



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Avaliação de disponibilidades hídricas e de caudais de ponta de cheia em bacias hidrográficas não monitorizadas - Caso de estudo

Joana Margarida Monteiro Raposo

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil
(Ciclo de Estudos Integrado)

Orientador: Prof. Doutor Cristina Maria Sena Fael
Coorientador: Prof. Doutor Maria Manuela Portela Correia dos Santos Ramos
da Silva

Covilhã, outubro de 2014

Aos meus pais e avós.

“Posso porque acredito que posso”

Virgílio

Agradecimentos

À minha Orientadora científica, Professora Doutora Cristina Fael, por todo o apoio, encorajamento, dedicação e disponibilidade demonstrada. Pela contínua e incansável orientação, pelos conselhos sábios e por todos os conhecimentos transmitidos ao longo deste percurso. Mas essencialmente por sempre ser um exemplo e um modelo para a minha pessoa.

À minha Coorientadora científica, Professora Doutra Maria Manuela Portela, pela oportunidade e escolha da temática da minha dissertação, pela sabedoria transmitida e partilha de conhecimentos, sempre de forma objectiva, experiente e entendedora.

A todos os professores que me auxiliaram ao longo do meu percurso académico.

Aos meus pais, por sempre estarem ao meu lado. Pela dedicação demonstrada em todas as situações na minha vida. Pelo apoio e amor incondicional.

Ao meu irmão, pela confiança depositada em mim, esperança e valorização.

A todos os amigos que me acompanharam nesta jornada, e na minha caminhada académica. Um agradecimento especial ao Ferraz, pelo companheirismo e por toda a ajuda prestada ao longo destes anos, pelos conhecimentos cedidos, pela paciência e pela amizade.

Ao Bruno, pela paciência, apoio incondicional, fé, persistência, companhia e amor concedidos.

Resumo

A estimação de escoamentos superficiais e a análise de caudais de ponta de cheia constituem duas das principais áreas de intervenção da Engenharia Civil, no que concerne aos recursos hídricos e ao dimensionamento de infraestruturas com eles relacionadas. No entanto, os registos de variáveis hidrológicas para tanto necessários apresentam numerosas falhas, ou dimensão insuficiente, podendo em alguns casos ser mesmo inexistentes, o que acarreta limitações nos modelos que para o efeito podem ser aplicados tendo em vista o dimensionamento daquelas infraestruturas.

Neste contexto, é frequente os estudos hidrológicos confrontarem-se com a necessidade de desenvolver métodos para simulação de escoamentos, para prolongamento de séries já existentes, bem como para estimar escoamentos em zonas não monitorizadas da rede hidrográfica que sejam parcimoniosos na informação que utilizam. Nesse entendimento, e no que respeita às disponibilidades hídricas, aplicou-se, pela simplicidade que traduz, o balanço hídrico sequencial, baseado na evapotranspiração de Thornthwaite. Simultaneamente e no pressuposto de total ausência de informação hidrométrica na secção de estimação de escoamentos, recorreu-se a modelos de transposição dessa mesma informação, a partir de secções da rede hidrográfica monitorizadas. Relativamente à análise de caudais de ponta de cheia, em Portugal Continental, é frequente aplicar, também pela sua simplicidade, a fórmula racional que requer apenas o conhecimento da intensidade de precipitação de projeto e de um coeficiente, C , essencialmente relacionado com as perdas de precipitação. Não sendo consensual o valor de C , a utilizar na fórmula racional, considerou-se pertinente analisar os seus valores que conduzam a uma adequada calibração daquela fórmula.

Desta forma, aplicaram-se as metodologias propostas, para avaliação de disponibilidades hídricas superficiais, à bacia hidrográfica definida pela estação hidrométrica de Fragas da Torre.

Os resultados obtidos demonstraram que o balanço hídrico sequencial, com base na evapotranspiração de Thornthwaite, é adequado na transformação de precipitação em escoamento. Foi também confirmada a adequação do modelo proposto para regionalização de informação hidrométrica, constatando-se que, apesar de uma região não ter registos de informação hidrométrica, não é impeditivo de se poder estimar variáveis hidrológicas nessa mesma região.

Palavras-chave

Balanço Hídrico sequencial, coeficiente C da fórmula racional, disponibilidades hídricas

Abstract

The stream flows estimation and the analysis of peak flood discharge are two of the most important areas of Civil Engineering intervention, regarding the water resources and the hydraulic systems design. However, the data of hydrological variables presents many flaws or insufficient size and can be nonexistent in some cases, which causes limitations in the models that can be applied in those hydraulic systems design.

In this context, hydrological studies are frequently confronted with the need to develop methods for simulation of stream flows, for extension of existing data, as well as to estimate stream flows in ungauged watersheds that needs easy data information. Therefore, was applied, for its simplicity, the sequential water balance, based on Thornthwaite evapotranspiration. At the same time and assuming that no hydrometric data exists in estimation stream flows section, we applied regionalization models to implement this same data information from stream gauging stations. For analysis of maximum flood flow, in Portugal mainland, is often applied, also for its simplicity, the rational formula which only requires knowledge of the precipitation project intensity and a coefficient, C , primarily related to precipitation losses. Not being consensual the value of C , using the rational formula, was considered appropriate to analyze their values which brings an adequate calibration of that same formula.

Thus, the methodologies proposed were applied, on the watershed defined by the Fragas da Torre hydrometric station, for evaluation of the available water resources.

The results showed that the sequential water balance, based on Thornthwaite evapotranspiration, is suitable for estimating stream flows from precipitation data. As also been confirmed the suitability of the proposed model for regionalization criteria, noticing that a region not having recorded hydrometric information does not necessarily prevent the estimation of hydrological variables that model the same region.

Keywords

Sequential water balance, racional formula coefficient C , water availability

Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Objectivos.....	2
1.3. Organização da dissertação	2
2. Modelação Hidrológica.....	5
2.1. Considerações prévias	5
2.2. Introdução à modelação hidrológica	5
2.3. Modelação.....	7
2.4. Qualidade das amostras	8
2.5. Calibração e Validação	9
2.6. Medidas de erro ou ajustamento entre escoamentos observados e simulados	10
3. Estimação de escoamentos mensais - Técnica do balanço hídrico sequencial	13
3.1. Considerações gerais	13
3.2. Evapotranspiração	13
3.2.1. Definições e conceitos	13
3.2.2. Evapotranspiração potencial mensal de Thorthwaite	14
3.3. Balanço hídrico sequencial.....	15
4. Transposição de informação hidrométrica	19
4.1. Considerações prévias	19
4.2. A transposição de informação hidrométrica - altura do escoamento anual médio, \bar{H}	19
5. Análise de caudais de ponta de cheia	23
5.1. Considerações iniciais.....	23
5.2. Método racional.....	23
5.2.1. Intensidade de precipitação	24
5.2.2. Tempo de concentração.....	26
5.2.3. Coeficiente C da fórmula racional.....	27
6. Aplicação a um caso prático.....	33
6.1. Considerações iniciais.....	33
6.2. Identificação e caracterização da bacia hidrográfica	34
6.3. Qualidade das séries de registos de precipitação anual	37

6.4. Aplicação do balanço hídrico sequencial baseado na evapotranspiração de Thornthwaite	39
6.5. Estimação de escoamentos mensais e de caudais médios diários sem registos de informação hidrométrica	44
6.5.1. Estimação de escoamentos mensais	45
6.5.2. Estimação de caudais médios diários	49
6.6. Análise de caudais de ponta de cheia	51
6.6.1. Precipitações diárias máximas anuais ponderadas	51
6.6.2. Tempo de concentração.....	52
6.6.3. Intensidades de precipitação máxima anual com duração igual ao período de retorno	53
6.6.4. Aplicação da fórmula racional - cálculo do coeficiente C.....	57
6.6.5. Comparação entre valores obtidos para o parâmetro C	59
7. Conclusões e propostas futuras.....	63
Bibliografia.....	67
Anexos	71
Anexo I - Dados para aplicação do balanço hídrico sequencial baseado na evapotranspiração de Thornthwaite	73
Anexo II - Dados para Transposição de informação hidrométrica	89
Anexo III - Dados para análise de caudais de ponta de cheia	95
Anexo IV - Tabelas Consultadas	105

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Tipos de modelos de processos hidrológicos	6
Figura 2.2 - Fases do desenvolvimento de modelos hidrológicos.....	7
Figura 2.3 - Teste de valores simplesmente acumulados (CUNHA, 2013).....	9
Figura 2.4 - Exemplos gráficos de correlações entre variáveis (NAGHETTINI & PORTELA, 2011)	11
Figura 5.1 - Áreas de influência dos postos udográficos (PORTELA, 2006)	25
Figura 5.2 - Coeficiente C em função da percentagem de área impermeável e do período de retorno (PONCE, 1989, p. 125)	30
Figura 5.3 - Variação do coeficiente C com o período de retorno da precipitação de projeto (COUNTY OF SOLANO, 1977 <i>in</i> PONCE, 1989, p. 124)	31
Figura 6.1 - Localização da bacia hidrográfica e estação hidrométrica de Fragas da Torre, sobre o mapa de Portugal Continental.....	34
Figura 6.2 - Classificação climática segundo Köppen-Geiger (PEEL, <i>et al.</i> , 2007).	35
Figura 6.3 - Ponderação aplicando os polígonos de Thiessen	36
Figura 6.4 - Localização das bacias hidrográficas de Ermida Corgo, Fragas da Torre e Santa Marta do Alvão, sobre o mapa de Portugal Continental	45
Figura 6.5 - Localização da bacia hidrográfica em Portugal, identificando a respectiva área de influência.....	55
Figura 6.6 - Representação esquemática para obtenção da intensidade da precipitação máxima anual, com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica em estudo, com base n precipitação diária máxima anual ponderada	57

Lista de Tabelas

Tabela 5.1 - Valores do coeficiente <i>C</i> da fórmula racional (Adaptado de CHOW, 1964 in PORTELA & HORA, 2002)	28
Tabela 5.2 - Valores do coeficiente <i>C</i> da fórmula racional para vários períodos de retorno (DRAINAGE CRITERIA MANUAL, 1977 in MATOS, 2006)	29
Tabela 6.1 - Postos udométricos selecionados na envolvente à bacia hidrográfica e respectivas coordenadas de localização.....	36
Tabela 6.2 - Postos udométricos com influência na bacia hidrográfica definida pela estação hidrométrica de Fragas da Torre (08H/02H)	37
Tabela 6.3 - Medidas de erro e ajustamento, aplicadas às fases de calibração, validação e período total.....	42
Tabela 6.4 - Características das estações hidrométricas para transposição de informação hidrométrica	44
Tabela 6.5 - Variáveis intervenientes no cálculo da transposição de informação hidrométrica em cada estação	46
Tabela 6.6 - Coeficientes de correlação entre escoamentos mensais calculados a partir de regionalização de informação hidrométrica	49
Tabela 6.7 - Precipitações diárias máximas anuais na bacia hidrográfica de Fragas da Torre (08H/02H), para os respectivos períodos de retorno, <i>T</i>	52
Tabela 6.8 - Características fisiográficas e tempos de concentração da bacia hidrográfica ...	53
Tabela 6.9 - Parâmetros das curvas <i>IDF</i> (válidas entre 6 e 48 h) (BRANDÃO <i>et al.</i> , 2001).....	54
Tabela 6.10 - Parâmetros integrantes das curvas <i>IDF</i> , para ca período de retorno. Intensidades de precipitação anuais máximas com duração igual ao tempo de concentração, <i>I</i> _{tc} , e de 24h, <i>I</i> _{24h} e relação entre as mesmas.....	55
Tabela 6.11 - Intensidades de precipitação máxima anual com durações iguais ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, para cada período de retorno.....	57

Tabela 6.12 - Análise estatística segundo Gumbel e Pearson III, da série de caudais instantâneos máximos anuais na bacia hidrográfica definida pela estação hidrométrica de Fragas da Torre	58
Tabela 6.13 - Valores do coeficiente C obtidos por aplicação da fórmula racional, baseados na precipitação diária máxima anual que se faz sentir na bacia hidrográfica definida pela estação hidrométrica de Fragas da Torre,	59
Tabela A.1.1 - Escoamentos mensais na estação hidrométrica de FRAGAS DA TORRE (1945/46 a 1984/85)	75
Tabela A.1.2 - Precipitações mensais na estação de ARIZ (1945/46 a 1984/85)	76
Tabela A.1.3 - Precipitações mensais na estação de AROUCA (1945/46 a 1984/85)	77
Tabela A.1.4 - Precipitações mensais na estação de CASTRO DAIRE (1945/46 a 1984/85)	78
Tabela A.1.5 - Precipitações mensais na estação de COVELO DE PAIVÔ (1945/46 a 1984/85)	79
Tabela A.1.6 - Precipitações mensais na estação de MEZIO (1945/46 a 1984/85)	80
Tabela A.1.7 - Precipitações mensais na estação de Mosteiro de Cabril (1945/46 A 1984/85)	81
Tabela A.1.8 - Precipitações mensais na estação de PENDILHE (1945/46 a 1984/85)	82
Tabela A.1.9 - Precipitações mensais na estação de PICÃO (1945/46 a 1984/85)	83
Tabela A.1.10 - Precipitações mensais na estação de TOURO (1945/46 a 1984/85)	84
Tabela A.1.11 - Precipitações mensais na estação de VILA NOVA DE PAIVA (1945/46 a 1984/85)	85
Tabela A.1.12 - Precipitações ponderadas na bacia hidrográfica (mm) definida pela estação de FRAGAS DA TORRE	86
Tabela A.1.13 - Temperaturas mensais na estação de CASTELO BURGÃES (08G/01C) (1945/46 a 1984/85)	87
Tabela A.2.1 - Escoamentos mensais na estação de FRAGAS DA TORRE (1945/46 a 1989/90)	91
Tabela A.2.2 - Escoamentos mensais na estação de FRAGAS DA TORRE (1945/46 a 1989/90) ...	92

Tabela A.2.3 - Escoamentos mensais na estação de ERMIDA CORGO (06K/01H) (1956/57 a 1989/90).....	93
Tabela A.2.4 - Escoamentos mensais na estação de SANTA MARTA DO ALVÃO (05K/01H) (1955/56 a 1989/90)	94
Tabela A.3.1 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em a) ARIZ e b) AROUCA e respectivas média e desvio-padrão	97
Tabela A.3.2 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em c) CASTRO DAIRE e d) COVELO DE PAIVÔ e respectivas média e desvio-padrão	98
Tabela A.3.3 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em e) MEZIO e f) MOSTEIRO DE CABRIL e respectivas média e desvio-padrão	99
Tabela A.3.4 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em g) PENDILHE e h) PICÃO e respectivas média e desvio-padrão	100
Tabela A.3.5 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em i) TOURO e j) VILA NOVA DE PAIVA e respectivas média e desvio-padrão	101
Tabela A.3.6 - Aplicação da Lei de Gumbel, para cada período de retorno, a cada posto udométrico.....	102
Tabela A.3.7 - Cálculo da precipitação diária máxima anual ponderada na bacia hidrográfica	102
Tabela A.3.8 - Caudais instantâneos máximos anuais na estação de FRAGAS DA TORRE (1946/47 a 1994/95)	103
Tabela A.3.9 - Aplicação das leis estatísticas de GUMBEL e PEARSON III, a cada período de retorno, para cálculo do caudal de ponta de cheia	104
Tabela A.4.1 - Insolação astronómica diária (QUINTELA, 1996)	107
Tabela A.4.2 - Parâmetros das curvas <i>IDF</i> válidas entre durações de 6 a 48 h (BRANDÃO <i>et al.</i> , 2001)	109

Lista de Gráficos

Gráfico 6.1 - Teste de valores simplesmente acumulados aplicados aos registos de precipitação anual, dos postos udométricos a) de Ariz, b) de Arouca, c) de Castro Daire, d) de Covelo de Paivô, e) de Mezio e f) de Mosteiro de Cabril	38
Gráfico 6.2 - Teste de valores simplesmente acumulados aplicados aos registos de precipitação anual, dos postos udométricos g) de Pendilhe, h) de Picão, i) de Touro e j) de Vila Nova de Paiva	39
Gráfico 6.3 - Escoamentos observados e escoamentos simulados, nas fases de calibração e validação, segundo aplicação do balanço hídrico sequencial baseado na evapotranspiração de Thornthwaite	41
Gráfico 6.4 - Défice hídrico e excesso hídrico, em cada mês, no período global analisado....	43
Gráfico 6.5 - Escoamentos mensais observados e obtidos por transposição hidrométrica em Fragas da Torre, a partir da estação de Ermida Corgo	47
Gráfico 6.6 - Escoamentos mensais observados e obtidos por transposição hidrométrica em Fragas da Torre, a partir da estação de Santa Marta do Alvão	48
Gráfico 6.7 - Caudais médios diários observados e obtidos por transposição hidrométrica em Fragas da Torre, a partir da estação de Santa Marta do Alvão	50
Gráfico 6.8 - Representação gráfica das curvas IDF correspondentes a cada período de retorno	56
Gráfico 6.9 - Coeficiente da fórmula racional, C , admitindo uma dada percentagem de área impermeável para a bacia hidrográfica.	60
Gráfico 6.10 - Coeficiente C da fórmula racional obtido a partir da representação da expressão (5.6), proposta por Bernard.....	61
Gráfico 6.11 - Coeficiente C da fórmula racional, com base na precipitação diária máxima anual na bacia hidrográfica de Fragas da Torre, para cada período de retorno admitido.....	61
Gráfico 6.12 - Representação esquemática dos valores de C , para $T=100$ anos, de acordo com os vários autores e a modelação adoptada no estudo.	62

Simbologia

A	Área da bacia hidrográfica
a	Expoente dependente do índice térmico anual
a, b	Parâmetros resultantes do ajustamento das curvas intensidade-duração-frequência
C	Coeficiente C da fórmula racional
C_a	Coeficiente de assimetria
$C_{máx}$	Valor máximo do coeficiente C da fórmula racional
$C_{T=100}$	Valor do coeficiente C da fórmula racional, para um período de retorno de 100 anos
$Cov(x)$	Covariância da série
Csb	Classificação climática segundo Köppen-Geiger
D	Duração da precipitação
DH	Défice hídrico
DH_i	Défice hídrico no mês i
dm	Declive médio do curso de água principal
ETP	Evapotranspiração potencial
ETR	Evapotranspiração real
ETP_i	Evapotranspiração potencial no mês i
ETP_k	Evapotranspiração potencial no período de precipitação reduzida
ETR_i	Evapotranspiração real no mês i
H	Diferença de cotas do talvegue do curso de água principal na secção de maior cota e na secção final
\bar{H}	Altura do escoamento anual médio
\bar{H}_1	Altura do escoamento anual médio na bacia da qual se procede a transposição
\bar{H}_2	Altura do escoamento anual médio da bacia para a qual não se possuem registos de informação
\bar{H}_k	Altura do escoamento anual médio na secção k
$H_{k,i,j}$	Altura do escoamento no mês j ou dia j do ano i na secção k
I	Índice térmico anual ou Intensidade de precipitação
I_{ma}	Intensidade de precipitação máxima anual com duração de 24h
I_{tc}	Intensidade de precipitação com duração igual ao tempo de concentração

I_{24h}	Intensidade de precipitação com duração de 24h
I_{tc}^*	Intensidade de precipitação máxima anual, com duração igual ao tempo de concentração
i	Índice térmico mensal ou intervalo de tempo
IDF	Curvas intensidade-duração-frequência
K_G	Fator de probabilidade segundo Gumbel
K_P	Fator de probabilidade de Pearson III
K_N	Fator de probabilidade segundo a lei Normal
L	Comprimento do curso de água principal
MAE	Erro absoluto médio
N	Número de valores \hat{X}_t e X_t de maneira equivalente
$NASH$	Coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe
N_d	Número de dias
$N/12$	Insolação astronómica diária
n	Expoente fórmula de Bernard
P	Precipitação
P_i	Precipitação no mês i
P_{dma}	Precipitação diária máxima anual na bacia hidrográfica
P_k	Precipitação no período de precipitação reduzida
Q	Caudal de ponta de cheia
Q_{ima}	Caudal instantâneo máximo anual
$Q_{k,i,j}$	Caudal no mês j ou dia j do ano i na secção k
R	Retenção de água no solo
R_i	Retenção de água no solo no mês i
R_{i-1}	Retenção de água no solo no mês anterior ao mês i
$R_{máx}$	Retenção máxima de água no solo
$RMSE$	Raiz quadrada do desvio quadrático médio
r	Coeficiente de correlação de Pearson
S	Excesso hídrico ou <i>superavit</i>
S_i	Excesso hídrico ou <i>superavit</i> no mês i
s'	Desvio-padrão da série de amostras
T	Período de retorno
$T_{méd}$	Temperatura média do ar
t_c	Tempo de concentração
$Var(x)$	Variância da série

w	Percentagem de área impermeável da bacia hidrográfica
ΔR	Variação de água no elemento
\hat{X}_t	Resultados simulados pelo modelo
\bar{X}_t	Valor médio dos registos observados
X_t	Valores observados na realidade
\hat{Y}	Estimativa da série de registos
\bar{Y}	Média da série de amostras recolhidas
ΔR_i	Variação de água no elemento no mês i
$\nabla_{k,i,j}$	Volume do escoamento no mês j ou dia j do ano i na secção k
$\bar{\nabla}_k$	Volume anual médio de escoamento na secção k

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

A estimação de escoamentos superficiais e a análise de cheias constituem duas das principais áreas de intervenção e de atividade da Engenharia Civil em Portugal e no mundo. A medição de altura de escoamentos, e consequente avaliação de escoamentos foi pioneira, relativamente à medição de outro tipo de variáveis (PORTELA & SANTOS, 2006).

