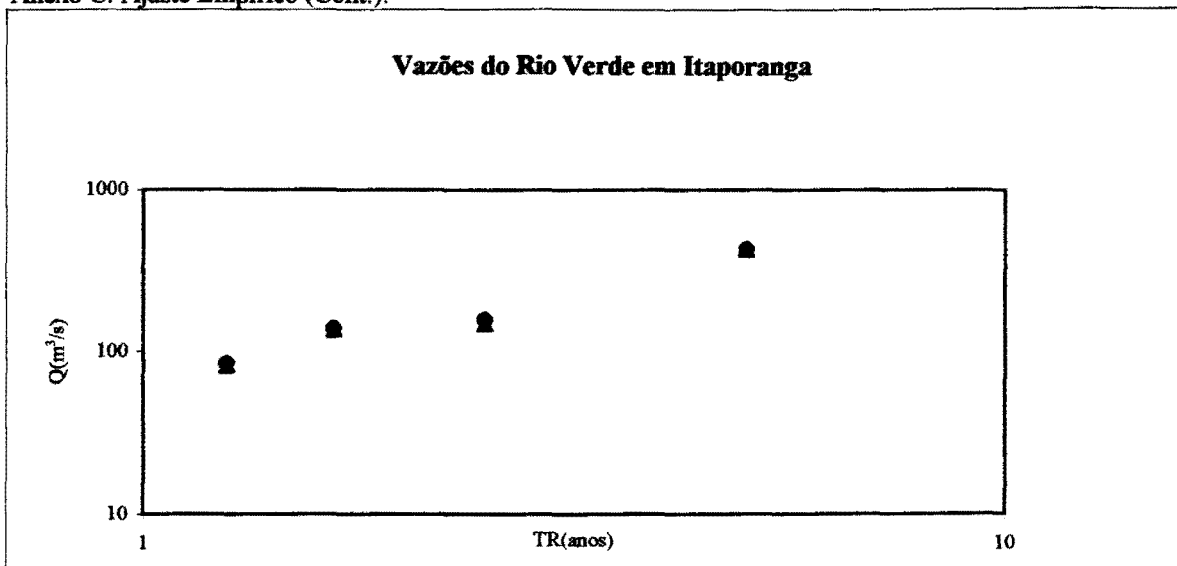
Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).



Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).



Anexo C. Ajuste Empírico (Cont.).



Anexo D. Ajuste empírico às séries.