Esta temática toma elevada importância, pois a informação hidrométrica disponível é por vezes escassa, com séries de registos incompletas e com durações muito curtas, chegando mesmo a não existir qualquer tipo de leitura em algumas zonas, surgindo por isso, a necessidade de aplicar modelos que resolvam estas questões.

Existem várias formulações matemáticas e inúmeros modelos hidrológicos que, para o efeito, podem ser aplicados, simplificando a transformação de precipitação em escoamento. A escolha de um modelo depende contudo da veracidade e da qualidade dos resultados que dele advêm, além da quantidade de informação que necessita para a sua aplicação. De entre os modelos existentes destaca-se o modelo do balanço hídrico sequencial baseado na evapotranspiração de Thornthwaite. Este modelo tem sido frequentemente utilizado em Portugal, pois apenas faz intervir grandezas como a evapotranspiração, que segundo Thornthwaite, apenas necessita de dados da temperatura média do ar, da precipitação e da capacidade de armazenamento de água no solo.

O estudo ou planeamento da utilização de recursos de água são frequentemente deparados com ausência ou insuficiência de informação, por falta de qualidade de registos hidrométricos. Neste sentido, foram desenvolvidas ao longo dos anos, técnicas que permitem a transposição de informação relativa a escoamentos, de uma bacia hidrográfica onde existam registos, para outra bacia em que tal não aconteça. No entanto, é necessário garantir que aquelas bacias hidrográficas, sejam tão próximas quanto possível, que ambas se encontrem em estado natural, e que, mesmo que tenham fisiografia distinta - por exemplo, diferentes áreas - possuam alturas de escoamento anual médio similares, condições essenciais para a qualidade e veracidade dos registos transpostos. A transposição decorre da constatação fundamental de que a altura do escoamento anual médio é um parâmetro determinante e consistente na regionalização de informação (PORTELA & QUINTELA, 2006).

Relativamente à análise de caudais de ponta de cheia, a fórmula racional é uma das mais amplamente divulgadas e utilizadas, designadamente em pequenas e médias bacias

hidrográficas para os diferentes períodos de retorno normalmente admitidos como critério de projeto (PORTELA & HORA, 2002). No entanto, a definição de pequenas e médias bacias é alvo de alguma discussão e não existe um critério estabelecido para tal classificação, sendo que, por regra, se consideram as bacias com áreas reduzidas de modo a que seja aproximadamente válido considerar uniformes no espaço e no tempo as precipitações que dão origem às géneses de cheias sejam constantes no tempo e no tempo as precipitações que dão origem às cheias.

A fórmula racional estima, assim, o caudal de pontal de cheia, em função da área da bacia hidrográfica, da intensidade de precipitação e de um coeficiente C , que tem em consideração as perdas de precipitação, com ênfase, devidas à infiltração, a difusão do escoamento, a retenção superficial, entre outros fatores. A fixação do valor do coeficiente apresenta grande indeterminação, existindo diferentes métodos e propostas para esse efeito.

1.2. Objectivos

O objectivo principal da dissertação prende-se com a avaliação de disponibilidades hídricas superficiais anuais, mensais e diárias, aplicando e verificando a adequabilidade de modelos hidrológicos, nomeadamente o balanço hídrico sequencial, a um caso de estudo. Será ainda analisada a transposição de informação hidrométrica, para zonas não monitorizadas, provando a qualidade e veracidade dos resultados obtidos. Para além destas, será feita uma análise de cheias, aplicando a fórmula racional, com intuito de calcular o valor do respectivo coeficiente C , comparando-o com outras metodologias de aplicação.

O procedimento descrito no presente documento compila informação relevante e necessária à aplicação dos modelos que possibilitam a análise das questões anteriormente referidas, capacitando o autor para a prática profissional, quando confrontado com essas questões.

1.3. Organização da dissertação

A descrição dos processos e da metodologia adoptada nesta investigação, foi organizada em sete capítulos, incluindo o presente capítulo de introdução e uma contextualização à dissertação.

No segundo capítulo apresenta-se uma descrição dos diversos tipos de modelos hidrológicos existentes, o processo aplicado na modelação de séries de registos e a avaliação da qualidade dos mesmos.

No terceiro capítulo descrevem-se as variáveis essenciais ao processo de transformação de precipitação em escoamento. Aborda-se o conceito de evapotranspiração potencial segundo

Thorntwaite, modelo escolhido para estudo neste trabalho em particular, para a consequente explicação da aplicação da técnica do balanço hídrico sequencial.

Como em Portugal Continental é frequente depararmo-nos com situações em que as séries de registos de informação hidrométrica se encontram bastante incompletos ou até mesmo inexistentes, apresenta-se no capítulo quatro a metodologia aplicada para a correta e eficaz transposição de informação hidrométrica para bacias não monitorizadas.

O quinto capítulo refere-se a análise de caudais de ponta de cheia, aplicando a uma bacia hidrográfica definida por uma dada estação hidrométrica, a fórmula racional. No entanto, no contexto do seguinte trabalho, a aplicação da fórmula racional não tem o intuito de obter valores de caudais de ponta de cheia, mas sim calibrar um dos parâmetros nela intervenientes, nomeadamente o coeficiente C . Para tal, descreve-se o processo de obtenção de C , a partir de séries de registos de precipitações na bacia, como também várias propostas para obtenção de valores para o mesmo parâmetro, apresentadas por diversos autores.

No sexto capítulo são aplicados todos os modelos descritos no terceiro, quarto e quinto capítulos, nomeadamente de transformação de precipitação em escoamento numa determinada bacia, de transposição de informação hidrométrica e a aplicação da fórmula racional, neste último caso, com vista a aferir o respetivo coeficiente C . Apresentam-se ainda neste capítulo, algumas comparações entre os vários valores obtidos para C , através dos variados métodos, tecendo algumas conclusões prévias, de modo a escolher o critério mais adequado.

Finalmente, no sétimo e último capítulo, são reunidos, analisados e avaliados todos os resultados do capítulo anterior, estabelecendo algumas conclusões em conformidade com a bibliografia recolhida, relativamente aos resultados obtidos e aos métodos adoptados na metodologia.

2. Modelação Hidrológica

2.1. Considerações prévias

Representar processos hidrológicos através da aplicação e desenvolvimento de modelos é a alternativa encontrada pelos investigadores para estudar os diferentes componentes do ciclo hidrológico e as suas interações.

Os modelos hidrológicos são representações de determinados processos hidrológicos, em bacias hidrográficas, de entre eles o processo de transformação de precipitação em escoamento, que permitem reproduzir, com a maior ou menor aproximação, quantidades de grandezas neles intervenientes sem o duplicarem exatamente (HIPÓLITO & VAZ, 2011). Entendem-se como sendo reproduções simplificadas da realidade, por facilitarem a compreensão dos parâmetros que constituem essa mesma realidade.

Serve o presente capítulo para sintetizar o conhecimento, metodologias e procedimentos intervenientes no processo de modelação hidrológica objecto da presente dissertação. Numa fase inicial, introduzem-se de forma breve o conceito de modelo hidrológico, quais os tipos de modelos existentes e a sua caracterização.

Aborda-se o tema modelação, descrevendo o seu processo de aplicação, e seus constituintes, fazendo ainda referência à avaliação da qualidade das amostras recolhidas, por forma a garantir a fiabilidade dos resultados obtidos após aplicação da modelação.

A aplicação do modelo subdivide-se em dois processos: calibração e validação, definidos e descritos no subcapítulo 2.5. A adequação do modelo hidrológico escolhido para aplicação pode ser avaliada por medidas de erro ou ajustamento, sintetizadas no final do capítulo.

2.2. Introdução à modelação hidrológica

A representação dos processos hidrológicos através de modelos é a forma simplificada que diversos investigadores encontraram para estudar os diferentes componentes e processos do ciclo hidrológico, assim como as suas interações com o meio envolvente. O modelo não é mais do que uma representação de como se observa e entende os processos que ocorrem no meio envolvente.

Os modelos de processos hidrológicos podem dividir-se e classificar-se como se apresenta na Figura 2.1.

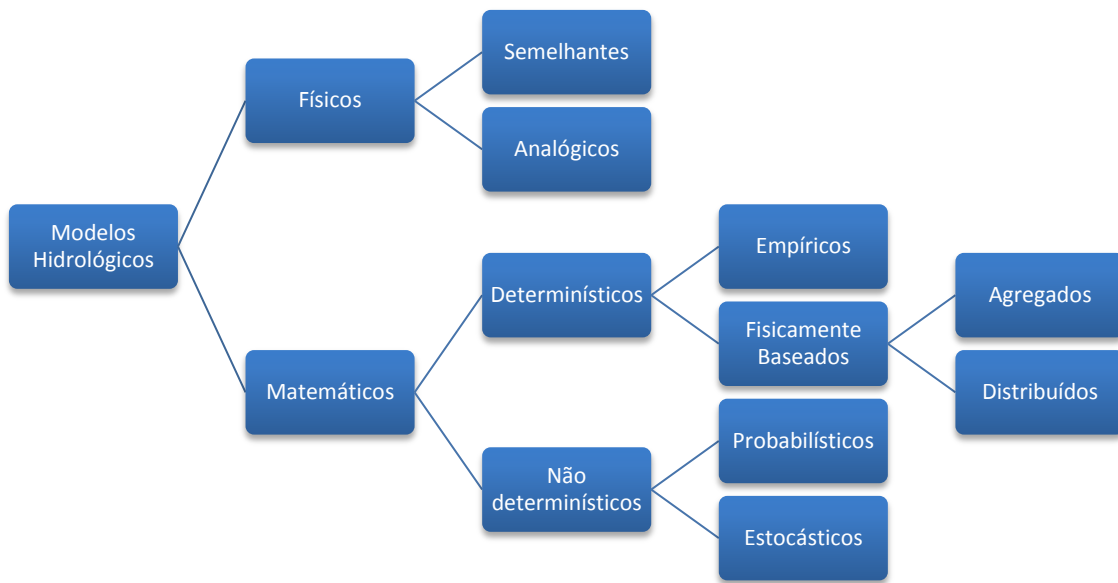


Figura 2.1 - Tipos de modelos de processos hidrológicos

Os modelos físicos são os que utilizam como intervenientes grandezas físicas. Estes podem ser divididos em semelhantes e análogos. Os primeiros aplicam os mesmos modelos, mas a escalas distintas, enquanto que os segundos, aplicam processos físicos de natureza diferentes do que se pretende modelar, mas para os quais existe uma adaptação matemática que o relaciona com o protótipo (HIPÓLITO & VAZ, 2011).

Contrariamente aos modelos físicos, os modelos matemáticos utilizam exclusivamente processos matemáticos para a sua aplicação, não fazendo intervir alguma medição ou manipulação de grandezas físicas. Os modelos físicos podem ser agrupados em determinísticos e não determinísticos. Os modelos determinísticos são aqueles onde todas as ações implicam uma reação, sem efeito de aleatoriedade. Já os modelos não determinísticos implicam uma resposta, nem que seja em parte, do tipo aleatória (QUINTELA & PORTELA, 2002).

Os modelos determinísticos subdividem-se em empíricos ou fisicamente baseados, dependendo da teoria da física que suportam. Segundo HIPÓLITO & VAZ (2011), os modelos empíricos apoiam a sua conceção em leis da física, podendo no entanto, basear-se por qualquer outra teoria da ciência, reduzindo a sua aplicação à procura do efeito “ação-reação” entre as variáveis de entrada e a variáveis de saída. Se os modelos apenas reproduzirem as leis da física existentes, trata-se de modelos fisicamente baseados.

Segundo QUINTELA & PORTELA (2002), os modelos fisicamente baseados podem ainda ser agregados se apenas fornecerem dados acerca de uma determinada secção de referência da bacia hidrográfica, ou distribuídos se fornecem dados acerca de várias secções de referência da bacia hidrográfica, considerando as várias características hidrológicas.

Os modelos não determinísticos podem subdividir-se em dois grupos: probabilísticos, onde as variáveis não têm qualquer comportamento de causalidade, e portanto é ignorado o espaço temporal onde ocorrem, e os estocásticos, que ao mesmo tempo, as variáveis experimentam comportamentos aleatórios, e determinísticos, que enquadram a sequência temporal de acontecimentos (QUINTELA & PORTELA, 2002).

2.3. Modelação

O desenvolvimento de modelos hidrológicos comporta essencialmente quatro fases: Identificação do sistema, Conceptualização, Modelação e Aplicação (VIESSMAN *et al.*, 1989), esquematicamente representadas na Figura 2.2 e seguidamente descritas de modo breve.



Figura 2.2 - Fases do desenvolvimento de modelos hidrológicos

Segundo VIESSMAN *et al.* (1989), a primeira e segunda fase podem descrever-se do seguinte modo:

Fase 1 - Identificação: estudo, análise e caracterização dos envolventes da questão, acompanhada da recolha dos dados necessários. Análise do cenário envolvente.

Fase 2 - Conceptualização do modelo: triagem dos elementos essenciais ao funcionamento do sistema. É nesta fase que se dá a escolha da técnica, ou técnicas a utilizar na abordagem ao problema, formulando um conceito, através de equações matemáticas que traduzam a ligação dos vários intervenientes.

Fase 3 - Modelação: Segundo SANTOS (1985) *in* CARMO VAZ (2010), a fase da modelação está sujeita ao conhecimento dos dados de “entrada” e de “saída”, de modo a que se possa comparar a informação histórica com os dados produzidos na saída do sistema. Resulta na obtenção de parâmetros que conduzam ao melhor ajuste possível entre os resultados produzidos pelo modelo e a correspondente série de registos histórica, no mesmo período de tempo. A modelação é constituída por duas subfases: calibração e validação. Só após a obtenção de resultados destas duas fases é que se dá a avaliação do grau de ajustamento, entre os resultados obtidos pela aplicação do modelo e as séries observadas.

Fase 4 - Aplicação: Utilização do modelo anteriormente desenvolvido, aplicando-o a um caso de estudo. A aplicação a esse caso pode utilizar diferentes abordagens, como seja a simulação. A simulação é frequentemente utilizada e é aplicada a situações onde, através de um modelo matemático, se transforma a série de “entrada” (série histórica) e se obtém a série de “saída” (série gerada). A simulação permite ainda antecipar ocorrências e tomar decisões.

É importante salientar que os modelos formulados são desenvolvidos e testados em determinadas regiões, onde supostamente deverão fornecer resultados aceitáveis, o que pode não acontecer em outras regiões a que possam vir a ser aplicados. As alterações climáticas podem ter maior ou menos impacto no comportamento da bacia hidrográfica e do curso de água (HIPÓLITO & VAZ, 2011) e, conseqüentemente, podem comprometer a aplicabilidade de alguns dos modelos pré-existent.

2.4. Qualidade das amostras

Alguns dos modelos hidrológicos têm em vista determinar disponibilidades hídricas, quando não existem séries históricas dos caudais na linha de água em análise, a partir de outras variáveis conhecidas, nomeadamente a precipitação.

As amostras de variáveis hidrológicas consideram-se consistentes em todo o período de observação caso não haja indicação de existência de erros sistemáticos de medição. Consideram-se homogêneas quando não existe alteração nos fenómenos de que resultam (NEVES, 2012).

Inicialmente deve apreciar-se de forma expedita a qualidade geral das amostras, em termos de homogeneidade. Desta forma, recorre-se frequentemente à aplicação do teste de valores simplesmente acumulado que, a uma dada escala temporal, utiliza a representação do valor acumulado da variável hidrológica em função do tempo.

Utilizando um sistema de coordenadas no plano cartesiano e considerando, por exemplo, o caso da precipitação anual, marcam-se no eixo das ordenadas os valores acumulados dessa grandeza, e no eixo das abcissas, a escala temporal - anos, meses ou dias - a que correspondem aqueles valores acumulados, resultando um diagrama cronológico de valores simplesmente acumulados, conforme se esquematiza na Figura 2.3.

Considera-se não existirem quebras de homogeneidade a assinalar, se a curva que resulta do teste não se afastar muito do segmento de recta que se obtém unindo o primeiro ponto dessa curva ao último, podendo também flutuar em torno desse segmento.

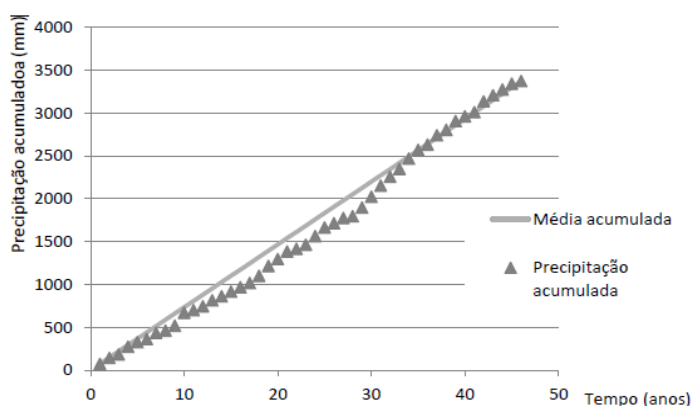


Figura 2.3 - Teste de valores simplesmente acumulados (CUNHA, 2013)

2.5. Calibração e Validação

Tal como referido anteriormente, para desenvolver um modelo hidrológico completo e de forma rigorosa a modelação deve incluir dois passos: a calibração e a validação.

Segundo HIPOLITO & VAZ (2011), designa-se por calibração do modelo, a especificação de todos ou alguns valores de parâmetros do modelo, de modo a satisfazer um critério que se estabeleça entre os resultados do modelo (\hat{X}_t) e os valores homólogos observados na realidade (X_t), para as mesmas solicitações, definidas pelas variáveis de entrada ou variáveis independentes, e para as mesmas condições iniciais.

Os dados utilizados durante a fase de calibração devem representar o comportamento do sistema a modelar, ou seja, o comportamento da bacia hidrográfica a analisar. De modo a garantir o sucesso da fase de calibração, deve-se garantir a qualidade e quantidade das séries disponíveis. A garantia da qualidade é conseguida assegurando-se a não existência de erros de medição e como consequência, a fiabilidade dos registos. A garantia da quantidade de séries disponíveis é conseguida, de tal forma que a variabilidade natural das séries hidrológicas não fique comprometida (SANTOS, 2007).

A calibração é entendida como uma técnica de optimização, onde se aplica um determinado modelo hidrológico, de modo a encontrar a melhor concordância possível entre os valores simulados e os valores observados nas séries históricas. Por outro lado, se os parâmetros em questão se relacionarem diretamente com as características físicas da bacia hidrográfica e poderem ser obtidos através de observações de campo, cartas ou tabelas, não será necessária a optimização desses mesmos parâmetros (SANTOS, 2007).

A validação, como o nome indica, consiste em validar o desempenho do modelo hidrológico aplicado. Verifica a fiabilidade da utilização de valores anteriormente calibrados pelo modelo, aquando da aplicação a valores distintos dos utilizados na calibração (SANTOS, 2007).

Quando a quantidade de registos disponíveis não justifica a divisão da série para efeitos de calibração e validação, esta segunda pode ser suprimida, resumindo-se o processo de avaliação de um dado modelo à calibração (SANTOS, 2007).

2.6. Medidas de erro ou ajustamento entre escoamentos observados e simulados

De modo a avaliar a qualidade do ajustamento, entre os escoamentos observados e os escoamentos estimados, poderão ser aplicadas diferentes medidas de erro ou ajustamento, nomeadamente:

- i. O modelo *RMSE*, raiz quadrada do desvio quadrático médio, em terminologia inglesa *square root of mean square error*, traduzido por:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_t - \hat{X}_t)^2}{N}} \quad (2.1)$$

onde,

X_t	Registo dos valores observados
\hat{X}_t	Resultados simulados pelo modelo
N	Número de valores de \hat{X}_t e X_t de maneira equivalente

- ii. O *MAE*, erro absoluto médio, em terminologia inglesa *mean absolute error*, indica a média do afastamento de todos os valores fornecidos e o seu valor real, e é dado por:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |X_t - \hat{X}_t|}{N} \quad (2.2)$$

De acordo com SANTOS (2007), e em termos de simplicidade matemática, o erro absoluto médio, *MAE*, é de mais fácil interpretação do que *RMSE*, embora não exista nenhum critério para classificar o resultados de *RMSE* ou *MAE* como um valor adequado, uma vez que este apenas depende das unidades em que são expressos os dados de entrada.

De modo a avaliar a correlação entre os escoamentos observados e os valores estimados poderá ser utilizado:

- i. O coeficiente de correlação, r . Este coeficiente indica a intensidade da relação linear entre duas variáveis, neste caso entre os valores simulados pelo modelo e os valores observados na série histórica. Existem vários coeficientes de correlação, embora o mais conhecido seja o coeficiente de correlação de Pearson, dado pela seguinte expressão:

$$r(X_t, \hat{X}_t) = \frac{Cov(X_t, \hat{X}_t)}{\sqrt{Var(X_t)Var(\hat{X}_t)}} \quad (2.3)$$

onde,

$Cov(X_t, \hat{X}_t)$ Covariância de X_t e \hat{X}_t
 $Var(X_t)$ e $Var(\hat{X}_t)$ Variância de X_t e de \hat{X}_t respectivamente

Variando entre -1 e 1, estabelece uma relação positivamente perfeita para o extremo mais elevado, fazendo com que os valores se distribuam perfeitamente em torno de um segmento de recta com declive positivo. No extremo oposto, se r tomar o valor de -1, a relação será negativamente perfeita, distribuindo-se os valores amostrais em torno de uma recta com declive negativo. Caso o valor de r se situe neste intervalo, a distribuição é facilmente perceptível. Um valor nulo para r , geralmente indica nenhuma relação entre as variáveis, contudo, pode entender-se que não seja esse o caso e apenas não exista uma relação linear entre os intervenientes, como visto na Figura 2.4 (NAGHETTINI & PORTELA, 2011).