Posto	l	p	TR	Qmax	Qmed	Ql
1	1	0,1000	10,00	606,34	606,34	613,09
	2	0,2000	5,00	531,68	525,96	537,48
	3	0,3000	3,33	509,22	503,79	509,22
	4	0,4000	2,50	482,74	477,64	487,90
	5	0,5000	2,00	404,72	404,72	404,72
	6	0,6000	1,67	396,66	400,66	400,66
	7	0,7000	1,43	381,20	373,78	381,20
	8	0,8000	1,25	195,80	196,89	195,80
	9	0,9000	1,11	141,78	140,81	141,78
2	1	0,1250	8,00	1485,00	1477,00	1550,00
	2	0,2500	4,00	1174,00	860,91	1485,00
	3	0,3750	2,67	882,32	680,19	948,17
	4	0,5000	2,00	870,06	677,50	894,68
	5	0,6250	1,60	760,70	540,03	777,93
	6	0,7500	1,33	642,96	420,42	658,79
	7	0,8750	1,14	431,06	349,73	461,56
3	1	0,0667	15,00	2005,00	1918,00	2029,00
	2	0,1333	7,50	1802,80	1681,00	1840,00
	3	0,2000	5,00	1238,80	1210,80	1241,60
	4	0,2667	3,75	1115,00	1101,00	1117,00
	5	0,3333	3,00	1032,00	1029,00	1032,00
	6	0,4000	2,50	911,00	908,00	914,00
	7	0,4667	2,14	892,00	889,00	893,00
	8	0,5333	1,88	849,00	841,00	849,00
	9	0,6000	1,67	785,00	768,00	785,00
	10	0,6667	1,50	756,00	751,20	780,00
	11	0,7333	1,36	754,00	742,00	755,00
	12	0,8000	1,25	493,00	476,00	549,00
	13	0,8667	1,15	419,40	400,20	503,00
4	1	0,2500	4,00	919,60	894,70	939,50
	2	0,5000	2,00	219,00	201,40	227,20
	3	0,7500	1,33	115,10	107,70	117,70
5	1	0,1429	7,00	265,10	265,10	269,50
	2	0,2857	3,50	259,40	255,40	263,70
	3	0,4286	2,33	257,20	251,00	258,50
	4	0,5714	1,75	256,30	229,60	258,00
	5	0,7143	1,40	236,20	225,70	236,20
	6	0,8571	1,17	234,90	225,30	235,70
6	1	0,1667	6,00	1860,00	1204,00	2187,76
	2	0,3333	3,00	816,70	763,20	820,60
	3	0,5000	2,00	574,60	488,30	578,00
	4	0,6667	1,50	342,40	331,70	358,70
	5	0,8333	1,20	342,40	308,30	342,40
7	1	0,1000	10,00	1770,00	1579,00	1827,00
	2	0,2000	5,00	1582,00	1567,00	1704,00
	3	0,3000	3,33	1372,00	1224,00	1389,00
	4	0,4000	2,50	1323,00	1208,00	1381,00
	5	0,5000	2,00	1293,00	1179,00	1372,00
	6	0,6000	1,67	1290,00	1011,00	1337,00
	7	0,7000	1,43	1122,00	964,71	1210,00
	8	0,8000	1,25	967,13	935,79	1158,00
	9	0,9000	1,11	794,18	496,55	807,70
8	1	0,1429	7,00	1060,00	929,28	1110,00
	2	0,2857	3,50	975,07	806,74	1012,00
	3	0,4286	2,33	647,89	647,89	984,58
	4	0,5714	1,75	435,49	350,39	687,65
	5	0,7143	1,40	326,49	269,41	443,20
	6	0,8571	1,17	279,90	183,48	283,42

Anexo D. Ajuste empírico às séries (Cont).