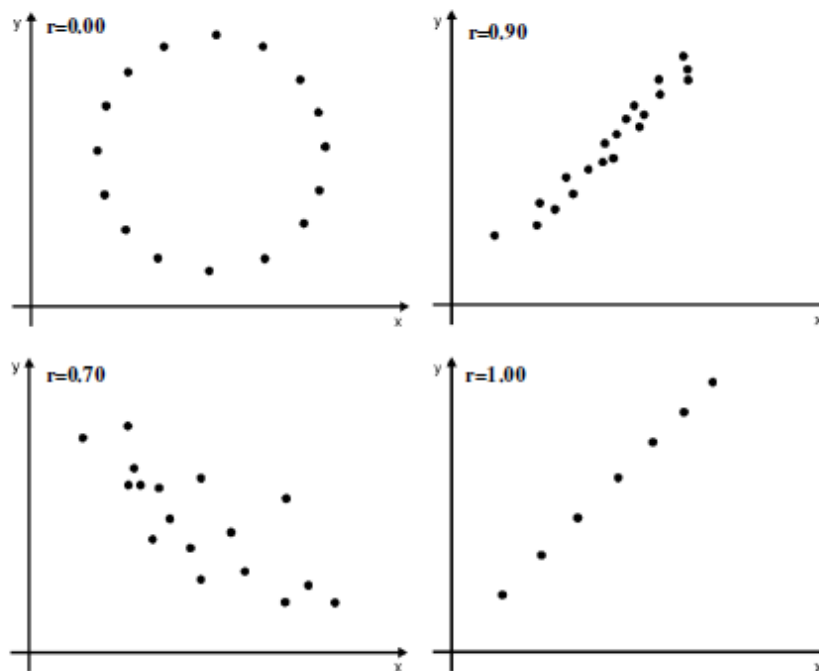


Figura 2.4 - Exemplos gráficos de correlações entre variáveis (NAGHETTINI & PORTELA, 2011)

- ii. O coeficiente de eficiência Nash-Sutcliffe (1970). Segundo VESTANA *et al.* (2013), o coeficiente de eficiência de *NASH* é talvez um dos critérios estatísticos mais importantes e um dos mais frequentemente utilizados para avaliação da precisão de modelos hidrológicos. Podendo ser utilizado para descrever quantitativamente a precisão dos resultados do modelo aplicado, é, no entanto, frequentemente usado para avaliar a capacidade de previsão dos modelos hidrológicos. Sendo definido como:

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_t - \hat{X}_t)^2}{\sum_{i=1}^N (X_t - \bar{X}_t)^2} \quad (2.4)$$

\bar{X}_t Valor médio dos escoamentos observados.

O valor de *NASH* pode variar entre $-\infty$ e 1. O limite superior corresponde ao ajuste perfeito entre o modelo e as observações. Valores nulos indicam que as previsões são tão precisas como a média das observações, enquanto que a eficiência negativa acontece quando a média observada é um indicador melhor do que o modelo aplicado.

Em sùmula, o desenvolvimento e a validação de modelos, visa a simplificação dos processos hidrológicos, auxiliando os investigadores na previsão hidrológica, assim como na simulação de escoamentos e evolução da disponibilidade e qualidade da água. De forma a validar esses modelos, as séries amostrais devem ser analisadas e ajustadas de acordo com critérios previamente definidos, garantindo a sua qualidade.

De modo a garantir o grau de associação das variáveis, é geralmente utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, *r*. Segundo NAGHETTINI & PORTELA (2011), este coeficiente é de fácil percepção e dá-nos uma ideia clara acerca da interligação das variáveis envolventes.

O critério de ajuste de Nash-Sutcliffe, (1970), *in* VESTANA *et al.* (2013), define-se como um dos mais frequentemente utilizados na avaliação de modelos hidrológicos. Toma valores que variam de $-\infty$ a 1, sendo 1 a relação perfeita. Pode considerar-se que o modelo tem um desempenho adequado quando o valor do coeficiente de *NASH* assume valores superiores a 0,75, e aceitável quando se situa entre 0,36 e 0,75 (GOTTSCALK & MOTOVILOV, 2000, *in* VESTANA *et al.*, 2013).

3. Estimação de escoamentos mensais - Técnica do balanço hídrico sequencial

3.1. Considerações gerais

Com vista ao aperfeiçoamento de estudos hidrológicos e ao dimensionamento de infraestruturas hidráulicas, surge a necessidade de utilização de séries de registos hidrológicos, nomeadamente escoamentos, precipitação e caudal. No caso português, a medição e avaliação destes escoamentos iniciou-se posteriormente às demais variáveis hidrológicas, e nem sempre foi levada a cabo de modo contínuo. Consequentemente, as séries de registos disponíveis apresentam inúmeras interrupções, por vezes pontuais ou durante longos períodos. Surge desta forma, a necessidade de aplicação de modelos hidrológicos que completem estas séries de registo. A adequação desses modelos é avaliada tendo em conta a sua capacidade de fornecer elementos que são posteriormente comparados com variáveis que se espera já terem medições (PORTELA & SANTOS, 2006).

De entre os modelos existentes, distingue-se a técnica do balanço hídrico sequencial, regularmente aplicada em Portugal Continental, pela sua simplicidade. Contudo, é necessária à sua aplicação o conhecimento prévio da evapotranspiração potencial, que por sua vez depende de séries de registos de temperatura média do ar.

No capítulo que se inicia serão abordados os conceitos de evapotranspiração potencial, evapotranspiração real e evapotranspiração potencial mensal de Thornthwaite. No subcapítulo 3.2.2 será aprofundada a evapotranspiração mensal segundo Thornthwaite, sendo este o método de simulação adoptado, pela simplicidade na sua aplicação.

O modelo escolhido para a estimação de escoamentos é descrito no subcapítulo 3.3: modelo do balanço hídrico sequencial - conceitos, características, variáveis e aplicação.

3.2. Evapotranspiração

3.2.1. Definições e conceitos

Entende-se por evaporação o processo de passagem da água do estado líquido para o estado gasoso. O processo que representa a perda de água absorvida pelas plantas para a atmosfera é conhecido como transpiração. O conjunto destes dois denomina-se de evapotranspiração, e inclui a transpiração das plantas e a evaporação de água a partir do solo e da vegetação.

Designa-se por evapotranspiração potencial a possível transferência de água para a atmosfera, partindo diretamente ou através das plantas, sempre que no solo existir humidade disponível, em quantidade suficiente, conceito introduzido por Thornthwaite em 1944 (QUINTELA, 1996).

A quantidade de água que efetivamente passa para a atmosfera, é designada por evapotranspiração real que por sua vez depende de parâmetros como as características do solo e a retenção de água que evapotranspira (CARMO VAZ, 2010).

3.2.2. Evapotranspiração potencial mensal de Thornthwaite

Thornthwaite (THORNTHWAIT, 1948), foi pioneiro no desenvolvimento de modelos empíricos, que fizessem estimativa do cálculo da evapotranspiração potencial. Este método simplista considera apenas como variável para o cálculo do balanço energético a temperatura média mensal do ar.

Tratando-se de um modelo empírico muito simplificado, que não exige a avaliação de diversas variáveis climáticas ou hidrológicas, é de esperar que o método de Thornthwaite não seja o que traduz a estimativa mais rigorosa do valor da evapotranspiração potencial. Segundo QUINTELA (1986), in HIPÓLITO & VAZ (2011), e para o caso de Portugal Continental, as fórmulas sugeridas por Thornthwaite conduzem a valores de evapotranspiração potencial inferiores aos observados no campo.

Para a correta aplicação do método de Thornthwaite, é necessário calcular dois índices:

- i. O índice térmico mensal, i , calculado por:

$$i = \left(\frac{T_{méd}}{5} \right)^{1.514} \quad (3.1)$$

onde,

$T_{méd}$ Temperatura média do ar relativa ao mês em análise (°C)

- ii. O índice térmico anual, I , função do índice térmico mensal, dado por:

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad (3.2)$$

De acordo com Thornthwaite, para um mês com N_d dias, e valores de $T_{méd}$ superiores a zero, o cálculo de ETP (mm/mês) pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$ETP = \left[16 \times \left(10 \times \frac{T_{méd}}{I} \right)^a \right] \times \left[\frac{N/12 \times N_d}{30} \right] \quad (3.3)$$

em que:

ETP Evapotranspiração potencial

a Expoente que depende do índice térmico anual, dado por:

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 77,1 \times 10^{-6} I^2 + 17,92 \times 10^{-3} I + 492,39 \times 10^{-3} \quad (3.4)$$

N/12 Insolação astronómica diária expressa em unidades de 12 h de um mês com 30 dias, dependente da latitude do local onde o estudo é aplicado (QUINTELA, 1996) (ANEXO IV)

3.3. Balanço hídrico sequencial

Esta técnica tem vindo a ser utilizada na análise e simulação de componentes do ciclo hidrológico em diversos domínios, nomeadamente na classificação climática, na estimação da quantidade de água no solo e na necessidade de irrigação (HIPÓLITO & VAZ, 2011).

A aplicação deste método pressupõe que se conheça a fracção correspondente à evapotranspiração na mesma escala temporal em que aplicamos o balanço hídrico sequencial. No entanto, e devido à interação de variáveis como as condições meteorológicas, condições do solo ou características da vegetação, o cálculo da evapotranspiração real tornar-se-ia muito complexo. Recorre-se assim a métodos mais simplistas (CARMO VAZ, 2010).

Um dos métodos mais conhecidos e frequentemente utilizados na aplicação desse balanço é o modelo de THORNTHWAITE & MATHER (1955). Este modelo recorre à equação da continuidade aplicada a um elemento da fase terrestre do balanço hidrológico, mediante o cálculo dos fluxos de água “entrados”, dos fluxos de água “saídos” e da variação de armazenamento de água nesse “elemento” (PORTELA & SANTOS, 2006). O balanço hídrico sequencial traduz-se assim pela seguinte expressão:

$$P = S + ETR + \Delta R \quad (3.5)$$

onde,

P Precipitação (mm)

ETR Evapotranspiração real (mm)

S Excesso hídrico ou *superavit* (mm)

ΔR Variação de água no elemento

A expressão do balanço hídrico sequencial é uma simplificação de todo o processo que na realidade ocorre na bacia hidrográfica, aspectos como a heterogeneidade da bacia

hidrográfica, a infiltração profunda, a complexidade dos movimentos da água à superfície e no interior do solo, que contribuem para o escoamento no “elemento”, não são tomados em conta. Do mesmo modo, não é considerado que haja necessariamente produção de escoamento superficial sempre que a intensidade da precipitação é superior à da infiltração da água no solo. Por conseguinte, é possível considerar-se que o excesso hídrico ou *superavit*, representa o limite superior do escoamento superficial (PORTELA & SANTOS, 2006).

Nesta aplicação do modelo do balanço hídrico sequencial, aplicado mensalmente, o excesso hídrico ou *superavit*, representa a principal variável de saída, considerando como base temporal o ano hidrológico, com início a 1 de outubro e término a 30 de setembro.

A retenção de água no solo, R , é aumentada até atingir o seu valor máximo, $R_{máx}$, quando a precipitação, num determinado mês, é igual ou superior à evapotranspiração potencial. O excedente, S , destinar-se-á ao escoamento, e o valor da evapotranspiração real, ETR , será igual à evapotranspiração potencial, ETP . Quando a precipitação é inferior à evapotranspiração potencial, a retenção de água é mobilizada para fornecer a água em falta. Considerando esta cedência de água do solo à atmosfera, admite-se a evapotranspiração real superiormente limitada pela acumulação da precipitação e da quantidade de água que o solo pode ceder (HIPÓLITO & VAZ, 2011).

O valor máximo de quantidade de água que o solo pode ceder à atmosfera, depende do tipo e natureza do solo e do seu revestimento vegetal. Este valor máximo corresponde também à máxima quantidade de água que pode ficar retida nesse mesmo, solo até este ficar amplamente abastecido.

No cálculo, em cada intervalo de tempo, i , da quantidade de água que fica retida, deve ainda ser considerada a atenuação da intensidade da evapotranspiração real à medida que diminui o teor de água no solo. Isto é, à medida que o solo vai secando, a dificuldade em extrair água deste vai sendo cada vez maior. A água no solo é então função da perda potencial acumulada, resultante da diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, sempre que a precipitação for inferior à evapotranspiração potencial (CARMO VAZ, 2010).

A retenção remanescente é dada por:

$$R_i = R_{máx} \times \exp\left(\frac{1}{R_{máx}} \sum_{k=1}^i (P_k - ETP_k)\right) \quad (3.6)$$

onde o somatório, k , se entende ao longo do mesmo período de precipitação reduzida, com início no primeiro mês, onde a precipitação é inferior à evapotranspiração potencial, até ao mês em análise.

No mês anterior a este, teríamos:

$$R_{i-1} = R_{máx} \times \exp\left(\frac{1}{R_{máx}} \sum_{k=1}^{i-1} (P_k - ETP_k)\right) \quad (3.7)$$

o que permite reescrever a equação (3.6) da seguinte forma:

$$R_i = R_{i-1} \times \exp\left(\frac{P_i - ETP_i}{R_{máx}}\right) \quad (3.8)$$

A utilização da equação anterior facilita a aplicação do método do balanço hídrico sequencial, pois elimina o recurso a tabelas.

Resumindo, as equações que descrevem, para um determinado mês i , as estimativas da retenção, evapotranspiração real e *superavit*, a partir de valores de precipitação, evapotranspiração potencial, retenção máxima do solo e retenção no mês anterior ao analisado, são dadas por:

$$R_i = \begin{cases} R_{i-1} \times \exp\left(\frac{P_i - ETP_i}{R_{máx}}\right) & \text{se } P_i < ETP_i \\ \min\{R_{i-1} + P_i - ETP_i; R_{máx}\} & \text{se } P_i \geq ETP_i \end{cases} \quad (3.9)$$

$$ETR_i = \begin{cases} ETP_i & \text{se } P_i \geq ETP_i \\ P_i - \Delta R_i & \text{se } P_i < ETP_i \end{cases} \quad (3.10)$$

$$S_i = P_i - ETR_i - \Delta R_i \quad (3.11)$$

O balanço hídrico dá-nos ainda o conceito de défice hídrico, ou défice de evapotranspiração em cada mês, DH_i , que resulta da diferença entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real, traduzido por:

$$DH_i = ETP_i - ETR_i \quad (3.12)$$

Na concepção do balanço hídrico sequencial como modelo de um só parâmetro, o excesso hídrico representa o escoamento superficial.

Em suma, o balanço hídrico sequencial de Thornthwaite fornece como resultados valores mensais de evapotranspiração real, défice hídrico e excesso hídrico, e requer para a sua aplicação os seguintes dados referentes à bacia hidrográfica em consideração:

- Valores mensais de precipitação (mm);

- Valores mensais de evapotranspiração potencial (mm);
- Limite de capacidade utilizável de água no solo (mm).

4. Transposição de informação hidrométrica

4.1. Considerações prévias

Como já foi referido anteriormente, em Portugal, as séries de registos de informação hidrométrica são escassas ou inexistentes no que toca à quantidade e qualidade, apresentando inúmeras falhas ou dimensão insuficiente, condicionando a sua utilização no âmbito da investigação científica e como critério de dimensionamento de projeto. Com a crescente necessidade de conhecimento acerca do funcionamento dos processos hidrológicos com vista à utilização de águas superficiais para o dimensionamento de infraestruturas, é frequente haver entraves que condicionem a utilização das variáveis hidrológicas, existindo a necessidade de gerar modelos que permitam a transposição de informação hidrométrica para locais onde não existam registos, bem como o prolongamento de séries que se considerem desadequadas pela limitação do número de registos.

No presente capítulo é apresentado de forma sucinta o método escolhido para a transposição de informação hidrométrica no caso proposto, qual a sua origem, características e aplicabilidade.

4.2. A transposição de informação hidrométrica - altura do escoamento anual médio, \bar{H}

Com a principal função de simular e gerir da forma adequada os recursos hídricos disponíveis, a estimação de escoamentos em secções não monitorizadas é um desafio fundamental para os investigadores (SIVAPALAN *et al.*, 2003, *in* LI *et al.*, 2010). Ao longo dos anos, foram desenvolvidos vários modelos que respondessem de forma adequada a essa questão, modelos estes que apresentavam diferentes graus de complexidade, tanto pela adaptação das componentes do balanço hidrológico à bacia hidrográfica, quer do espaço-tempo para que se pretende estimar o escoamento.

Segundo PORTELA & QUINTELA (2006), surgem alguns modelos determinísticos agregados e distribuídos, com o intuito de estimar escoamentos a partir de precipitações e de outras variáveis climatológicas. No entanto, os mesmos, não são comumente aplicáveis à prática profissional, dada a complexidade dos processos que ocorrem na bacia, que não sendo facilmente traduzidos matematicamente. Ainda a acrescentar que, até os modelos determinísticos mais simplistas, necessitariam de uma determinada quantidade de

informação, partindo do pressuposto que a análise efectuada se baseia, a comparação entre escoamentos simulados e escoamentos observados, o que só seria possível se estes últimos existissem. Por consequência, a falta de dados para a calibração desses modelos e a respectiva verificação, levou ao desenvolvimento e aplicação de técnicas de regionalização hidrométrica (BLÖSCHL & SIVAPALAN, 1995 *in* LI *et al.*, 2010).

Para avaliar a transposição de informação hidrométrica, para bacias hidrográficas não monitorizadas, foi escolhido o método desenvolvido por PORTELA & QUINTELA (2000), o qual utiliza o facto, demonstrado por estes autores, de a altura do escoamento anual médio, \bar{H} , ser um parâmetro adequado para a regionalização de informação hidrométrica.

Segundo PORTELA & QUINTELA (2000, 2002b), pode afirmar-se que o escoamento anual médio, traduzido em altura de água sobre a bacia hidrográfica, \bar{H} , é uma medida adequada para traduzir a variabilidade relativa do escoamento a nível anual, mensal e diário tornando-se determinante para transpor a informação hidrométrica. Referem ainda que a série de escoamentos numa secção de um determinado curso de água, com escoamento anual médio expresso em altura de água \bar{H}_1 , pode ser transposta para outra secção de outro curso de água que não possua registo de informação hidrométrica, mas que para a qual se tenha estimado um escoamento anual médio, \bar{H}_2 , similar aquele outro escoamento anual médio, \bar{H}_1 .

Em PORTELA & QUINTELA (2005b), verifica-se que o facto de uma bacia hidrográfica não possuir registos de informação hidrométrica não impede que se consiga determinar a altura de escoamento numa secção dessa mesma bacia. De acordo com os autores, a altura do escoamento anual médio pode ser estimada recorrendo a cartas de isolinhas do escoamento médio anual, previamente definidas para a região onde se insere a bacia hidrográfica ou a partir da adopção de uma equação de regressão que relacione escoamento e precipitação, tendo por base registos de uma bacia hidrográfica com características similares, fisiográficas e climáticas, à bacia hidrográfica objeto de estudo.

Assim, a transposição de informação hidrométrica pode ser processada a partir de uma das seguintes expressões (PORTELA & QUINTELA, 2006):

$$H_{2,i,j} = H_{1,i,j} \frac{\bar{H}_2}{\bar{H}_1} \quad (4.1)$$

$$\forall_{2,i,j} = \forall_{1,i,j} \frac{\bar{\forall}_2}{\bar{\forall}_1} \quad (4.2)$$

$$Q_{2i,j} = Q_{1i,j} \frac{\bar{\nabla}_2}{\bar{\nabla}_1} \quad (4.3)$$

em que, os índices 1 e 2 representam, respectivamente, a secção onde os registos hidrométricos existem, ou seja, são conhecidos e como consequência também a altura do escoamento anual médio é conhecida, e a secção onde a altura do escoamento médio anual é estimada. Com k no lugar dos índices 1 e 2, tem-se:

\bar{H}_k	Altura do escoamento anual médio na secção k , expressa (mm)
$H_{ki,j}$	Altura do escoamento no mês j ou dia j do ano i na secção k , (mm)
$Q_{ki,j}$	Caudal no mês j ou dia j do ano i na secção k , (m^3/s)
$\nabla_{ki,j}$	Volume de escoamento no mês j ou dia j do ano i na secção k , (m^3)
$\bar{\nabla}_k$	Volume anual médio de escoamento na secção k (m^3)

A fiabilidade dos registos obtidos por transposição hidrométrica só é conseguida se tanto a bacia hidrográfica monitorizada e a bacia hidrográfica não monitorizada se encontrarem em estado natural e apresentarem condições geomorfológicas semelhantes, atento ao facto de que a bacia hidrográfica da qual se conhecem os registos seja tão próxima quanto possível da outra (PORTELA & QUINTELA, 2006).

Não obstante a transposição de informação hidrométrica não ser uma ferramenta adequada ao prolongamento de séries de escoamentos, além do intervalo de registos disponíveis referentes à bacia hidrométrica monitorizada, segundo PORTELA & QUINTELA (2006) pode tornar-se numa ferramenta útil de preenchimento de falhas de séries de registos de escoamento, obviamente para além da sua aplicação à avaliação de escoamentos.

5. Análise de caudais de ponta de cheia

5.1. Considerações iniciais

Ao longo dos anos, foram feitos estudos que concluíam haver uma relação proporcional entre o volume escoado e a precipitação. Mulvaney, considerado o pioneiro na autoria dos princípios da formula racional, engenheiro civil irlandês, em 1951, publicou um famoso artigo intitulado “*On the use of the self-registering and flood gauges in making observations on the relation of rainfall and flood discharges in a given catchment*”, onde descrevia o papel fundamental do tempo de concentração da quantificação da precipitação. No entanto, foi ignorado, até 1889, quando o engenheiro Emil Kuickling, introduziu a fórmula nos Estados Unidos da América, intitulando-a oficialmente de fórmula racional. Mas só em 1906 a fórmula foi divulgada em Inglaterra, distribuindo-se a muitos outros países desde então (MATOS, 2006).

O método racional é inquestionavelmente o modelo de cálculo mais divulgado e usado quando se pretende estimar caudais de ponta de cheia. Embora seja alvo de muitas questões, é um método bastante simples, que fornece resultados rápidos e bastante úteis para fases de pré-dimensionamento.

No presente capítulo descreve-se o método racional, bem como de cada um dos seus componentes, nomeadamente a intensidade, tempo de concentração e o coeficiente C da fórmula racional.

Analisa-se mais aprofundadamente o coeficiente C , por se tratar do fator em foco e de comparação no trabalho que se propõe realizar. Apresentam-se várias propostas e metodologias de cálculo do mesmo, estabelecidas por diversos autores.

5.2. Método racional

O método racional é um dos métodos mais comumente aplicados e conhecidos para determinar caudais de ponta de cheia em pequenas bacias hidrográficas. A popularidade da fórmula racional advém da sua simplicidade de aplicação; contudo, é preciso aplicá-la sabiamente (PONCE, 1989).

Por se tratar de um método simples, apresenta algumas limitações de natureza hidrológica. Estas limitações estão ligadas às simplificações que a fórmula assume, pois, para pequenas bacias é possível admitir que existe uma invariabilidade da precipitação no espaço (por se tratarem de bacias hidrográficas com áreas muito reduzidas) e no tempo (duração da

precipitação crítica é igual ao tempo de concentração da bacia, ou seja, toda a bacia está a contribuir para o escoamento) e que o escoamento é essencialmente superficial. Contudo, para bacias com grandes dimensões, em que a percentagem de áreas impermeáveis seja considerável, estas hipóteses são menos apropriadas (BICHANÇA, 2006).

Admite-se portanto, que aplicação da fórmula racional está restringida a pequenas e médias bacias. No entanto, este conceito está associado a alguma arbitrariedade. Segundo PONCE (1989), p 119, a aplicabilidade da fórmula racional limita-se a bacias hidrográficas com áreas compreendidas entre 1,3 a 2,5 km², embora admita que pode ainda ser aplicada a áreas inferiores a 1,3 km². Para LENCASTRE & FRANCO (2010), p. 292, os resultados de aplicação da fórmula racional são satisfatórios se a bacia hidrográfica não exceder uma área de 25 km². QUINTELA (1984), p. 686, estabelece uma comparação entre a fórmula racional e a fórmula proposta por Turazza-Giandotti, também direcionada para o cálculo de caudais de ponta de cheia, para bacias hidrográficas com áreas inferiores a 1000 km².

O método racional, aplicado à determinação de caudais de ponta de cheia, para um dado período de retorno, T (anos), é expresso pela seguinte expressão:

$$Q = CIA \quad (5.1)$$

sendo,

Q	Caudal de ponta de cheia com o período de retorno T (m ³ s ⁻¹)
C	Coeficiente C da fórmula racional (adimensional)
I	Intensidade média da precipitação de projeto para o período de retorno T (m.s ⁻¹)
A	Área da bacia hidrográfica (m ²)

5.2.1. Intensidade de precipitação

A intensidade média da precipitação, I , é definida pelo quociente entre a precipitação, P , e o tempo de concentração, t_c . Deve ser determinada para condições críticas, ou seja, quando toda a área da bacia contribui para o escoamento, ou seja, quando a duração da precipitação iguala o tempo de concentração da bacia. É de fácil entendimento que, quando a duração da precipitação é inferior ao tempo de concentração, nem toda a área da bacia contribui para o caudal de ponta máximo, e quando a duração é superior, a intensidade diminui (MATOS, 2006).

Os valores da intensidade média de precipitação, para qualquer duração e num dado período de retorno são obtidos diretamente a partir das curvas Intensidade-Duração-Frequência, *IDF*.

Como demonstrado em BRANDÃO *et al.* (2001), as curvas *IDF* são as que melhor traduzem a relação Intensidade-Duração, para um dado período de retorno, sendo definidas como:

$$I = aD^b \quad (5.2)$$

onde,

- a, b Parâmetros resultantes do ajustamento entre Intensidade-Duração, para um dado período de retorno
- D Duração da precipitação (min)

Identificados os períodos de retorno para os quais se pretendem estimar os caudais de ponta de cheia, podem obter-se as curvas *IDF*. Para tal, torna-se necessário localizar a bacia hidrográfica, na região de Portugal Continental onde esta se insere (ver Figura 5.1). Consultando as tabelas propostas por BRANDÃO *et al.* (2001), obtêm-se os parâmetros, a e b , resultantes do ajustamento entre Intensidade - Duração, para cada período de retorno, T , podendo desta forma, escrever as curvas *IDF*, para esse T .

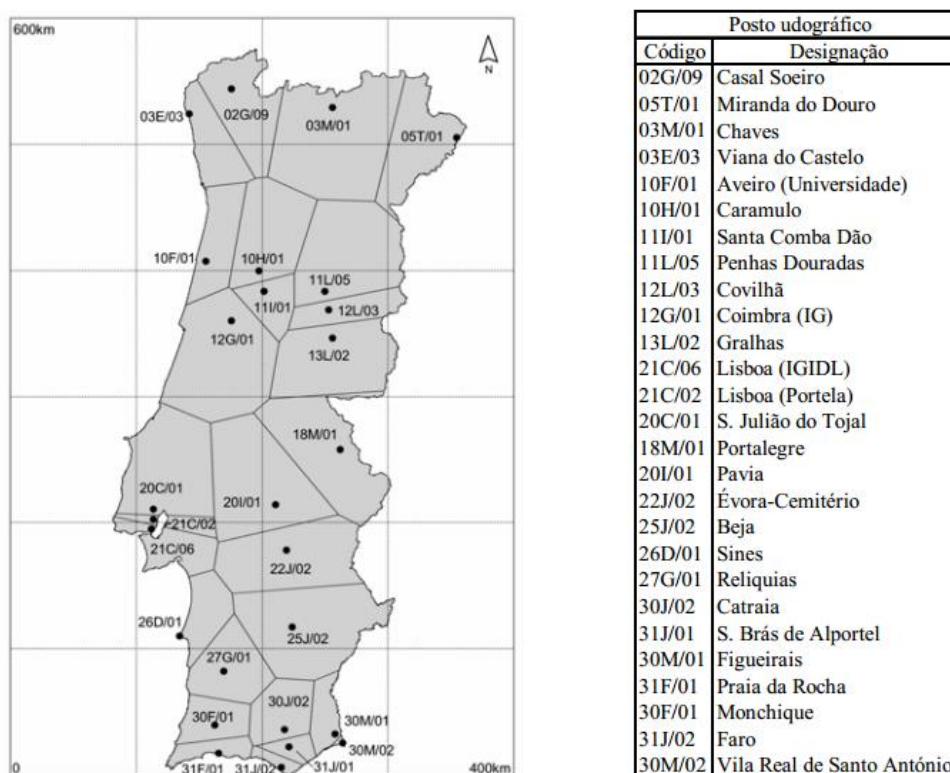


Figura 5.1 - Áreas de influência dos postos udográficos (PORTELA, 2006)

De acordo com PONCE (1989), se a duração de precipitação relevante para a análise de caudais de ponta de cheia for de poucas horas, pode ser representada com alguma exatidão, pelas correspondentes intensidades médias da precipitação. Caso contrário, se a duração dos acontecimentos pluviométricos for significativamente extensa, espera-se que os resultados

para a estimativa dos caudais de ponta de cheia sejam menos precisos, pois a admissão da intensidade constante no espaço e no tempo torna-se menos aceitável.

5.2.2. Tempo de concentração

De modo a poder preceder à análise de cheias, torna-se imperativo o cálculo do tempo de concentração da bacia, t_c , uma vez que a estimação de caudais de ponta de cheia deve realizar-se para durações de precipitação igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica e com o período de retorno adoptado como critério de projeto.

Por definição, para uma dada bacia hidrográfica, o tempo de concentração é o tempo que decorre desde que a água é precipitada no ponto cinematicamente mais afastado da bacia hidrográfica até atingir a secção de referência da bacia.

São conhecidos diferentes métodos de cálculo para o tempo de concentração, podendo subdividir-se em estritamente empíricos e semi-empíricos. Os métodos estritamente empíricos dizem-se expeditos, pois não necessitam de dados muito detalhados, não consideram a variabilidade espacial e temporal da bacia hidrográfica, estabelecendo apenas uma relação com as características fisiográficas da mesma. São portanto, métodos muito utilizados em fases de estudo preliminares (MATA-LIMA *et al*, 2007).

Posto isto, de entre os modelos estritamente empíricos conhecidos e aptos para aplicação a bacias hidrográficas em estado natural, descrevem-se os seguintes:

i. Método de Temez:

$$t_c = 0,3 \left(\frac{L}{dm^{0,25}} \right)^{0,76} \quad (5.3)$$

em que,

- L Comprimento do curso de água principal (km)
 dm Declive médio do curso de água principal (adimensional)

ii. Método de Kirpich:

$$t_c = 0,95 \frac{L^{1,155}}{H^{0,385}} \quad (5.4)$$

onde,

- H Diferença de cotas do talvegue do curso de água principal na secção de maior cota e na secção final que define a bacia hidrográfica (m)

5.2.3. Coeficiente C da fórmula racional

Um dos elementos integrantes e determinantes da fórmula racional é o coeficiente C , definido como a relação entre o volume de escoamento e a precipitação. Este coeficiente engloba vários fatores, e é definido como a relação entre o volume de escoamento e a precipitação. Tem em consideração as perdas de precipitação para o escoamento, que incluem, com efeitos mais ou menos relevantes, fatores de retenção superficial, perdas por interceptação ou infiltração da água escoada no solo, e evapotranspiração. Contabiliza ainda a difusão do escoamento, medida extremamente importante, pois é entendida como sendo a “capacidade” da bacia hidrográfica amortizar os caudais de ponta de cheia, resultando no aumento dos tempos de recessão das cheias em comparação aos respectivos tempos de ascensão. A importância da difusão do escoamento é maior quanto menos inclinado for o terreno, sendo o único efeito relevante se este for completamente plano (PORTELA & HORA, 2002).

As perdas de precipitação, contabilizadas pelo coeficiente C da fórmula racional, dependem não só das características da bacia, mas também da quantidade de humidade existente no solo e da duração e distribuição dos acontecimentos pluviométricos. Isto é, as perdas de precipitação dependem do “défice” de humidade da bacia hidrográfica, do armazenamento de água mesmo na zona não saturada, quando ocorre precipitação. Quanto maior for a excepcionalidade do acontecimento pluviométrico, ou seja, quanto maior for a precipitação na bacia hidrográfica, menor será esse “défice”. O coeficiente C é então função do período de retorno, aumentando com o aumento desse período, por forma a traduzir a diminuição das perdas de precipitação (PORTELA & HORA, 2002)

Contudo, os períodos de retorno de um certo acontecimento pluviométrico e do caudal de ponta de cheia que origina esse acontecimento poderão não coincidir, podendo o acontecimento pluviométrico ser mais excepcional que a própria cheia que lhe sucede. Tal facto, deve-se a condições antecedentes de humidade na bacia e armazenamento superficial de água em zonas de cheia (NERC, 1975 *in* HIPÓLITO, 1987).

De um modo geral, pode afirmar-se que, a escolha de um coeficiente C da fórmula racional, a utilizar no cálculo de caudais de ponta de cheia está envolto numa grande indeterminação, e a adopção de um só valor não é, de todo, unânime, sendo apresentadas várias formulações e propostas, pelos mais variados autores.

Segundo HORNER & FLYNT *in* MATOS (2006), o valor de C , numa bacia hidrográfica, pode variar entre 0,2 e 0,8 dependendo da precipitação que lhe dá origem. Outros valores de C , foram propostos por diversos autores, nomeadamente, a título de exemplo, a Tabela 5.1,

adaptada de CHOW (1964), apresentada por PORTELA & HORA (2002), para períodos de retorno compreendidos entre 5 e 10 anos.

Tabela 5.1 - Valores do coeficiente C da fórmula racional (Adaptado de CHOW, 1964 in PORTELA & HORA, 2002)

Tipo de ocupação	Período de retorno, T (anos)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zona urbana							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Betão/telhados	0,75	0,80	0,88	0,88	0,92	0,97	1,00
Relvados							
Ocupando menos de 50% da área							
Declive de 0 a 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Declive de 2 a 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Declive superior a 7%	0,430	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Ocupando de 50 a 75% da área							
Declive de 0 a 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Declive de 2 a 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Declive superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Ocupando mais de 75% da área							
Declive de 0 a 2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Declive de 2 a 7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Declive superior a 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Zona não urbana							
Terreno cultivado							
Declive de 0 a 2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Declive de 2 a 7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Declive superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastagem							
Declive de 0 a 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Declive de 2 a 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Declive superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Floresta							
Declive de 0 a 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Declive de 2 a 7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Declive superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

De acordo com QUINTELA (1984), os valores apresentados anteriormente são bastante pequenos, quando comparados com situações correntes em Portugal. Segundo o autor, para períodos de retorno de 100 anos, o coeficiente C da fórmula racional, deve apresentar valores na ordem dos 0,8, por forma a que, as estimativas dos caudais de ponta de cheia sejam minimamente seguras. Esta conclusão foi extraída pelo autor, após aplicação do método proposto por Turazza-Giandotti, para bacias hidrográficas em Itália.

Na Tabela 5.2, são apresentados valores do coeficiente C, aplicados a várias tipologias de superfícies, para vários períodos de retorno, propostos pelo DRAINAGE CRITÉRIA MANUAL, 1977 in MATOS, 2006.

Tabela 5.2 - Valores do coeficiente *C* da fórmula racional para vários períodos de retorno (DRAINAGE CRITERIA MANUAL, 1977 *in* MATOS, 2006)

Tipologia de superfície	Coeficiente		
	Período de retorno (anos)		
	5-10	25	100
Pavimento			
asfáltico	0,80	0,88	0,95
betão	0,85	0,93	0,95
Passeios	0,85	0,93	0,95
Coberturas (telhados)	0,85	0,93	0,95
Relvado em solo permeável			
plano < 2%	0,07	0,08	0,09
médio, 2% a 7%	0,12	0,13	0,15
inclinado > 7%	0,17	0,19	0,21
Relvado em solo impermeável			
plano < 2%	0,18	0,20	0,22
médio, 2% a 7%	0,22	0,24	0,27
inclinado > 7%	0,30	0,33	0,37
Área florestada em solo impermeável			
plano < 2%	0,12	0,13	0,15
médio, 2% a 7%	0,20	0,22	0,15
inclinado > 7%	0,30	0,33	0,37
Área florestada em solo permeável			
plano < 2%	0,30	0,33	0,37
médio, 2% a 7%	0,40	0,44	0,50
inclinado > 7%	0,50	0,55	0,62

Para além dos valores de *C* apresentados sob a forma de tabelas, outros autores exprimiram o coeficiente *C*, sob forma de expressões matemáticas, tendo em conta as características da bacia hidrográfica ou a precipitação.

Assim, em PINTO *et al.* (1976), *in* PORTELA & HORA (2002), são apresentadas as seguintes metodologias de cálculo do parâmetro *C*:

i. Fórmula de Gregory

$$C = 0,175D^{1/3} \quad (5.5)$$

A fórmula de Gregory conduz a valores do coeficiente *C* maiores do que a unidade, pelo que se julga ter sido desenvolvida para bacias hidrográficas com tempos de concentração muito pequenos.

ii. Fórmula de Bernard

$$C = C_{m\acute{a}x} \left(\frac{T}{100} \right)^n \quad (5.6)$$

onde,

$C_{m\acute{a}x}$ Valor máximo do coeficiente C da fórmula racional

n Expoente

iii. Fórmula de Homer

$$C = 0,364 \log(D) + 0,0042w - 0,145 \quad (5.7)$$

com,

w Percentagem de área impermeável da bacia hidrográfica

Existem ainda outras representações para o coeficiente C , como mostram as Figuras 5.2 e 5.3. A Figura 5.2 apresenta o referido coeficiente em função do período de retorno e da percentagem de área impermeável da bacia hidrográfica, enquanto que, na Figura 5.3, o coeficiente C é representado exclusivamente em função do período de retorno.

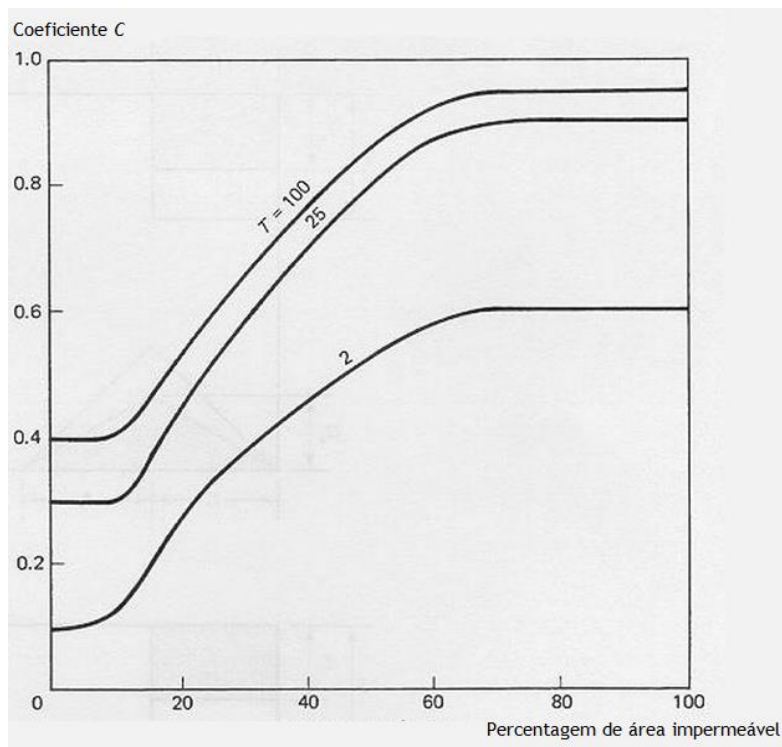


Figura 5.2 - Coeficiente C em função da percentagem de área impermeável e do período de retorno (PONCE, 1989, p. 125)

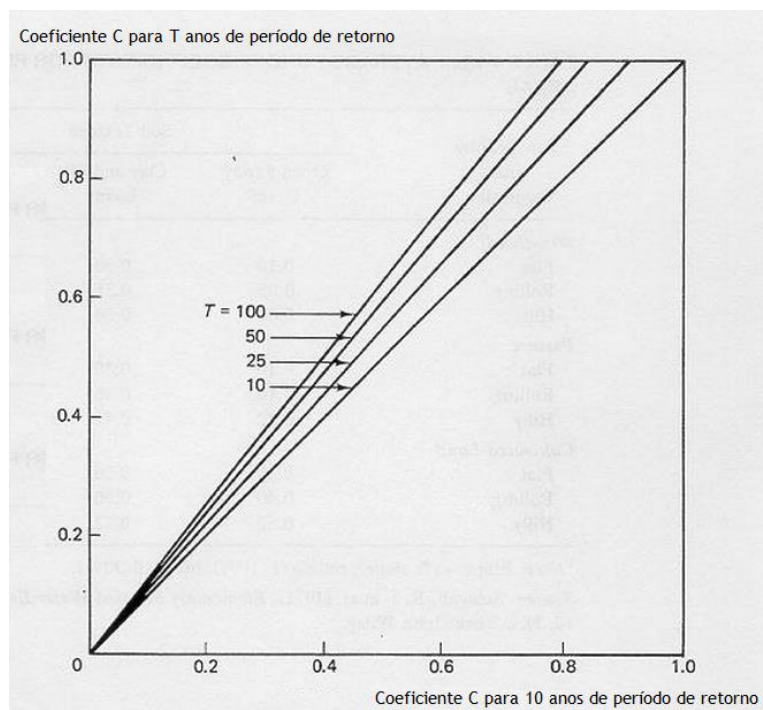


Figura 5.3 - Variação do coeficiente C com o período de retorno da precipitação de projeto (COUNTY OF SOLANO, 1977 in PONCE, 1989, p. 124)

Resumindo, a aplicação da fórmula racional tem sido questionada por vários autores, e por vezes considerada inadequada por alguns hidrologistas. Uma das críticas mais frequentes à fórmula racional é o facto de sobrevalorizar e sobrestimar os valores dos caudais de ponta de cheia, pois não tem em conta os efeitos de retenção nem as perdas na rede hidrográfica.

Para MATOS (2006), a fórmula racional tem um significado meramente estatístico, não podendo proceder-se à sua aplicação para o cálculo do caudal de ponta de cheia correspondente a um determinado hietograma não uniforme. Para tais casos, a opção passaria por recorrer a métodos mais sofisticados de cálculo (com ênfase para o modelo do hidrograma unitário), que não a simplicidade oferecida pela fórmula racional.