Porto	i	p	TR	Q _{max}	Q _{med}	QI
9	1	0,1111	9,00	1362,00	1191,00	1403,00
	2	0,2222	4,50	1258,00	1078,00	1267,00
	3	0,3333	3,00	1191,00	968,03	1194,00
	4	0,4444	2,25	1094,00	920,93	1100,00
	5	0,5556	1,80	747,41	703,21	779,03
	6	0,6667	1,50	745,17	672,96	747,41
	7	0,7778	1,29	677,25	522,43	734,03
	8	0,8889	1,13	618,28	413,69	626,56
10	1	0,1250	8,00	63,97	63,32	64,30
	2	0,2500	4,00	62,46	62,16	63,63
	3	0,3750	2,67	55,52	56,09	58,10
	4	0,5000	2,00	54,24	54,94	55,52
	5	0,6250	1,60	50,85	50,55	52,66
	6	0,7500	1,33	43,80	20,72	44,95
	7	0,8750	1,14	22,53	-	23,45
11	1	0,1000	10,00	30,31	28,17	34,09
	2	0,2000	5,00	27,26	23,48	28,57
	3	0,3000	3,33	27,26	22,04	27,26
	4	0,4000	2,50	25,97	16,13	27,26
	5	0,5000	2,00	24,09	19,05	26,61
	6	0,6000	1,67	21,10	13,61	25,84
	7	0,7000	1,43	20,75	10,28	25,34
	8	0,8000	1,25	19,95	9,08	24,71
	9	0,9000	1,11	8,33	8,33	21,10
12	1	0,2500	4,00	1763,00	1641,00	1780,00
	2	0,5000	2,00	1158,00	1052,00	1316,00
	3	0,7500	1,33	786,01	488,38	891,77
13	1	0,1000	10,00	435,90	268,29	500,00
	2	0,2000	5,00	261,96	185,05	354,81
	3	0,3000	3,33	254,12	185,05	298,97
	4	0,4000	2,50	220,46	176,33	223,47
	5	0,5000	2,00	176,33	160,38	189,43
	6	0,6000	1,67	170,52	145,85	183,60
	7	0,7000	1,43	157,48	110,53	170,52
	8	0,8000	1,25	113,51	89,54	117,96
	9	0,9000	1,11	109,04	78,98	109,04
14	1	0,1111	9,00	110,52	109,55	110,52
	2	0,2222	4,50	92,05	91,74	92,99
	3	0,3333	3,00	87,38	86,76	87,38
	4	0,4444	2,25	84,60	83,68	85,22
	5	0,5556	1,80	67,48	65,15	69,24
	6	0,6667	1,50	61,12	61,12	61,12
	7	0,7778	1,29	50,27	50,27	50,27
	8	0,8889	1,13	49,46	49,19	49,46
15	1	0,1250	8,00	609,36	609,36	642,32
	2	0,2500	4,00	511,80	411,80	519,84
	3	0,3750	2,67	345,67	329,48	349,43
	4	0,5000	2,00	271,01	255,55	272,21
	5	0,6250	1,60	243,78	211,38	250,83
	6	0,7500	1,33	215,95	200,01	228,63
	7	0,8750	1,14	215,95	189,88	217,10
	8	0,8889	1,12	137,46	23,37	149,22
16	1	0,1250	8,00	76,15	67,42	79,99
	2	0,2500	4,00	72,33	56,33	77,68
	3	0,3750	2,67	62,57	52,37	73,09
	4	0,5000	2,00	58,88	49,17	70,43
	5	0,6250	1,60	56,69	43,61	64,80
	6	0,7500	1,33	55,24	41,90	63,68
	7	0,8750	1,14	37,87	18,80	41,22
17	1	0,2000	5,00	10,08	5,37	10,34
	2	0,4000	2,50	7,17	4,81	9,01
	3	0,6000	1,67	2,95	3,38	7,56
	4	0,8000	1,25	1,46	1,98	4,00

Anexo D. Ajuste empírico às séries (Cont.).

Posto	l	p	TR	Qmax	Qmed	Ql
18	1	0,1667	6,00	285,50	236,30	290,40
	2	0,3333	3,00	189,90	150,50	245,30
	3	0,5000	2,00	140,20	104,10	141,80
	4	0,6667	1,50	114,40	104,10	128,60
	5	0,8333	1,20	43,70	39,50	115,90
19	1	0,0909	11,00	103,00	91,00	104,00
	2	0,1818	5,50	71,20	71,20	74,00
	3	0,2727	3,67	62,20	57,40	63,50
	4	0,3636	2,75	61,70	52,50	63,20
	5	0,4545	2,20	54,60	46,20	54,90
	6	0,5455	1,83	50,40	39,60	52,60
	7	0,6364	1,57	44,30	38,50	44,60
	8	0,7273	1,38	40,00	37,90	40,60
	9	0,8182	1,22	37,60	30,20	37,90
	10	0,9091	1,10	19,90	18,10	19,90
20	1	0,1000	10,00	1077,00	1026,00	1093,00
	2	0,2000	5,00	622,20	632,00	651,50
	3	0,3000	3,33	612,20	607,20	622,20
	4	0,4000	2,50	560,00	527,00	565,00
	5	0,5000	2,00	368,00	342,00	372,00
	6	0,6000	1,67	351,00	335,00	351,00
	7	0,7000	1,43	301,00	277,20	304,30
	8	0,8000	1,25	266,60	261,50	271,80
	9	0,9000	1,11	103,10	85,50	105,10
21	1	0,2000	5,00	429,00	426,00	433,00
	2	0,4000	2,50	157,00	147,00	158,00
	3	0,6000	1,67	138,00	135,00	139,00
	4	0,8000	1,25	84,00	81,40	85,00
22	1	0,0526	19,00	333,00	332,00	333,00
	2	0,1053	9,50	294,00	276,00	300,00
	3	0,1579	6,33	182,00	176,00	182,00
	4	0,2105	4,75	147,00	147,00	149,00
	5	0,2632	3,80	146,00	146,00	147,00
	6	0,3158	3,17	129,00	129,00	130,00
	7	0,3684	2,71	97,20	94,00	98,00
	8	0,4211	2,38	59,40	58,20	60,00
	9	0,4737	2,11	58,20	58,20	58,80
	10	0,5263	1,90	58,20	58,20	58,20
	11	0,5789	1,73	57,60	57,60	57,60
	12	0,6316	1,58	56,50	56,50	56,50
	13	0,6842	1,46	56,00	56,00	56,00
	14	0,7368	1,36	50,80	50,80	51,20
	15	0,7895	1,27	43,90	43,90	43,90
	16	0,8421	1,19	39,50	39,00	39,80
	17	0,8947	1,12	39,00	38,80	39,50
	18	0,9474	1,06	37,20	37,20	37,20