A fórmula racional é vulgarmente aplicável graças à já referida sua simplicidade e ao facto de integrar dados que estão apenas relacionados com as características físicas da bacia hidrográfica. Para MATOS (1987), in MATOS (2006), por ser susceptível de operações de calibração, a fórmula racional tem boa capacidade de resposta, na estimação de caudais de ponta de cheia, assemelhando-se à de modelos mais complexos, sempre que aplicada a bacias de pequena ou média dimensão.

Não obstante, a fórmula racional não deve ser utilizada para modelos de simulação e gestão, devendo nesse caso, recorrer-se a modelos que representem de forma mais integrada e

precisa os processos hidrológicos, de forma a obter uma resposta menos susceptível de ser questionada.

6. Aplicação a um caso prático

6.1. Considerações iniciais

No presente capítulo aplica-se o modelo de transformação de precipitações em escoamentos mensais a uma bacia hidrográfica, situada no distrito de Aveiro, com o objectivo de aferir a adequabilidade do modelo na simulação desses escoamentos.

A bacia hidrográfica em estudo será apresentada em 6.2, referindo a sua localização, e características, bem como a estação hidrográfica que a define. Para além desta informação, identificam-se ainda os postos udométricos com influência na bacia hidrográfica em estudo.

No subcapítulo 6.3, avalia-se a qualidade das séries de registos recolhidos, garantindo o ajustamento dos resultados obtidos após aplicação da metodologia de transformação de precipitação em escoamento.

Posteriormente, no subcapítulo 6.4, procede-se à aplicação propriamente dita do balanço hídrico sequencial, com a avaliação de resultados baseada na aplicação de medidas de erro ou ajustamento, por forma a conseguir harmonizar as séries de registos geradas e as séries de registos históricas.

No subcapítulo 6.5 é aplicada uma transposição de registos de escoamentos e caudais, para situações onde não se dispõe de informação hidrométrica. O procedimento é aplicado a uma estação, que embora se esteja a considerar não possuir registos, tem disponíveis as séries de escoamentos mensais e caudais diários máximos anuais, para que posteriormente, se processe uma análise comparativa entre os resultados obtidos e os registos existentes, comprovando a adequada e conseguida utilização metodológica.

Finalmente, no subcapítulo 6.6 surge a aplicação da fórmula racional, comumente utilizada na análise de cheias em Portugal Continental, com o objectivo de obter vários valores para o parâmetro C . Para tal, são aplicadas várias formulações de cálculo deste parâmetro, como apresentado no subcapítulo 5.2, consideradas pelos mais diversos autores. Conclui-se, estabelecendo uma breve comparação entre as várias formulações propostas, tentando perceber qual a opção mais viável e adequada a empregar no cálculo de análise de caudais de ponta de cheia.

6.2. Identificação e caracterização da bacia hidrográfica

Seguidamente, procede-se à aplicação do método descrito no capítulo 3, a um caso de estudo, composto por uma bacia hidrográfica, definida por uma estação hidrométrica. A estação selecionada é a de Fragas da Torre (08H/02H), que de acordo com informação do *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, está inserida no rio Paiva, que por sua vez se insere na bacia hidrográfica do rio Douro. A área drenada pela estação hidrométrica é de 646,69 km² e as respectivas coordenadas de localização - latitude, longitude e altitude - 40,941 °N, -8,18 °W e 165 m. Na Figura 6.1 está representada a bacia hidrográfica em estudo bem como a sua localização geral no contexto de Portugal Continental.

A montante da estação hidrométrica, estende-se um trecho do rio Paiva, com comprimento, de 69,409 km, obtido através de medição no *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, cujas cotas nas secções de montante e de jusante são, respectivamente, 950,0 m e 155,0 m, obtidas a partir de consulta de cartas militares. O declive da secção do curso de água é de 0,01145 enquanto que a diferença de cotas do talvegue entre o ponto mais afastado e a secção de referência, H , é de 795 m.

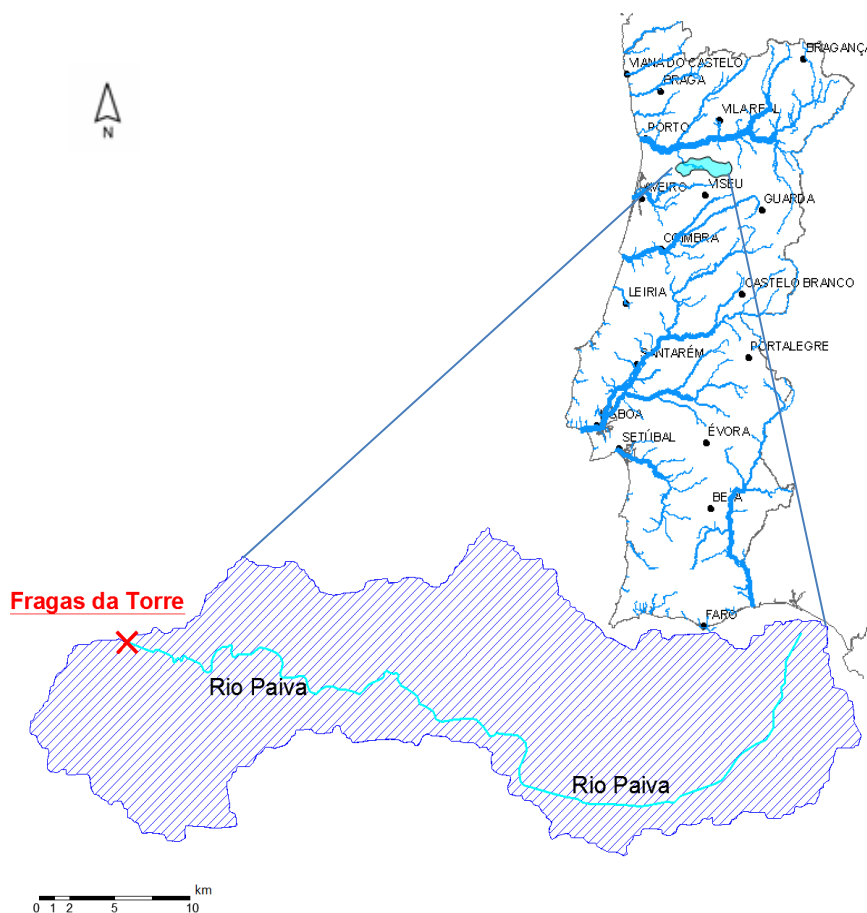


Figura 6.1 - Localização da bacia hidrográfica e estação hidrométrica de Fragas da Torre, sobre o mapa de Portugal Continental

Segundo Köppen-Geiger *in* PEEL, *et al.* (2007) (ver Figura 6.2), a região climática onde se localiza a bacia hidrográfica é representada pela sigla *Csb*. A primeira letra, *C*, indicador térmico, reconhece a região com clima temperado, com o Verão e o Inverno bem definidos, onde a temperatura média do ar dos 3 meses mais frios é compreendida entre -3 °C e 18 °C, e a temperatura do mês mais quente é geralmente superior a 10 °C. A letra seguinte, *s*, referente a “summer”, indica que o período seco ocorre quando os dias são mais longos e o sol está mais próximo da terra, ou seja, no Verão. A terceira e última letra, *b*, indica que estamos perante um Verão temperado, onde a temperatura média do ar dos 4 meses mais quentes é geralmente superior a 10 °C e inferior a 22 °C. Em suma, a bacia hidrográfica em análise insere-se numa região com clima temperado húmido, com Verão seco e temperado.

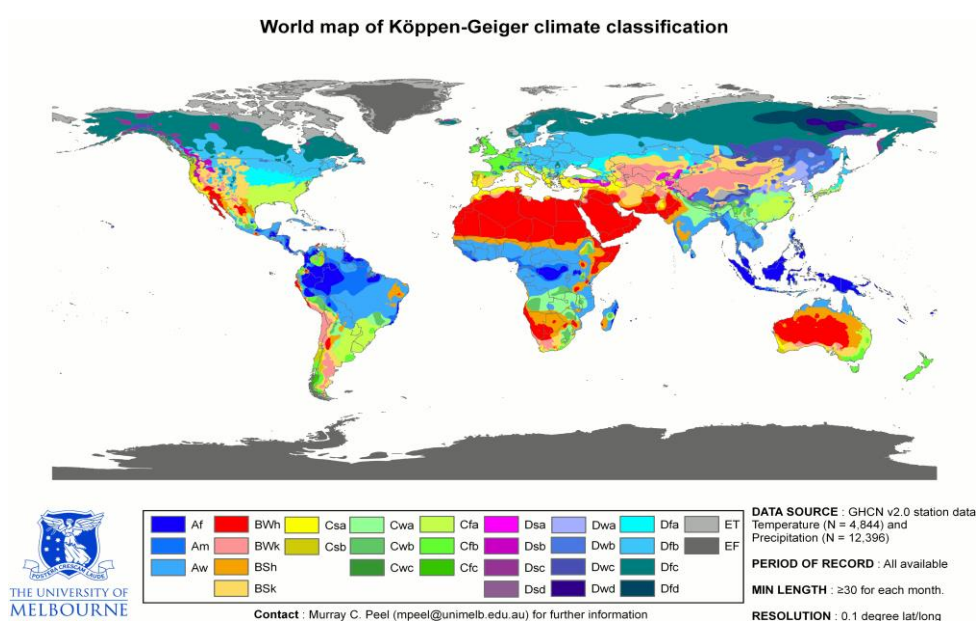


Figura 6.2 - Classificação climática segundo Köppen-Geiger (PEEL, *et al.*, 2007).

Tendo por base a maior série contínua de registos de escoamentos mensais que se consegue recolher na estação de Fragas da Torre, e considerando critérios que garantam a qualidade dos registos recolhidos, nomeadamente longas séries de registos contínuos, foram selecionados vários postos udométricos situados no interior e na periferia da bacia hidrográfica, com registos de precipitação no mesmo intervalo que o selecionado para a série de escoamentos.

Embora alguns dos postos selecionados apresentassem séries de registos num período muito mais extenso ao selecionado para análise, outros seriam mais limitados, pelo que se optou por encontrar um intervalo comum, onde não existam falhas, a todos os postos udométricos selecionados e à estação hidrométrica selecionada. O intervalo considerado tem duração de 40 anos, com início no ano hidrológico de 1945/46 e término no ano hidrológico de 1984/85.

Na Tabela 6.1 apresentam-se os referidos postos udométricos, assim como as suas coordenadas de localização, retiradas do *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*.

Tabela 6.1 - Postos udométricos selecionados na envolvente à bacia hidrográfica e respectivas coordenadas de localização

Postos udométricos selecionados		
Designação	Coordenadas de localização	
	Latitude (°N)	Longitude (°W)
Ariz - 08L/04U	40,911	-7,653
Arouca - 08H/01UG	40,927	-8,290
Carregal - 08L/05U	40,907	-7,578
Castro Daire - 08J/04G	40,890	-7,938
Covelo de Paivô - 08I/02U	40,867	-8,163
Leomil - 08L/03UG	40,984	-7,656
Mezio - 08J/02G	40,984	-7890
Mosteiro de Cabril - 08I/01UG	40,947	-8,100
Pendilhe - 08J/05UG	40,909	-7,840
Picão - 08J/03U	40,946	-7,951
Tarouca - 07K/08UG	41,015	-7,774
Touro - 08K/01UG	40,897	-7,748
Vila Nova de Paiva - 08K/02G	40,852	-7,729

De modo a avaliar a influência dos postos udométricos na bacia hidrográfica, aplicou-se o método das áreas de influência ou dos polígonos de Thiessen, como ilustrado na Figura 6.3. A análise da referida figura permite constatar que o posto de Tarouca não apresenta qualquer influência na bacia hidrográfica e que os postos de Leomil e Carregal, por apresentarem áreas de influência relativamente baixas, podem não ser considerados. Desta forma, os postos considerados influentes na bacia hidrográfica e os correspondentes pesos são apresentados na Tabela 6.2.

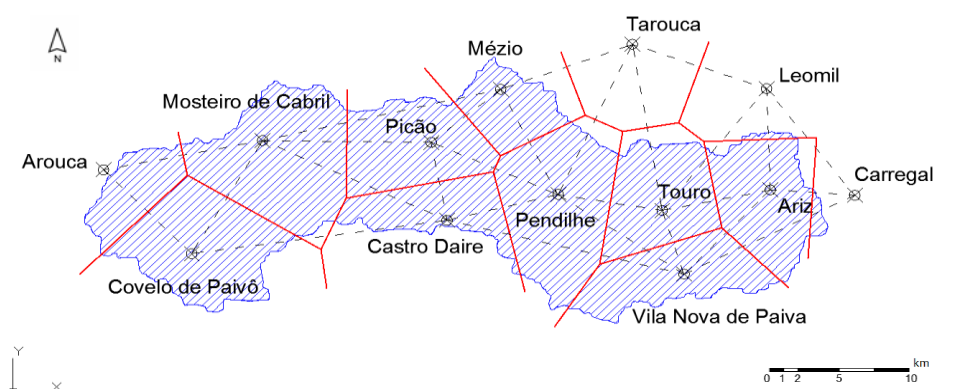


Figura 6.3 - Ponderação aplicando os polígonos de Thiessen

Tabela 6.2 - Postos udométricos com influência na bacia hidrográfica definida pela estação hidrométrica de Fragas da Torre (08H/02H)

Postos udométricos com influência na bacia hidrográfica	
Designação	Influência (%)
Ariz - 08L/04U	10,31
Arouca - 08H/01UG	5,06
Castro Daire - 08J/04G	7,07
Covelo de Paivô - 08I/02U	12,94
Mezio - 08J/02G	5,61
Mosteiro de Cabril - 08I/01UG	15,46
Pendilhe - 08J/05UG	14,29
Picão - 08J/03U	10,34
Touro - 08K/01UG	9,69
Vila Nova de Paiva - 08K/02G	9,21

As séries de escoamentos e precipitações mensais, relativas à estação hidrométrica de Fragas da Torre e aos postos udométricos apresentados na tabela anterior, são apresentadas no ANEXO I, num intervalo de 40 anos, com início no ano hidrológico de 1945/46 e término no ano hidrológico de 1984/85, anteriormente definido.

6.3. Qualidade das séries de registos de precipitação anual

De modo a garantir e avaliar a qualidade dos registos recolhidos, em termos de precipitação anual, foi aplicado a cada posto udométrico com influência na bacia hidrográfica em análise, o teste de valores simplesmente acumulados.

Como descrito no subcapítulo 2.4, o teste consiste em comparar os valores acumulados de precipitação num posto udométrico, ao longo dos anos, com o acumular da média da precipitação no mesmo.

Nos Gráficos 6.1 e 6.2 apresentam-se os testes aplicados aos postos em apreço.

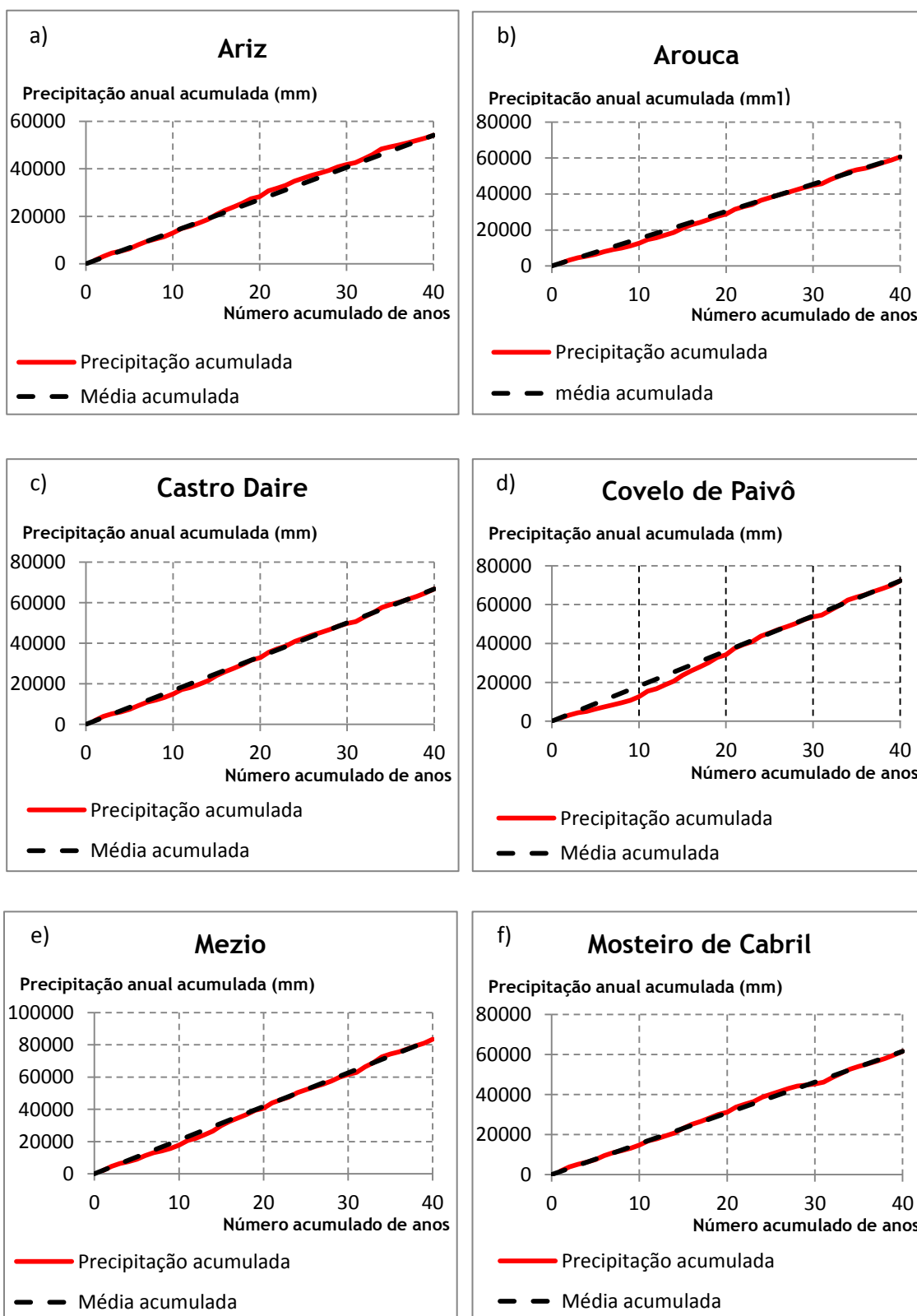


Gráfico 6.1 - Teste de valores simplesmente acumulados aplicados aos registos de precipitação anual, dos postos udométricos a) de Ariz, b) de Arouca, c) de Castro Daire, d) de Covelo de Paivô, e) de Mezio e f) de Mosteiro de Cabril

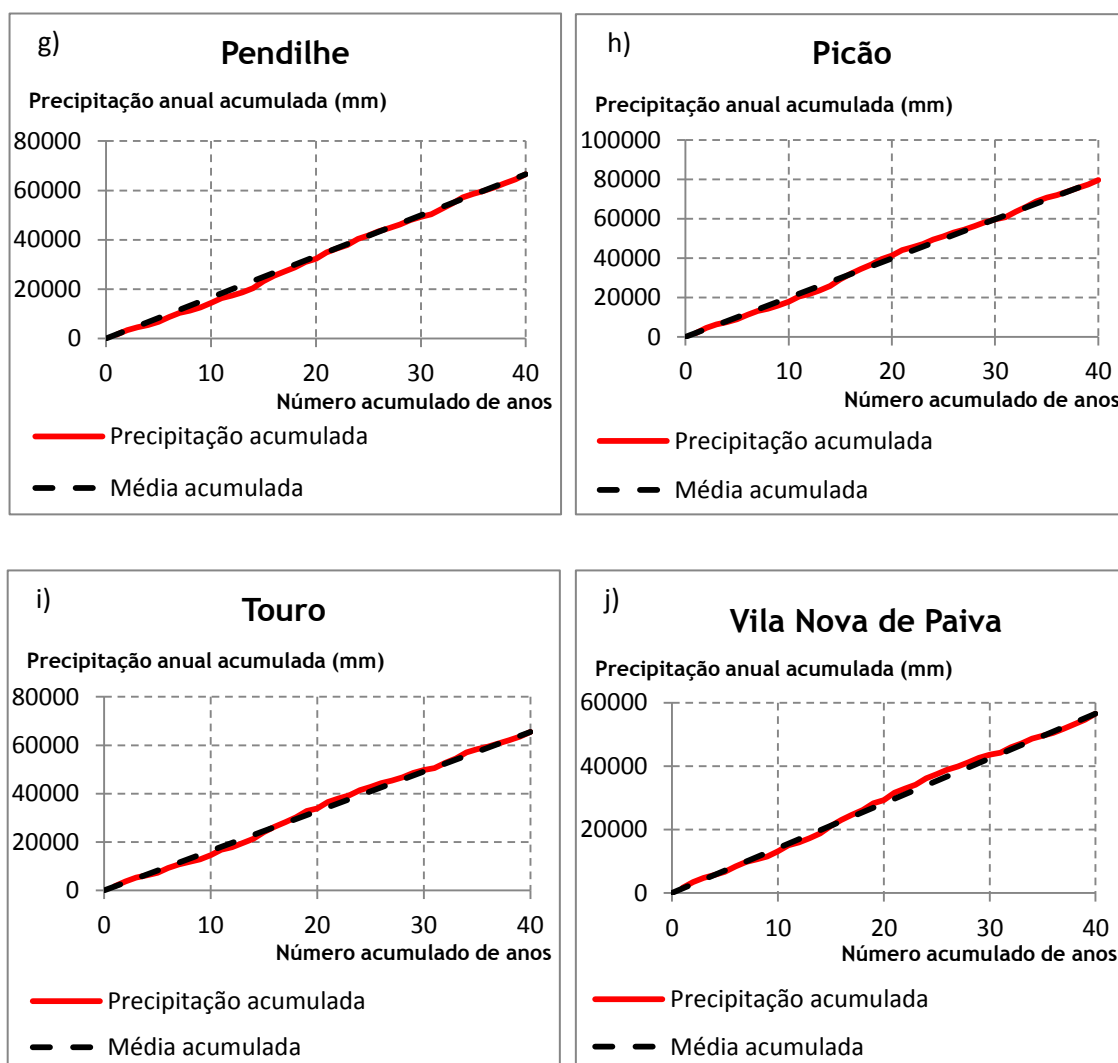


Gráfico 6.2 - Teste de valores simplesmente acumulados aplicados aos registos de precipitação anual, dos postos udométricos g) de Pendilhe, h) de Picão, i) de Touro e j) de Vila Nova de Paiva

No contexto deste trabalho, o teste de valores simplesmente acumulado, foi apenas aplicado às precipitações anuais, admitindo-se que a qualidade dos valores dessas precipitações retrataria a qualidade das demais medições efectuadas no posto.

6.4. Aplicação do balanço hídrico sequencial baseado na evapotranspiração de Thornthwaite

Como anteriormente descrito no subcapítulo 3.3, o balanço hídrico sequencial é um modelo com um grau de aplicabilidade relativamente simples, que apenas necessita dos registos de temperaturas médias, precipitações e limite de capacidade utilizável de água no solo.

No presente caso, o balanço hidrológico foi aplicado mensalmente, e para tal, foi necessário recolher uma série de registos de temperaturas médias mensais, de uma determinada estação

meteorológica, que se situasse o mais perto possível da bacia hidrográfica em análise. Seria ainda fundamental que tal estação possuisse uma série de registos contínua, no mesmo intervalo de tempo das séries de escoamentos e precipitação dos restantes postos. Para este efeito, foi considerada a estação de Barragem de Castelo Burgães (08G/01C)

A série de temperaturas considerada, maioritariamente continua nos 40 anos desejáveis (1945/46 - 1984/85), continha algumas falhas, e como tal, foi necessário recorrer a um método de preenchimento, de modo a tornar a série utilizável aquando da aplicação do modelo de balanço hídrico sequencial. Com a finalidade de resolver esta questão, as falhas foram preenchidas recorrendo ao valor médio mensal. A hipótese do preenchimento de falhas de séries de registos de temperaturas através do valor médio mensal, é perfeitamente válida, pois, para o mesmo mês de um qualquer ano, os valores registados dessa variável não apresentam flutuações significativas.

Uma vez estabelecidas as séries de registos de temperaturas médias mensais e de precipitações mensais ponderadas (ANEXO I), para a correta aplicação do balanço hídrico sequencial, torna-se essencial definir o limite de capacidade de água no solo, $R_{máx}$. Embora DUNNE & LEOPOLD (1978) in HIPÓLITO & VAZ (2011) recomendem que o valor de $R_{máx}$ varie entre 50 mm e 400 mm, é do conhecimento que no caso português, este parâmetro esteja compreendido entre valores de 100 e 200 mm. Tendo este facto em consideração, sabendo à priori que de $R_{máx}$ iriam depender todos os resultados obtidos a partir da aplicação do balanço hídrico sequencial, e de forma a aproximar os registos de escoamentos simulados dos registos de escoamentos observados, fez-se variar $R_{máx}$ dentro do intervalo admissível. Esta estimação deve ser feita na fase de calibração do modelo, e deve ainda ter em conta os resultados obtidos na aplicação de medidas de erro e ajustamento.

Como referido no subcapítulo 2.5, a aplicação de um modelo deve processar-se em duas fases: calibração e validação. A série de registos seleccionada, com duração total de 40 anos, foi dividida, para aplicação do balanço hídrico sequencial, dedicando-se dois terços da informação disponível, correspondentes ao intervalo de 1945/46 a 1971/72 (27 anos) para a fase de calibração, e os restantes 13 anos, compreendidos de 1972/73 a 1984/85, para a fase de validação.

A aplicação do processo atrás referido para estimação do parâmetro $R_{máx}$, permitiu concluir que o valor que melhor se ajusta entre as séries de registos de escoamentos observados e escoamentos simulados é de 200 mm.

No Gráfico 6.3 estão representadas as séries de registos de escoamentos observados e escoamentos simulados, por aplicação do modelo do balanço hídrico sequencial baseado na evapotranspiração de Thornthwaite, nas fases de calibração e validação.

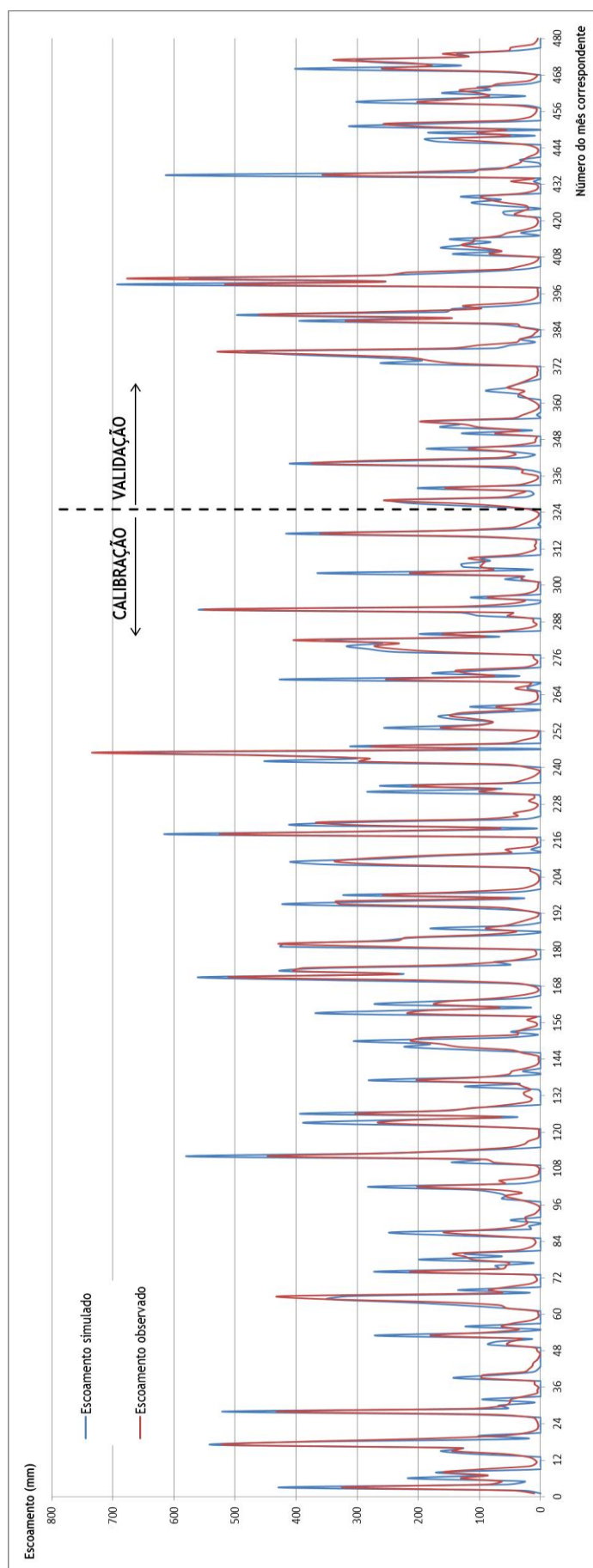


Gráfico 6.3 - Escoamentos observados e escoamentos simulados, nas fases de calibração e validação, segundo aplicação do balanço hídrico sequencial baseado na evapotranspiração de Thornthwaite

Os resultados da aplicação das medidas de erro ou ajustamento, referentes às fases de calibração, validação e no período global, são apresentados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 - Medidas de erro e ajustamento, aplicadas às fases de calibração, validação e período total

	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>r</i>	<i>NASH</i>
Calibração (1945/46 a 1971/72)	48,40	33,51	0,94	0,83
Validação (1972/73 a 1984/85)	49,37	33,98	0,93	0,81
Período global	48,72	33,66	0,91	0,82

Em relação aos resultados anteriormente apresentados das medidas de erro e ajustamento, pode realçar-se que, tanto para a fase de calibração, fase de validação ou período global:

- Os valores de *RMSE* e *MAE* são da mesma ordem de grandeza, como requerido e referido na bibliografia;
- O coeficiente de correlação de Pearson, *r*, tem valor muito próximo da unidade, ou seja, muito perto de uma correlação perfeita, como pretendido;
- O mesmo se passa com o coeficiente de *NASH*, com valor próximo da unidade, demonstrando um ajuste bastante aceitável entre os valores observados e os valores simulados.

Pode ainda fazer-se uma representação do défice e do excesso hídrico (ver Gráfico 6.4), verificado em cada mês, no intervalo de 40 anos, representado logicamente de outubro a setembro, observando períodos de seca, em que não existe escoamento e a evapotranspiração potencial é superior à evapotranspiração real (défice hídrico) e períodos em que a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real têm o mesmo valor, ocorrendo portanto escoamento superficial (excesso hídrico).

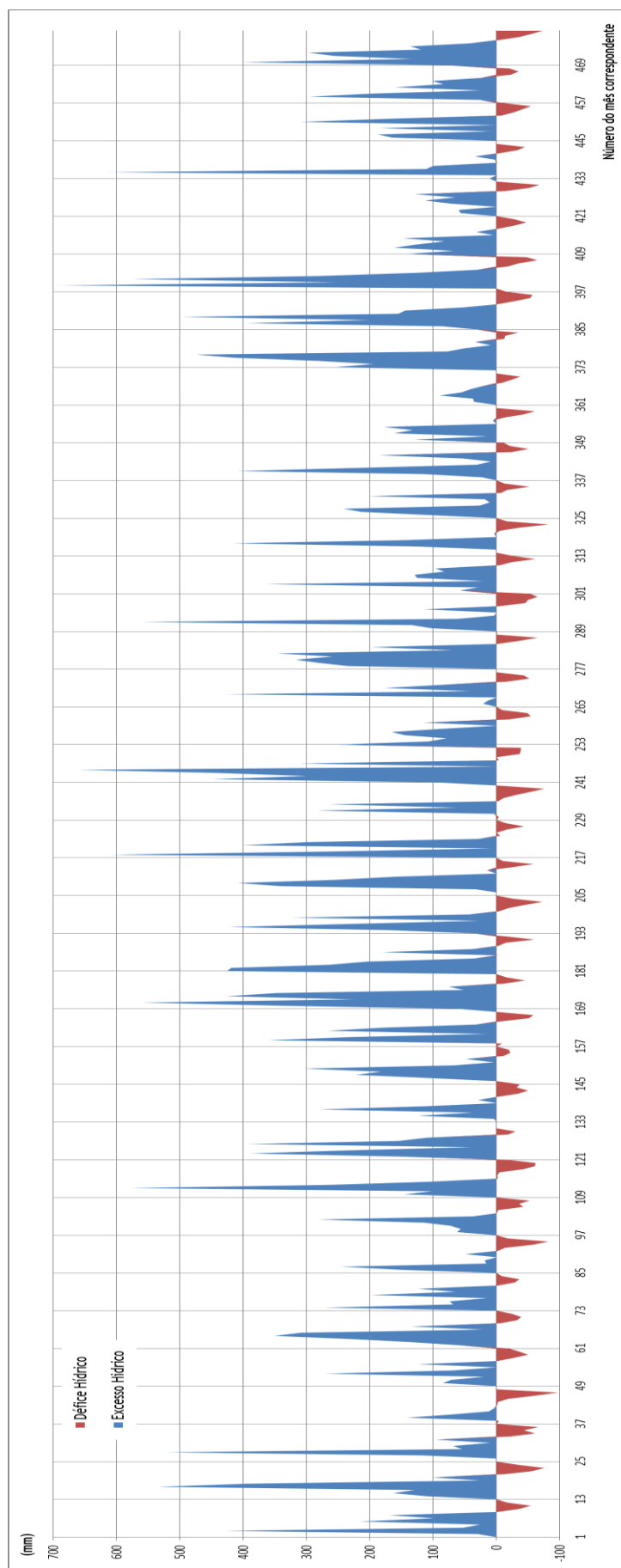


Gráfico 6.4 - Déficit hídrico e excesso hídrico, em cada mês, no período global analisado

6.5. Estimação de escoamentos mensais e de caudais médios diários sem registos de informação hidrométrica

Por forma a aplicar o procedimento descrito no subcapítulo 4.2, para transpor informação hidrométrica para zonas não monitorizadas, no caso proposto para a estação em estudo de Fragas da Torre, foram escolhidas 2 estações hidrométricas, das quais se processaria a transposição, que definem duas bacias hidrográficas que cumprem os requisitos a que se propõem, de forma a garantir a qualidade dos resultados obtidos para a transposição, como seja:

- As bacias hidrográficas encontram-se em estado natural;
- Considera-se que as bacias hidrográficas apresentam características geomorfológicas semelhantes para a estação que se pretende transpor a informação (Fragas da Torre);
- As bacias estão tão próximas quanto possível da bacia definida pela estação hidrométrica de Fragas da Torre.

As duas estações escolhidas, a partir das quais se processa a transposição hidrométrica, e a estação de Fragas da Torre, para a qual se pretende transpor a informação, são descritas e caracterizadas na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 - Características das estações hidrométricas para transposição de informação hidrométrica

Estações Hidrométricas	Coordenadas de localização		Área da bacia (km ²)	Bacia hidrográfica principal	Rio
	Lat. (°N)	Long. (°W)			
Ermida Corgo - 06K/01H	41,23	-7,75	294,22	Douro	Corgo
Fragas da Torre - 08H/02H	40,94	-8,18	646,69	Douro	Paiva
Santa Marta do Alvão - 05K/01H	41,49	-7,75	48,76	Douro	Louredo

Na Figura 6.4. estão representadas as três bacias hidrográficas, localizadas no mapa de Portugal Continental, assim como as três estações hidrométricas que as definem.

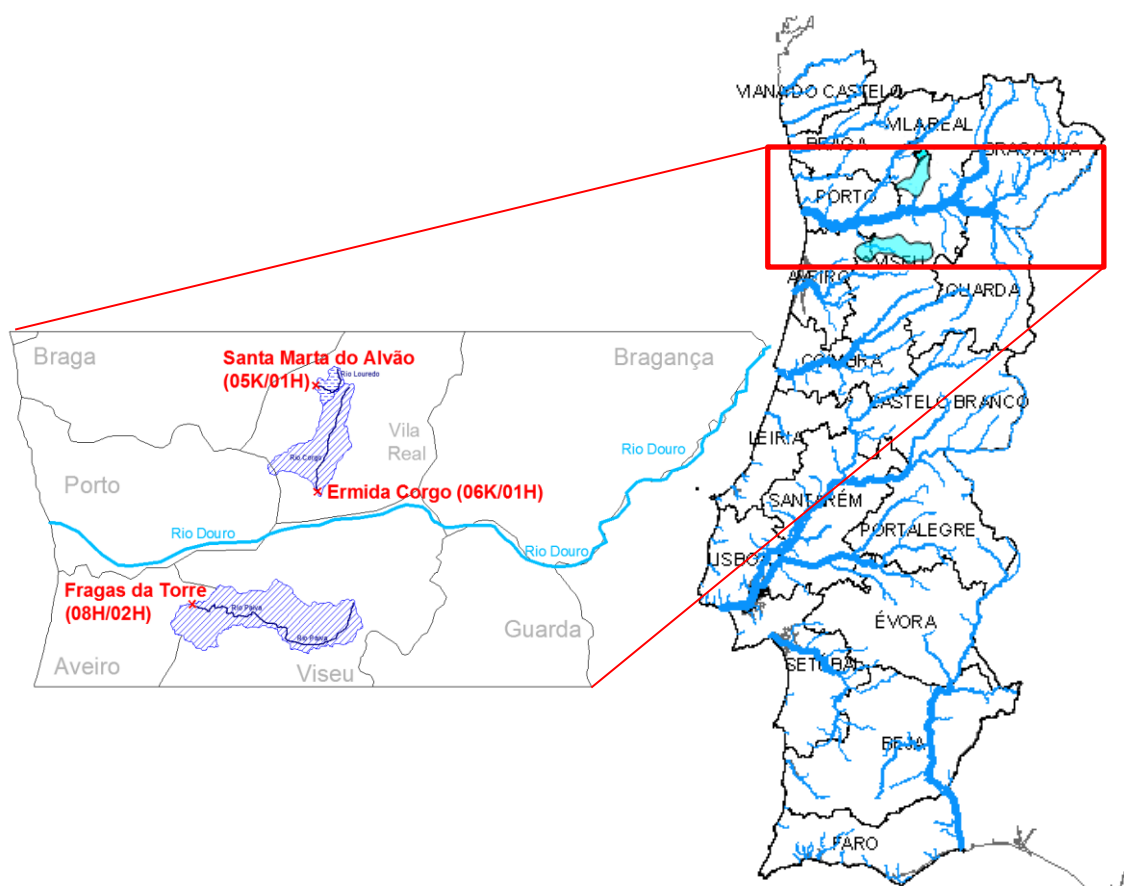


Figura 6.4 - Localização das bacias hidrográficas de Ermida Corgo, Fragas da Torre e Santa Marta do Alvão, sobre o mapa de Portugal Continental

6.5.1. Estimação de escoamentos mensais

A necessidade inicial, para a aplicação da transposição hidrométrica, passa pela recolha de séries de registos de escoamentos mensais das estações em questão. As séries disponibilizadas no *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos* estão compreendidas entre 1956/57 a 1989/90 e 1955/56 a 1989/90, para a estação de Ermida Corgo e para a estação de Santa Marta do Alvão, respectivamente (ver ANEXO II).

Anota-se que, a altura de escoamento na bacia hidrográfica definida pela estação hidrométrica de Fragas da Torre, deveria ser obtida por consulta de cartas de isolinhas, por se admitir ser uma zona não monitorizada. Contudo, e como o presente estudo tem a finalidade de comprovar a aplicabilidade das fórmulas propostas para a transposição de informação hidrométrica, foram recolhidas as séries de registos de escoamentos mensais, também para Fragas da Torre, compreendida entre 1945/46 a 1989/90 (ver ANEXO II).

Deste modo, é possível calcular os parâmetros integrantes da expressão (4.2), utilizada para transposição de informação hidrométrica.

As variáveis intervenientes na expressão (4.2) são o volume do escoamento anual médio na secção de referência, \bar{V}_1 , e o volume do escoamento anual médio na secção que se pretende estimar escoamento, \bar{V}_2 .

A Tabela 6.5 sintetiza os resultados do cálculo das variáveis intervenientes na transposição de informação hidrométrica, para cada uma das estações.

Tabela 6.5 - Variáveis intervenientes no cálculo da transposição de informação hidrométrica em cada estação

Estações	Volume anual médio, \bar{V} (dam ³)	Altura do escoamento anual médio, \bar{H} (mm)
Ermida Corgo	267478,82	909,11
Fragas da Torre	668783,56	1034,18
Santa Marta do Alvão	49142,29	1007,84

Da análise da tabela anterior, é possível constatar que, de acordo com os procedimentos de transposição hidrométrica descritos no subcapítulo 4.2, a aplicação do modelo de regionalização resulta se for garantido que as alturas do escoamento anual médio da bacia hidrográfica, para a qual se estimam os escoamentos, e a bacia hidrográfica da qual se realiza a transposição, sejam semelhantes, como se verifica.

De modo a uniformizar os resultados obtidos, pela transposição de informação hidrométrica, esta foi aplicada ao mesmo intervalo de tempo, nas duas estações. O intervalo adoptado está compreendido entre 1956/57 e 1989/90. Apresentam-se em seguida os diagramas (ver Gráfico 6.5 e 6.6) obtidos após aplicação do modelo de transposição hidrométrica a partir da estação de Ermida Corgo e Santa Marta do Alvão, respectivamente, que permitem comparar os escoamentos mensais observados com os escoamentos simulados, no mesmo período de tempo, em Fragas da Torre.

A qualidade do ajustamento entre a série histórica dos escoamentos e dos valores obtidos por transposição, na estação hidrométrica de Fragas da Torre, foi expressa pelo coeficiente de correlação obtido entre os referidos escoamentos (ver Tabela 6.6). De notar que, as alturas do escoamento anual médio indicadas, podem não corresponder às apresentadas na Tabela 6.5, por corresponderem a diferentes intervalos de registos.

Quer os Gráficos 6.5 e 6.6, quer a Tabela 6.6, mostram claramente o bom ajustamento entre os escoamentos simulados e os escoamentos observados.