Anexo D. Ajuste empírico às séries (cont.).

Posto	i	p	TR	Qmax	Qmed	Qi
23	1	0,0500	20,00	240,00	239,00	241,00
	2	0,1000	10,00	163,00	160,00	163,00
	3	0,1500	6,67	150,00	149,00	150,00
	4	0,2000	5,00	103,00	100,00	103,00
	5	0,2500	4,00	86,50	86,50	86,50
	6	0,3000	3,33	83,60	83,60	83,60
	7	0,3500	2,86	83,60	82,80	83,60
	8	0,4000	2,50	82,80	82,80	83,00
	9	0,4500	2,22	82,80	82,60	82,80
	10	0,5000	2,00	82,60	82,60	82,80
	11	0,5500	1,82	79,30	79,10	79,50
	12	0,6000	1,67	77,90	77,70	78,40
	13	0,6500	1,54	74,60	74,10	74,60
	14	0,7000	1,43	67,40	67,40	67,40
	15	0,7500	1,33	57,60	57,60	57,80
	16	0,8000	1,25	52,50	52,40	52,50
	17	0,8500	1,18	50,20	50,20	50,30
	18	0,9000	1,11	48,40	48,40	48,40
	19	0,9500	1,05	38,40	36,90	39,40
24	1	0,0625	16,00	330,00	309,00	334,00
	2	0,1250	8,00	248,00	241,00	248,00
	3	0,1875	5,33	230,00	229,00	230,00
	4	0,2500	4,00	222,00	216,00	227,00
	5	0,3125	3,20	208,00	198,00	208,00
	6	0,3750	2,67	203,00	188,00	203,00
	7	0,4375	2,29	201,00	186,00	203,00
	8	0,5000	2,00	190,00	182,00	194,00
	9	0,5625	1,78	178,00	176,00	179,00
	10	0,6250	1,60	151,00	150,00	151,00
	11	0,6875	1,45	136,00	127,00	148,00
	12	0,7500	1,33	131,00	117,00	140,00
	13	0,8125	1,23	124,00	111,00	131,00
	14	0,8750	1,14	111,00	107,00	112,00
	15	0,9375	1,07	105,00	104,00	110,00
25	1	0,0909	11,00	226,00	218,00	226,00
	2	0,1818	5,50	112,00	111,00	112,00
	3	0,2727	3,67	110,00	101,00	110,00
	4	0,3636	2,75	97,20	97,20	105,00
	5	0,4545	2,20	80,40	78,80	97,20
	6	0,5455	1,83	78,80	78,00	80,40
	7	0,6364	1,57	73,20	73,20	79,60
	8	0,7273	1,38	69,40	64,20	74,80
	9	0,8182	1,22	60,20	57,80	70,90
	10	0,9091	1,10	48,20	47,40	48,20
26	1	0,2500	4,00	67,60	67,30	68,20
	2	0,5000	2,00	43,90	42,10	44,40
	3	0,7500	1,33	28,40	28,20	28,40
27	1	0,1111	9,00	33,90	31,49	34,09
	2	0,2222	4,50	30,19	28,07	30,63
	3	0,3333	3,00	29,16	26,57	29,34
	4	0,4444	2,25	9,39	5,73	11,66
	5	0,5556	1,80	9,16	5,34	9,58
	6	0,6667	1,50	6,73	4,74	7,50
28	1	0,1667	6,00	24,80	24,00	24,80
	2	0,3333	3,00	23,20	22,40	23,50
	3	0,5000	2,00	19,40	19,00	19,70
	4	0,6667	1,50	18,40	18,20	18,60
	5	0,8333	1,20	18,10	17,80	18,10