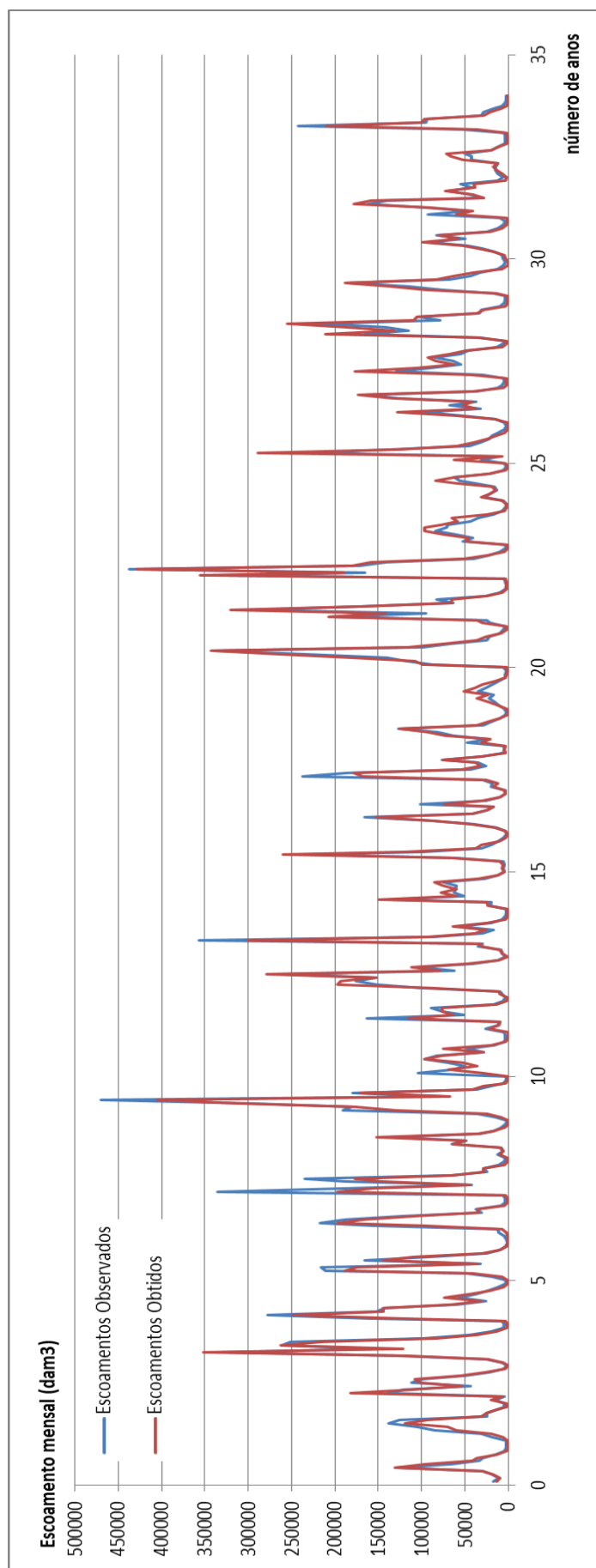


Gráfico 6.5 - Escoamentos mensais observados e obtidos por transposição hidrométrica em Fragas da Torre, a partir da estação de Ermida Corgo

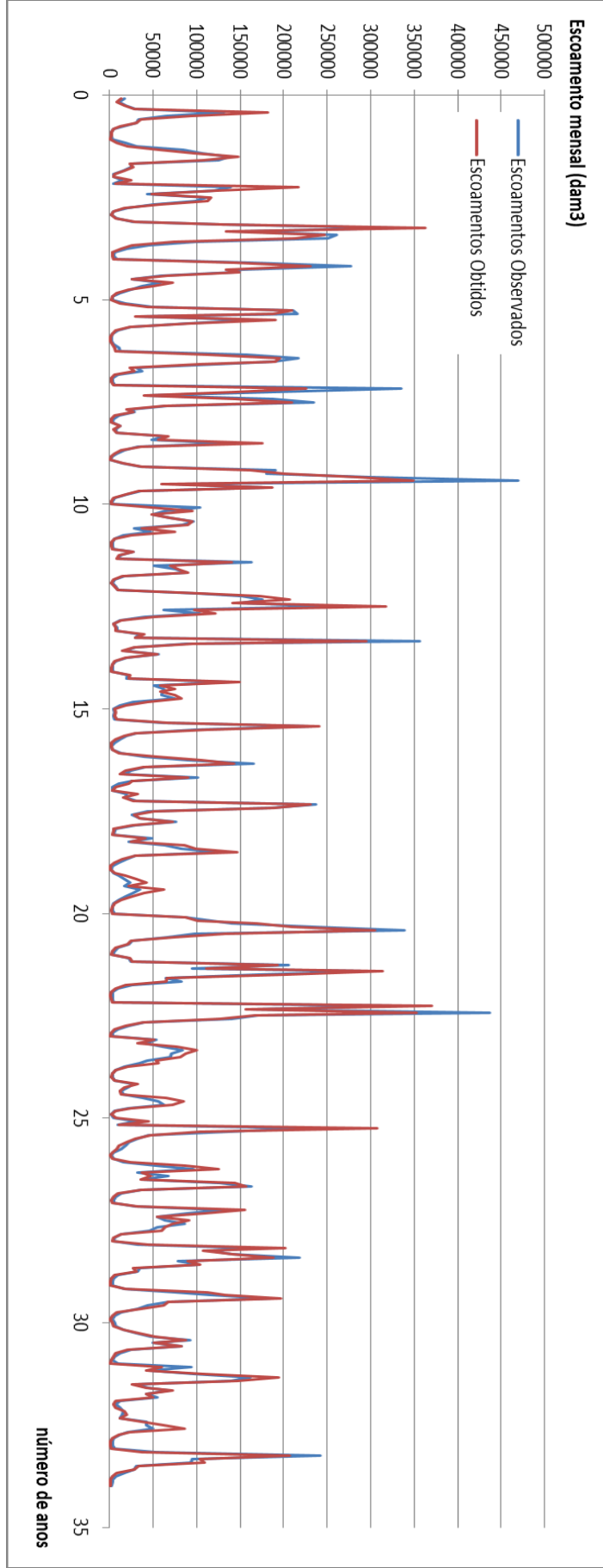


Gráfico 6.6 - Escoamentos mensais observados e obtidos por transposição hidrométrica em Fragas da Torre, a partir da estação de Santa Marta do Alvão

Tabela 6.6 - Coeficientes de correlação entre escoamentos mensais calculados a partir de regionalização de informação hidrométrica

Estação hidrométrica	Período de transposição do escoamento	Altura do escoamento anual médio no período comum de registos (mm)	Coeficiente de correlação
Ermida Corgo	1956/57 a 1989/90	909,11	0,974
Fragas da Torre		1074,77	
Santa Marta do Alvão	1956/57 a 1989/90	1002,99	0,973
Fragas da Torre		1074,77	

6.5.2. Estimação de caudais médios diários

Relativamente à estimação de caudais médios diários, foi aplicado o procedimento anteriormente descrito, tendo por base uma série de caudais médios diários em vez de escoamentos mensais. Para este caso, foi admitido que a transposição de informação hidrométrica apenas se processa a partir da estação hidrométrica de Santa Marta do Alvão (05K/01H)

Foram recolhidas no *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, as séries de registos de caudais médios diários, disponíveis para as duas estações envolvidas no estudo. Mais uma vez, se refere o facto de que, as séries de registos de caudais médios diários da estação de Fragas da Torre são obtidos apenas para obtenção dos gráficos de comparação de caudais obtidos e caudais simulados, podendo desse modo, verificar a adequabilidade das fórmulas propostas de regionalização de informação hidrométrica (ver ANEXO II).

Recordando, uma vez mais, o descrito no subcapítulo 4.2, a transposição processa-se com base na expressão (4.3), no intervalo de 1956/57 a 1989/90, cujos parâmetros foram obtidos em 6.5.1, nomeadamente o volume de escoamento anual médio, da bacia onde se processa a transposição (Fragas da Torre) e da bacia a partir da qual acontece a transposição (Santa Marta do Alvão), relativa ao intervalo onde essa acontece.

Apresenta-se em seguida o Gráfico 6.7, onde se comparam os caudais médios diários simulados com os caudais médios diários observados.

Uma vez que a representação gráfica se pode tornar pouco perceptível, foi também calculado o coeficiente de correlação entre os caudais médios diários simulados e observados, obtendo

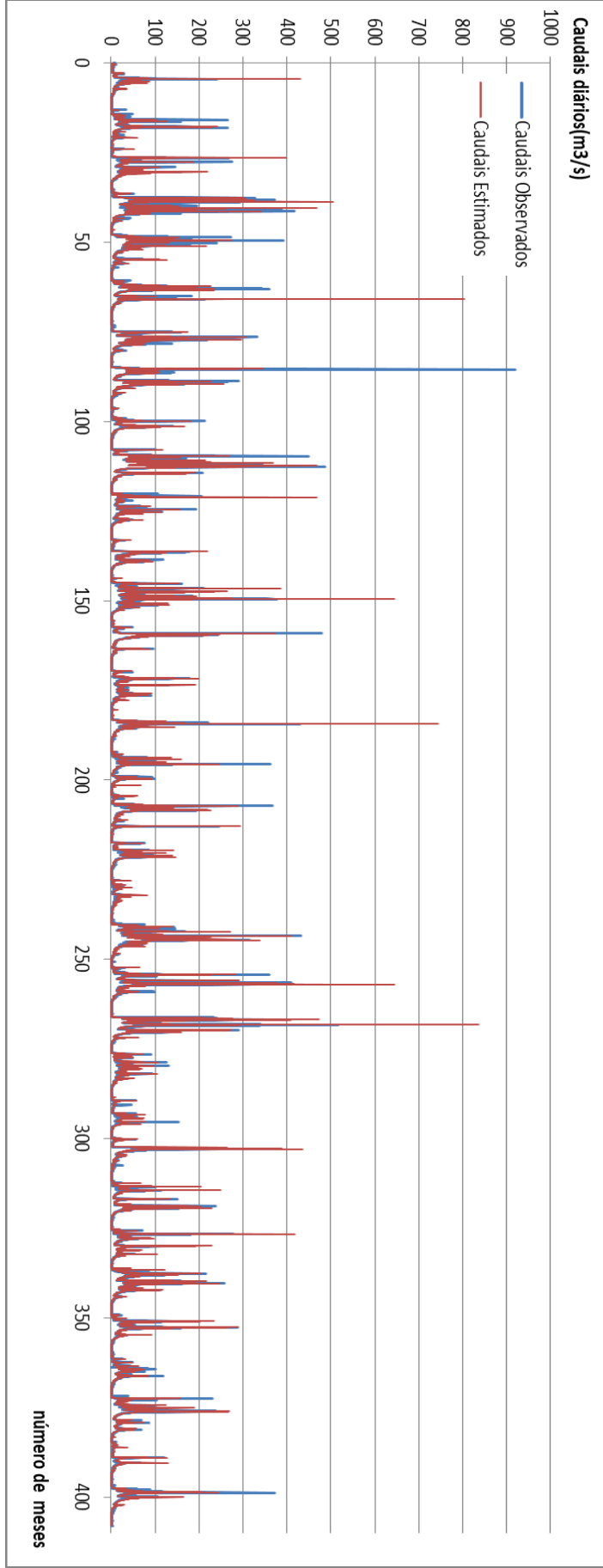


Gráfico 6.7 - Caudais médios diários observados e obtidos por transposição hidrométrica em Fragas da Torre, a partir da estação de Santa Marta do Alvão

6.6. Análise de caudais de ponta de cheia

A utilização da fórmula racional em estudos preliminares para a estimação de caudais de ponta de cheia tem sido frequente, facto devido à pouca complexidade que envolve a sua aplicação, bem como o facto de essa fórmula não carecer de informação hidrométrica, mais ou menos complexa, que pode ou não estar disponível, e fazer entrever variáveis dependentes das características fisiográficas da bacia hidrométrica. São exemplo a intensidade média de precipitação para dados períodos de retorno, com duração igual ao tempo de concentração da bacia e a própria área da bacia hidrográfica. Estas intensidades podem facilmente ser estimadas, com base na rede de registos de precipitações.

No contexto da aplicabilidade da fórmula racional à avaliação de caudais de ponta de cheia, segue-se o objectivo deste subcapítulo, analisando cada parâmetro para a obtenção do coeficiente C . Foi escolhida para análise, a estação hidrométrica de Fragas da Torre, da qual se retiraram as séries de registos de caudais instantâneos máximos anuais, compreendida no intervalo de 1946/47 a 1994/95, necessários para a análise em questão (ver ANEXO III).

6.6.1. Precipitações diárias máximas anuais ponderadas

Como anteriormente referido, a estação escolhida para a estimação de caudais de ponta de cheia é Fragas da Torre. Posto isto, e sabendo por aplicação do método das áreas de influência ou Thiessen, quais os postos udométricos que tinham influência na respectiva bacia hidrográfica (ver subcapítulo 6.2), foram retiradas dos *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, as séries de registos das precipitações diárias máximas anuais de cada posto udométrico, no intervalo de 1945/46 a 1984/85. Foram calculadas as médias e o desvio padrão dos respectivos registos, de cada um dos postos udométricos (ANEXO III).

Foram considerados cinco períodos de retorno, 2, 10, 50, 100 e 1000 anos, para os quais se pretende estimar a precipitação diária máxima anual de cada posto. Para tal, aplicou-se a lei estatística de Gumbel, considerada adequada para caracterizar o fenómeno das precipitações intensas, em Portugal Continental (PEREIRA, 1995, p.132-133).

Para a estimativa da precipitação diária máxima anual, para cada período de retorno, aplicando a distribuição de Gumbel, é utilizada a seguinte expressão:

$$\hat{Y} = \bar{Y} + K_G s' \quad (6.1)$$

Com,

\hat{Y}	Estimativa da série de registos recolhida (mm)
\bar{Y}	Média da série de amostras recolhidas (mm)
s'	Desvio-padrão da série de amostras recolhidas (mm)

K_G Fator de probabilidade segundo Gumbel, dependente do período de retorno, T , e pode ser obtido de acordo com a seguinte equação:

$$K_G = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0,577216 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \quad (6.2)$$

No caso, \bar{Y} , torna-se na estimativa da precipitação diária máxima anual pretendida, para cada posto udométrico (ver ANEXO III).

De seguida, foram calculadas as precipitações diárias máximas anuais da bacia hidrográfica, a partir das estimativas da precipitação diária máxima anual de cada posto, calculadas anteriormente, com os pesos de cada um dos postos udométricos, obtidos no subcapítulo 6.2, para cada período de retorno.

Na Tabela 6.7 são apresentados os resultados das precipitações diárias máximas anuais da bacia hidrográfica, para cada período de retorno, a partir dos postos udométricos. No ANEXO III está apresentado o cálculo da precipitação diária máxima anual ponderada, P_{dma} (Precipitação diária máxima anual da bacia hidrográfica).

Tabela 6.7 - Precipitações diárias máximas anuais na bacia hidrográfica de Fragas da Torre (08H/02H), para os respectivos períodos de retorno, T

Período de Retorno, T	Precipitação diária máxima anual ponderada para a bacia hidrográfica, P_{dma} (mm)
2	81,250
10	115,978
50	146,424
100	159,295
1000	201,825

6.6.2. Tempo de concentração

Com vista à obtenção da duração da precipitação na bacia hidrográfica em estudo, calculou-se o tempo de concentração, aplicando as fórmulas enunciadas no subcapítulo 5.2, nomeadamente as de Temez e de Kirpich (MATA-LIMA *et al.*, 2007). Não obstante se tratar de um critério porventura demasiado pessimista (por conduzir aos mais elevados caudais de ponta de cheia), a escolha para prosseguimento da análise recaiu sobre o menor tempo de concentração entre os dois tempos estimados.

Os resultados obtidos, mediante aplicação das expressões (5.3) e (5.4) são sintetizados na Tabela 6.8, juntamente com as características fisiográficas da bacia hidrográfica de Fragas da Torre, recordando o descrito no subcapítulo 6.2.

Tabela 6.8 - Características fisiográficas e tempos de concentração da bacia hidrográfica

Estação hidrométrica	Curso de água principal					Tempo de concentração (h)	
	Comprimento, L (km)	Cota montante (m)	Cota jusante (m)	Declive	Diferença de cotas do talvegue entre o ponto mais afastado e a secção de referência, H (m)	Temez	Kirpich
Fragas da Torre - 08H/02H	69,41	950	155	0,01145	795	17,60	9,73

Como dito anteriormente, a escolha entre as duas propostas de formulação para o cálculo do tempo de concentração, recaiu sobre aquela que indicou o menor valor. Deste modo, para o caso da bacia hidrográfica em estudo, admite-se que o tempo de concentração seja de 9,73 horas.

6.6.3. Intensidades de precipitação máxima anual com duração igual ao período de retorno

Com o objectivo de calcular as precipitações com a duração igual ao período de retorno, recorrendo às curvas Intensidade-Duração-Frequência, *IDF*, propostas por BRANDÃO *et al* (2001), torna-se essencial, localizar a bacia definida por Fragas da Torre, no mapa de Portugal Continental, onde estão representadas as áreas de influência, obtidas a partir de polígonos de Thiessen, relativos aos postos udométricos (PORTELA, 2006), para os quais estão definidas as curvas *IDF* (ver Figura 6.5).

Posteriormente, consultando as tabelas propostas por BRANDÃO *et al.* (2001) (ver Tabela 6.9), retiraram-se os parâmetros a e b , para cada período de retorno, referentes ao posto do Caramulo 10H/01, e calcularam-se as intensidades de precipitação (mm/h) para o tempo de concentração, I_{tc} , e as intensidades com duração de 24 h, I_{24h} , apresentadas na Tabela 6.10. Também nesta, estão apresentados os valores, para cada período de retorno da relação, entre I_{tc} e I_{24h} .

Recorda-se que as curvas *IDF* são definidas pela expressão (5.2).

Tabela 6.9 - Parâmetros das curvas IDF (válidas entre 6 e 48 h) (BRANDÃO et al., 2001)

Códigos	Posto hidrográfico	Períodos de retorno (anos)															
		2		5		10		20		50		100		500		1000	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
02G/09	Casa Soeiro	292.29	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472
03U/05	Vila da Ponte																
03G/01	Bragança																
05T/01	Miranda do Douro	256.40	-0.701	269.27	-0.669	283.58	-0.666	299.23	-0.646	321.19	-0.636	338.48	-0.630	380.08	-0.620	398.44	-0.617
	Vila Real																
06K/07	Chaves	171.15	-0.654	189.58	-0.635	203.14	-0.627	216.72	-0.621	234.84	-0.614	248.70	-0.610	281.34	-0.603	296.54	-0.601
06M/01	Amarante																
06P/01	Cerejeiras																
08P/02	Escalhão																
03E/03	Viana do Castelo	325.76	-0.652	317.36	-0.616	320.05	-0.599	326.96	-0.586	336.65	-0.574	346.17	-0.566	371.29	-0.552	383.00	-0.547
07F/01	Porto (Serra do Pilar)																
10F/01	Aveiro (Universidade)	278.52	-0.669	360.93	-0.677	415.45	-0.681	467.72	-0.684	535.37	-0.687	586.04	-0.689	703.13	-0.693	753.46	-0.694
10G/01	Viseu																
10H/01	Carandul	208.61	-0.504	236.18	-0.496	263.03	-0.492	270.27	-0.488	292.72	-0.485	309.62	-0.482	348.84	-0.478	366.76	-0.477
11W/01	Sa Comba Uao	239.36	-0.639	347.38	-0.651	419.30	-0.656	488.63	-0.660	576.72	-0.663	646.41	-0.666	803.21	-0.669	876.74	-0.671
11U/05	Perbas Douradas	223.11	-0.559	246.16	-0.542	262.85	-0.534	279.48	-0.528	301.63	-0.522	318.54	-0.518	358.34	-0.511	376.66	-0.508
12G/03	Comilã	153.40	-0.505	186.42	-0.488	179.26	-0.480	190.07	-0.473	204.45	-0.467	215.44	-0.463	241.30	-0.455	252.57	-0.453
12G/01	Combra (G)	271.67	-0.653	485.15	-0.695	639.05	-0.712	792.84	-0.725	998.29	-0.738	1155.70	-0.745	1527.60	-0.758	1689.90	-0.762
13U/02	Gralhas	201.11	-0.5287	213.87	-0.5023	224.77	-0.4901	236.26	-0.4809	252.11	-0.4715	264.47	-0.4658	294.1	-0.4556	307.14	-0.4521
21C/06	Lisboa (GICL)	362.78	-0.698	545.58	-0.721	670.81	-0.732	792.97	-0.739	963.23	-0.747	1074.50	-0.752	1367.30	-0.760	1479.80	-0.762
21C/02	Lisboa (Portela)	474.64	-0.756	763.29	-0.764	956.11	-0.767	1139.40	-0.769	1376.10	-0.771	1567.10	-0.772	1970.90	-0.773	2148.80	-0.774
20C/01	S. Julião do Tojal	381.00	-0.705	812.46	-0.753	1122.70	-0.770	1430.30	-0.781	1837.50	-0.792	2147.20	-0.797	2872.40	-0.807	3186.90	-0.810
22D/01	Setúbal																
16H/01	Barragem de Castelo de Bode																
18M/01	Portalegre	252.46	-0.639	287.90	-0.624	312.55	-0.617	336.72	-0.612	368.50	-0.606	392.56	-0.603	448.78	-0.597	473.11	-0.596
20E/01	Barragem de Magos																
20U/01	Pavia	262.93	-0.680	396.64	-0.689	483.85	-0.692	568.61	-0.695	678.44	-0.697	760.81	-0.698	951.27	-0.700	1033.20	-0.701
22U/02	Evora-Cemitério	354.04	-0.712	532.50	-0.732	654.02	-0.741	772.17	-0.747	926.70	-0.753	1043.40	-0.757	1314.90	-0.764	1432.20	-0.766
25U/02	Beja	368.82	-0.725	511.80	-0.742	608.92	-0.750	703.36	-0.756	826.97	-0.762	920.36	-0.766	1138.10	-0.773	1232.00	-0.776
23G/01	Pêgo do Altar																
26D/01	Sines	293.59	-0.709	455.06	-0.733	566.36	-0.744	675.25	-0.752	818.37	-0.759	926.80	-0.764	1180.00	-0.772	1289.80	-0.775
27G/01	Relíquias	489.17	-0.750	839.99	-0.778	1082.00	-0.790	1318.40	-0.797	1628.20	-0.805	1862.50	-0.809	2408.20	-0.816	2644.10	-0.819
31U/02	Carraia *					359.74	-0.583			609.66	-0.597	745.65	-0.600	1227.00	-0.611	1520.90	-0.616
31U/01	S. Blas de Alportel *					509.07	-0.634			923.58	-0.648	1219.40	-0.658	2210.20	-0.675	2868.80	-0.682
30M/01	Figueras *					758.40	-0.665			1686.50	-0.712	2324.80	-0.724	5081.90	-0.752	6999.60	-0.761
31F/01	Praia da Rocha	420.21	-0.773	481.99	-0.749	527.23	-0.739	572.27	-0.732	632.04	-0.725	677.55	-0.721	784.16	-0.714	830.42	-0.711
30F/01	Monchique	593.83	-0.710	1587.20	-0.785	2342.80	-0.810	3107.90	-0.825	4136.30	-0.840	4923.70	-0.848	6783.50	-0.860	7594.20	-0.864
32D/01	Sagres																
31U/02	Faro	405.67	-0.726	594.84	-0.724	720.14	-0.724	840.34	-0.723	995.95	-0.723	1112.60	-0.723	1382.10	-0.722	1497.90	-0.722
30M/02	Vila Real de São António	432.64	-0.735	536.23	-0.718	605.53	-0.711	674.11	-0.706	763.99	-0.701	831.45	-0.699	988.58	-0.694	1056.30	-0.693