Anexo D. Ajuste empírico às séries (Cont.).

Porto	i	p	TR	Qmax	Qmed	Qi
29	1	0,0769	13,00	35,76	31,61	35,98
	2	0,1538	6,50	29,44	27,69	33,79
	3	0,2308	4,33	28,63	18,79	29,83
	4	0,3077	3,25	21,73	16,13	21,84
	5	0,3846	2,60	15,60	14,17	18,67
	6	0,4615	2,17	11,39	10,28	12,61
	7	0,5385	1,86	10,97	10,01	11,83
	8	0,6154	1,63	10,25	9,64	10,97
	9	0,6923	1,44	9,17	8,27	10,70
	10	0,7692	1,30	8,80	7,00	9,61
	11	0,8462	1,18	8,68	5,42	8,87
	12	0,9231	1,08	5,74	5,23	5,74
30	1	0,1111	9,00	69,10	42,00	72,10
	2	0,2222	4,50	40,40	37,00	40,80
	3	0,3333	3,00	27,00	21,30	30,00
	4	0,4444	2,25	24,20	20,70	25,40
	5	0,5556	1,80	14,70	13,30	14,70
	6	0,6667	1,50	13,30	10,40	14,50
	7	0,7778	1,29	12,20	9,80	12,40
	8	0,8889	1,13	4,80	3,30	5,10
31	1	0,3333	3,00	4,90	3,90	7,80
	2	0,6667	1,50	2,10	2,00	5,20
32	1	0,1667	6,00	8,60	6,10	40,00
	2	0,3333	3,00	4,30	2,30	15,30
	3	0,5000	2,00	1,90	1,70	14,50
	4	0,6667	1,50	1,50	1,30	12,60
	5	0,8333	1,20	0,60	0,60	5,60
33	1	0,1111	9,00	40,70	26,30	40,70
	2	0,2222	4,50	38,50	20,60	40,40
	3	0,3333	3,00	21,20	15,70	38,80
	4	0,4444	2,25	16,80	14,80	38,20
	5	0,5556	1,80	16,50	12,10	26,20
	6	0,6667	1,50	12,00	9,00	20,90
	7	0,7778	1,29	7,90	7,30	17,20
	8	0,8889	1,13	6,60	5,00	12,10
34	1	0,1000	10,00	186,60	120,00	189,80
	2	0,2000	5,00	76,40	54,60	90,10
	3	0,3000	3,33	57,40	38,50	80,10
	4	0,4000	2,50	42,10	27,50	42,10
	5	0,5000	2,00	38,50	25,30	39,20
	6	0,6000	1,67	30,70	25,10	31,40
	7	0,7000	1,43	24,50	22,20	25,60
	8	0,8000	1,25	21,40	19,20	24,50
	9	0,9000	1,11	20,80	18,70	22,20
35	1	0,1667	6,00	12,40	8,50	13,50
	2	0,3333	3,00	9,30	7,20	9,30
	3	0,5000	2,00	8,90	6,80	8,90
	4	0,6667	1,50	6,80	6,00	7,30
	5	0,8333	1,20	6,70	6,10	7,70
36	1	0,0909	11,00	36,10	20,40	45,50
	2	0,1818	5,50	28,50	16,40	30,20
	3	0,2727	3,67	21,50	16,40	21,70
	4	0,3636	2,75	21,30	14,40	21,30
	5	0,4545	2,20	18,30	12,80	19,00
	6	0,5455	1,83	18,00	12,40	19,00
	7	0,6364	1,57	13,80	5,80	18,00
	8	0,7273	1,38	7,00	5,20	14,30
	9	0,8182	1,22	4,60	4,00	9,80
	10	0,9091	1,10	4,20	2,30	5,50

Anexo D. Ajuste empírico às séries (Cont.).

Posto	f	p	TR	Qmax	Qmed	QI
37	1	0,1000	10,00	24,80	17,80	30,50
	2	0,2000	5,00	22,40	16,40	27,50
	3	0,3000	3,33	20,50	15,60	24,90
	4	0,4000	2,50	18,20	15,50	22,40
	5	0,5000	2,00	11,40	9,80	21,40
	6	0,6000	1,67	8,30	7,80	12,30
	7	0,7000	1,43	6,80	6,20	11,80
	8	0,8000	1,25	5,90	4,60	7,90
	9	0,9000	1,11	1,40	4,10	6,30
38	1	0,1000	10,00	86,70	83,60	88,00
	2	0,2000	5,00	50,50	41,80	50,50
	3	0,3000	3,33	44,40	41,30	46,40
	4	0,4000	2,50	44,10	40,10	44,40
	5	0,5000	2,00	43,50	34,70	44,10
	6	0,6000	1,67	35,20	27,80	37,10
	7	0,7000	1,43	30,50	26,50	31,50
	8	0,8000	1,25	27,20	26,10	27,70
	9	0,9000	1,11	24,70	23,80	24,80

Anexo E. Vazões e parâmetros do ajuste Log-Pearson III - Método dos Momentos.

Posto	TR (anos)	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{med} (m ³ /s)	Q ₁ (m ³ /s)		Parâmetros		
1	2	411,537	409,623	413,575	M	2,570	2,568	2,572
	5	555,592	552,175	560,031	D	0,211	0,210	0,212
	10	619,443	614,809	625,160	G	-1,321	-1,328	-1,312
	25	675,702	670,125	683,010				
2	2	854,452	607,435	902,351	M	2,922	2,810	2,901
	5	1175,814	936,277	1289,652	D	0,174	0,207	0,230
	10	1371,785	1218,217	1547,685	G	-0,274	0,600	0,040
	25	1601,892	1661,959	1873,864				
3	2	933,841	927,365	934,680	M	2,970	2,961	2,975
	5	1319,931	1309,027	1336,454	D	0,191	0,184	0,171
	10	1605,067	1554,306	1609,313	G	0,093	-0,216	0,500
	25	1960,180	1855,024	2000,106				
5	2	254,163	240,882	256,532	M	2,400	2,383	2,404
	5	262,210	256,171	265,574	D	0,022	0,031	0,025
	10	265,039	264,943	268,761	G	-0,734	0,221	-0,628
	25	267,185	271,180	274,945				
6	2	568,848	511,048	587,437	M	2,802	2,824	2,732
	5	1084,489	855,792	1197,050	D	0,306	0,335	0,250
	10	1626,312	1158,164	1876,117	G	0,944	1,172	0,579
	25	2648,467	1641,691	3228,340				
7	2	1317,473	1164,652	1394,693	M	3,096	3,121	3,032
	5	1527,174	1437,208	1608,865	D	0,106	0,102	0,150
	10	1606,851	1545,126	1689,979	G	-0,582	-0,899	-1,377
	25	1669,425	1631,491	1753,590				
8	2	619,924	464,809	764,310	M	2,738	2,830	2,654
	5	870,862	786,585	1063,914	D	0,243	0,237	0,283
	10	978,980	1018,546	1192,238	G	0,071	-0,913	-0,278
	25	1068,940	1298,717	1325,428				
9	2	921,685	790,650	942,410	M	2,965	2,884	2,975
	5	1200,050	1048,420	1217,350	D	0,136	0,160	0,132
	10	1377,480	1193,890	1392,070	G	-0,001	-0,546	0,012
	25	1595,560	1354,220	1606,420				
10	2	55,693	55,541	57,122	M	1,690	1,684	1,702
	5	66,392	65,660	67,121	D	0,169	0,184	0,166
	10	69,026	68,059	69,324	G	-2,179	-2,241	-2,228
	25	70,323	69,238	70,703				
11	2	24,529	15,073	26,413	M	1,335	1,424	1,178
	5	28,855	21,709	29,510	D	0,168	0,055	0,188
	10	29,895	26,255	31,369	G	-2,242	0,255	-0,011
	25	30,406	32,144	33,560				
13	2	186,788	148,389	204,196	M	2,286	2,164	2,323
	5	275,180	203,292	313,391	D	0,190	0,170	0,211
	10	343,760	237,278	399,169	G	0,466	-0,280	0,380
	25	442,719	277,750	523,960				
14	2	72,980	72,162	73,459	M	1,861	1,857	1,863
	5	93,173	92,205	93,760	D	0,128	0,128	0,128
	10	105,561	104,634	106,132	G	-0,103	-0,059	-0,154
	25	120,330	119,587	120,803				
15	2	249,673	227,272	253,963	M	2,422	2,387	2,436
	5	379,633	359,306	385,697	D	0,201	0,218	0,198
	10	488,986	476,493	502,392	G	0,732	0,841	0,984
	25	658,307	666,636	691,541				
16	2	61,231	49,758	70,424	M	1,769	1,647	1,819
	5	71,151	61,524	78,676	D	0,099	0,178	0,097
	10	75,370	65,324	81,114	G	-1,135	-1,814	-1,892
	25	79,099	67,783	82,656				

Anexo E. Vazões e parâmetros do ajuste Log-Pearson III (Cont.).

Posto	TR (anos)	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{med} (m ³ /s)	Q _i (m ³ /s)	Parâmetros			
18	2	145,435	118,332	165,503	M	2,116	2,036	2,236
	5	237,307	190,970	239,255	D	0,305	0,286	0,179
	10	290,467	234,859	296,893	G	-0,942	-0,783	0,568
	25	347,461	284,177	380,672				
19	2	52,687	45,565	53,823	M	1,701	1,645	1,709
	5	73,221	65,123	74,863	D	0,191	0,197	0,194
	10	84,847	77,215	86,611	G	-0,653	-0,404	-0,704
	25	97,575	91,499	99,305				
20	2	429,622	416,028	435,804	M	2,599	2,574	2,606
	5	703,540	688,532	716,145	D	0,290	0,309	0,291
	10	874,163	850,501	892,241	G	-0,717	-0,889	-0,697
	25	1071,068	1028,237	1096,989				
22	2	73,681	73,130	74,096	M	1,908	1,904	1,911
	5	138,711	136,606	139,692	D	0,302	0,298	0,303
	10	204,723	200,538	206,353	G	0,832	0,824	0,832
	25	325,140	316,329	328,071				
23	2	76,518	76,230	76,552	M	1,908	1,909	1,905
	5	114,181	113,785	114,266	D	0,192	0,191	0,192
	10	145,910	144,971	145,924	G	0,782	0,817	0,738
	25	194,771	192,725	195,209				
24	2	175,278	167,246	178,886	M	2,245	2,223	2,254
	5	230,987	221,290	233,056	D	0,142	0,144	0,135
	10	267,118	256,195	268,174	G	0,036	0,005	0,072
	25	311,954	299,516	312,138				
25	2	81,286	78,940	87,492	M	1,940	1,927	1,967
	5	120,252	116,587	126,404	D	0,184	0,184	0,175
	10	153,975	149,125	158,740	G	1,120	1,104	0,866
	25	207,554	200,761	208,304				
27	2	16,259	12,274	17,473	M	1,206	1,089	1,235
	5	29,845	26,900	30,416	D	0,317	0,405	0,293
	10	40,248	40,524	40,743	G	-0,090	-0,003	-0,154
	25	56,512	53,864	62,706				
28	2	20,323	19,865	20,532	M	1,314	1,304	1,317
	5	23,101	22,399	23,296	D	0,062	0,058	0,062
	10	24,910	24,051	25,057	G	0,592	0,633	0,490
	25	27,177	26,122	27,228				
29	2	14,273	11,228	15,611	M	1,143	1,066	1,175
	5	22,903	18,818	24,723	D	0,254	0,233	0,233
	10	28,911	25,162	30,733	G	-0,267	0,360	-0,435
	25	36,675	34,853	38,127				
30	2	19,944	16,852	20,873	M	1,290	1,186	1,310
	5	39,076	30,984	40,826	D	0,356	0,357	0,355
	10	54,843	40,560	57,267	G	-0,166	-0,700	-0,162
	25	77,981	52,231	81,401				
32	2	2,281	1,731	14,012	M	0,360	0,263	1,159
	5	5,399	3,586	25,739	D	0,443	0,338	0,304
	10	8,492	5,429	35,979	G	0,028	0,422	0,254
	25	13,790	8,678	52,104				
33	2	16,474	12,580	28,533	M	1,220	1,088	1,430
	5	28,947	19,549	40,004	D	0,288	0,238	0,201
	10	39,028	24,258	46,348	G	0,068	-0,294	-0,756
	25	53,126	30,207	53,841				

Anexo E. Vazões e parâmetros do ajuste Log-Pearson III (Cont.).

Posto	TR	Q_{max}	Q_{med}	Q_1		Parâmetros		
	(anos)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)				
34	2	37,066	27,951	41,151	M	1,627	1,505	1,666
	5	71,377	48,872	80,379	D	0,308	0,261	0,315
	10	109,466	71,444	122,653	G	1,172	1,557	0,976
	25	185,008	114,911	204,351				
35	2	8,239	6,752	8,630	M	0,934	0,837	0,960
	5	10,416	7,676	10,802	D	0,110	0,061	0,105
	10	12,077	8,298	12,582	G	0,556	0,761	1,336
	25	14,441	9,096	15,229				
36	2	15,243	9,875	18,857	M	1,146	0,954	1,250
	5	26,622	16,878	29,213	D	0,326	0,320	0,251
	10	34,104	21,291	35,631	G	-0,684	-0,774	-0,603
	25	43,069	26,385	43,103				
37	2	12,418	9,823	17,005	M	1,005	0,978	1,207
	5	21,635	15,507	26,309	D	0,397	0,249	0,249
	10	26,193	19,344	32,102	G	-1,295	-0,340	-0,584
	25	30,238	24,174	38,877				
38	2	38,137	32,626	39,071	M	1,603	1,551	1,612
	5	53,846	46,763	55,007	D	0,165	0,168	0,164
	10	66,524	59,723	67,722	G	0,812	1,368	0,767
	25	85,475	81,117	86,547				

M - Média da Amostra

D- Desvio Padrão da Amostra

G Coeficiente de Assimetria da Amostra