* Digitalização não sistemática (DNG)

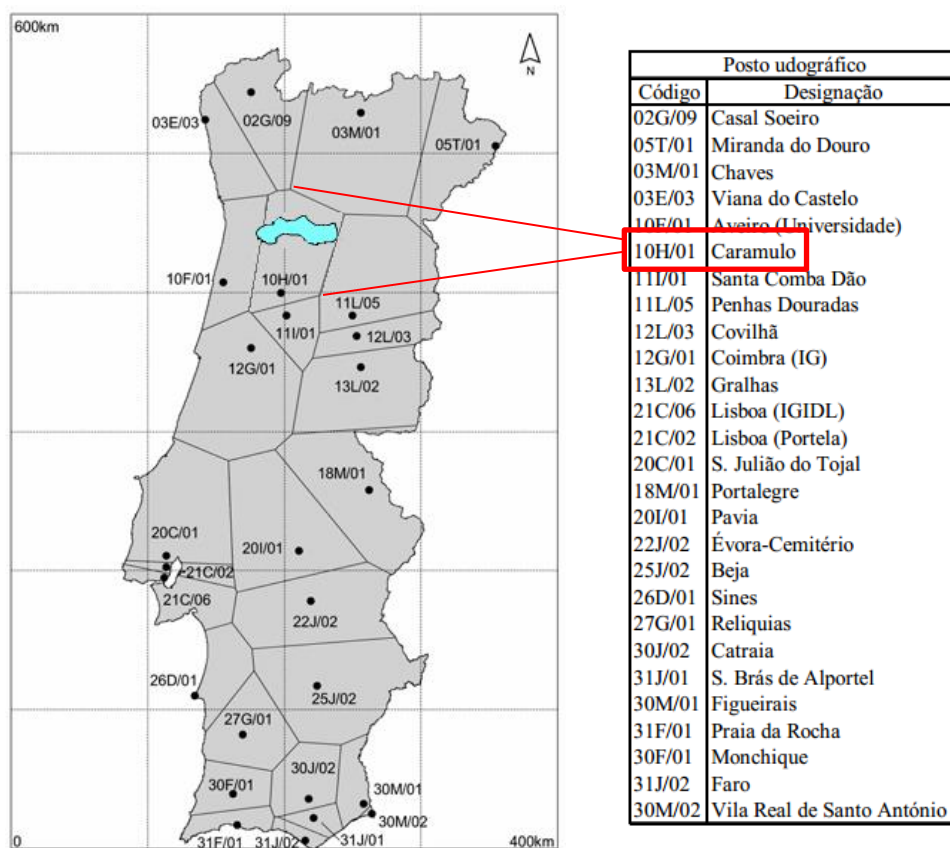


Figura 6.5 - Localização da bacia hidrográfica em Portugal, identificando a respectiva área de influência

Tabela 6.10 - Parâmetros integrantes das curvas IDF, para cada período de retorno. Intensidades de precipitação anuais máximas com duração igual ao tempo de concentração, I_{tc} , e de 24h, I_{24h} e relação entre as mesmas.

	Tempo de retorno, T (anos)				
	2	10	50	100	1000
a (Tabela 6.8)	208,61	253,03	292,72	309,62	365,76
b (Tabela 6.8)	-0,504	-0,492	-0,485	-0,482	-0,477
I_{tc} (mm/h)	8,419	11,022	13,332	14,374	17,530
I_{24h} (mm/h)	5,340	7,067	8,603	9,300	11,394
I_{tc}/I_{24h}	1,577	1,560	1,550	1,546	1,539

No Gráfico 6.8, estão representadas as curvas *IDF*, obtidas através da consulta das tabelas de BRANDÃO *et al.* (2001), com recolha dos parâmetros *a* e *b*, que traduzem o ajustamento entre a precipitação e a intensidade, para cada um dos períodos de retorno considerados.

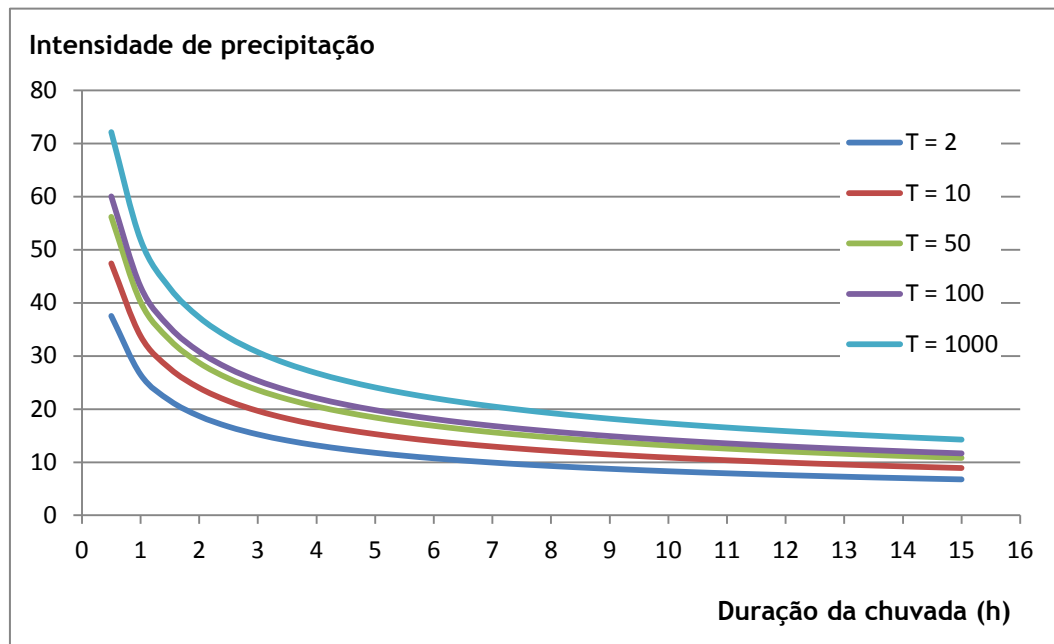


Gráfico 6.8 - Representação gráfica das curvas IDF correspondentes a cada período de retorno

Posteriormente, a relação I_{tc}/I_{24h} , foi aplicada à intensidade de precipitação diária máxima anual ponderada da bacia hidrográfica, para cada período de retorno, com a finalidade de obter a intensidade máxima anual, de duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, I^*_{tc} , que integrará a aplicação da fórmula racional.

Por forma a simplificar o procedimento adoptado, no cálculo da intensidade de precipitação máxima anual, com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, optou-se por se esquematizar os processos, sintetizado na Figura 6.6.

Aplicando o procedimento atrás esquematizado, encontram-se os valores para as intensidades de precipitação máxima anual, apresentadas na Tabela 6.11.

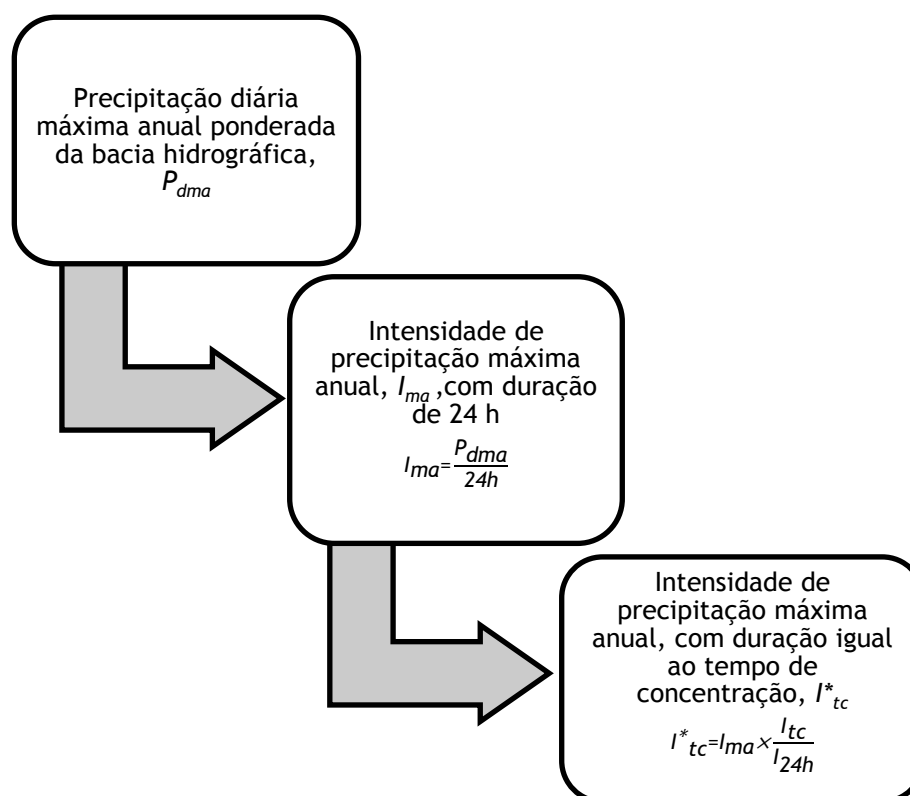


Figura 6.6 - Representação esquemática para obtenção da intensidade da precipitação máxima anual, com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica em estudo, com base na precipitação diária máxima anual ponderada

Tabela 6.11 - Intensidades de precipitação máxima anual com durações iguais ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, para cada período de retorno

Período de Retorno (anos)	Intensidade de precipitação máxima anual, com duração igual ao tempo de concentração da bacia, I_{tc}^* (mm/h)
2	5,337
10	7,537
50	9,455
100	10,258
1000	12,939

6.6.4. Aplicação da fórmula racional - cálculo do coeficiente C

Para a aplicação da fórmula racional, como dito anteriormente, foi recolhida a série de registos de caudais instantâneos máximos anuais, relativos à estação hidrométrica de Fragas da Torre. Para a referida série foram calculados a média, o desvio-padrão e o coeficiente de assimetria, assim como os caudais de ponta de cheia, após aplicação das leis estatísticas de

Gumbel e Pearson III, para os cinco períodos de retorno, definidos (2, 10, 50, 100 e 1000 anos) (ANEXO III).

Anota-se que a lei de Gumbel é aplicada como descrito em 6.6.1, enquanto que para aplicação da lei de Pearson III, apenas se substitui, na expressão (6.1), o fator de probabilidade segundo Gumbel, K_G , pelo fator de probabilidade segundo Pearson III, K_P , dado por (PORTELA, 2011/2012):

$$K_P = \frac{2}{C_a} \left\{ \left[\left(K_N - \frac{C_a}{6} \right) \frac{C_a}{6} + 1 \right]^3 - 1 \right\} \quad (6.3)$$

onde,

C_a Coeficiente de assimetria

K_N Fator de probabilidade segundo a lei Normal, definido como:

$$K_N = \sqrt{\ln T^2} - \frac{2,515517 + 0,802853 \sqrt{\ln T^2} + 0,01032 \left(\sqrt{\ln T^2} \right)^2}{1 + 1,432788 \sqrt{\ln T^2} + 0,189269 \left(\sqrt{\ln T^2} \right)^2 + 0,001308 \left(\sqrt{\ln T^2} \right)^3} \quad (6.4)$$

Os resultados obtidos para os caudais de ponta de cheia, estimados a partir de cada uma das leis estatísticas, assim como os parâmetros intervenientes na aplicação de cada uma delas, relativas à série de registos dos caudais instantâneos máximos anuais, estão representados na Tabela 6.12.

Tabela 6.12 - Análise estatística segundo Gumbel e Pearson III, da série de caudais instantâneos máximos anuais na bacia hidrográfica definida pela estação hidrométrica de Fragas da Torre

Série de caudais instantâneos máximos anuais	Média (m³/s)		462,47
	Desvio padrão (m³/s)		191,86
	Coefici. de assimetria, C_a		0,72
Estimativa do caudal de ponta de cheia em função do tempo de retorno, T	Q de Gumbel (m³/s)	2 anos	430,95
		10 anos	712,76
		50 anos	959,83
		100 anos	1064,28
		1000 anos	1409,41
	Q de Pearson III (m³/s)	2 anos	439,73
		10 anos	717,89
		50 anos	926,50
		100 anos	1008,08
		1000 anos	1260,12

Recordando PEREIRA (1995), a lei estatística de Gumbel é a mais comumente utilizada para situações decorrentes em Portugal Continental, admitindo-se como a que traduz melhor

ajustamento, sendo portanto, os valores dos caudais de ponta de cheia obtidos a partir da sua aplicação, os escolhidos para aplicação da fórmula racional, e desse modo calcular o parâmetro em falta, C .

De acordo com a aplicação da fórmula racional, relacionando os valores do caudal de ponta de cheia, sintetizados na Tabela 6.12, o valor da área da bacia hidrográfica ($646,69 \text{ km}^2$) e os valores da intensidade de precipitação máxima anual, com duração igual ao período de retorno da bacia hidrográfica, representados na Tabela 6.11, determinam-se os valores para o coeficiente C , resumidos na Tabela 6.13.

Tabela 6.13 - Valores do coeficiente C obtidos por aplicação da fórmula racional, baseados na precipitação diária máxima anual que se faz sentir na bacia hidrográfica definida pela estação hidrométrica de Fragas da Torre,

Período de retorno, T	Valores do coeficiente C
2	0,449
10	0,526
50	0,565
100	0,578
1000	0,606

6.6.5. Comparação entre valores obtidos para o parâmetro C

Além dos valores de C , calculados como anteriormente apresentado, existem outros métodos, apresentados por diversos autores, propostos para a sua formulação. Neste contexto, seguem-se algumas aplicações dos métodos de cálculo do coeficiente C , previamente apresentados e descritos no subcapítulo 5.2.

A fórmula proposta por Gregory, (expressão 5.5), é apenas dependente de t_c . Como não varia com o período de retorno que se considera, obtém-se para o coeficiente C , um valor constante de 1,462. Segundo as conclusões de PORTELA & HORA (2002), a fórmula de Gregory conduz a valores do coeficiente de C superiores a 1, para bacias hidrográficas com tempos de concentração sensivelmente superiores a 3,1 horas.

Relativamente à formulação proposta por Homer (expressão 5.7), o coeficiente C da fórmula racional é função do tempo de concentração da bacia e da percentagem de área impermeável, w . Não dependendo do período de retorno adaptado, torna-se essencial definir a percentagem de área impermeável da bacia. Como na bacia hidrográfica em estudo não existe qualquer indicação ou registo de qual o valor dessa percentagem, foi adaptado um intervalo admissível de valores, indicados por PORTELA & HORA (2002), em que w varia de 0 a 30 %. O limite superior é assim definido, pois a partir deste, todos os valores de C que lhe

correspondem são superiores à unidade. Os resultados obtidos para o coeficiente C , estão representados no Gráfico 6.9, em função do parâmetro w .

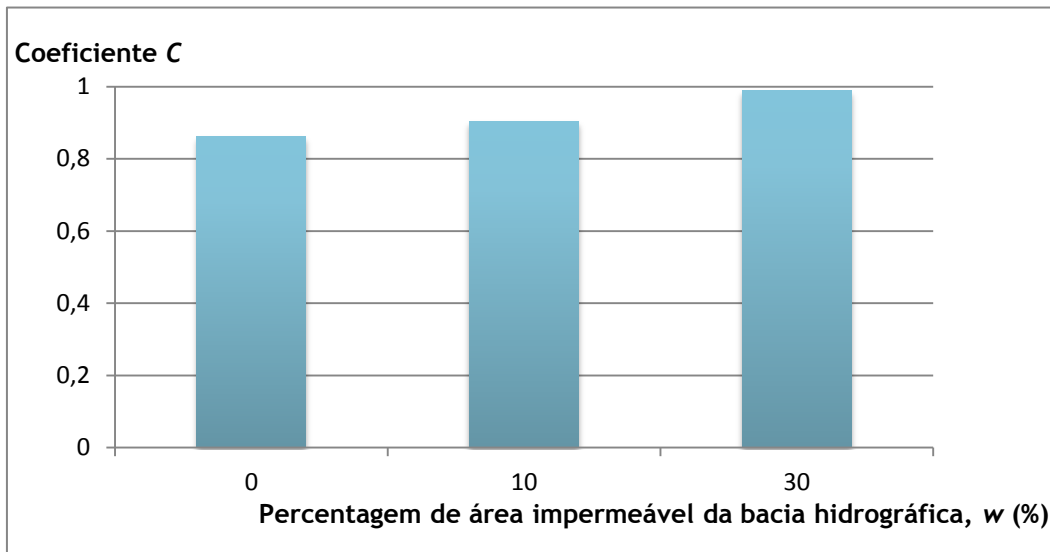


Gráfico 6.9 - Coeficiente da fórmula racional, C , admitindo uma dada percentagem de área impermeável para a bacia hidrográfica.

Pela análise do Gráfico anterior, verifica-se que os valores de C obtidos pela aplicação fórmula de Homer (expressão 5.7) são relativamente altos. Como são constantes, independentemente do período de retorno de que falamos, podem comprar-se com o valor proposto por QUINTELA (1984), de 0,8, para períodos de retorno de 100 anos.

Atendendo à relação proposta por Bernard (expressão 5.6), avaliou-se a influência do período de retorno, T , no valor do coeficiente C da fórmula racional. Seguindo a metodologia de PORTELA & HORA (2002), representaram-se os coeficientes entre o coeficiente C para o período de retorno T , variável, e o coeficiente C para T igual a 100 anos, $C/C_{T=100}$, em função de $T/100$, para cada um dos períodos de retorno avaliados.

Os resultados obtidos são representados no Gráfico 6.10.

Como complemento ao Gráfico 6.10, representa-se ainda, a relação entre o coeficiente C obtido a partir da aplicação da fórmula racional com base na precipitação diária máxima anual na bacia hidrográfica, e o período de retorno, T (ver Gráfico 6.11).

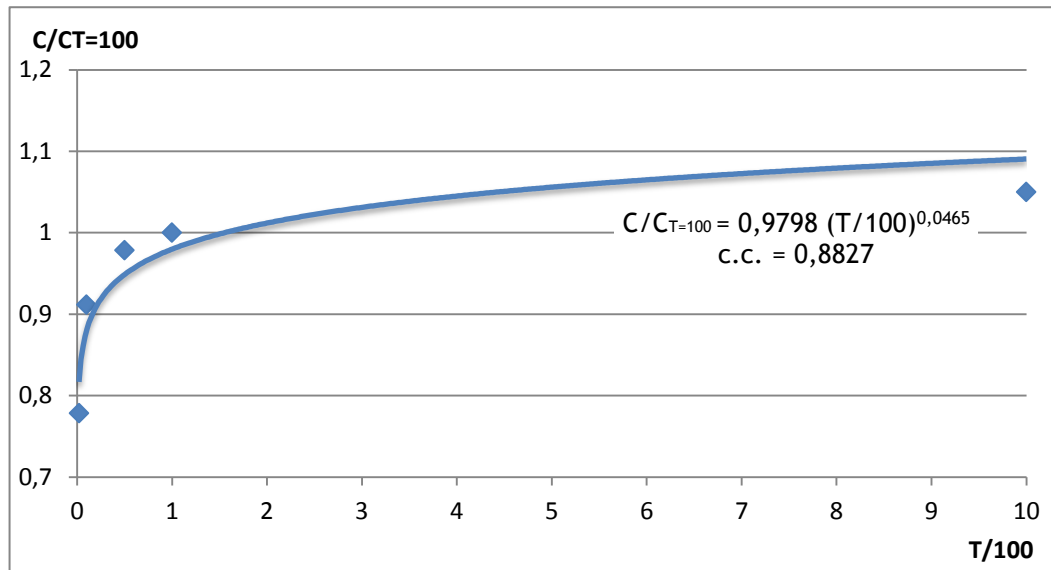


Gráfico 6.10 - Coeficiente C da fórmula racional obtido a partir da representação da expressão (5.6), proposta por Bernard

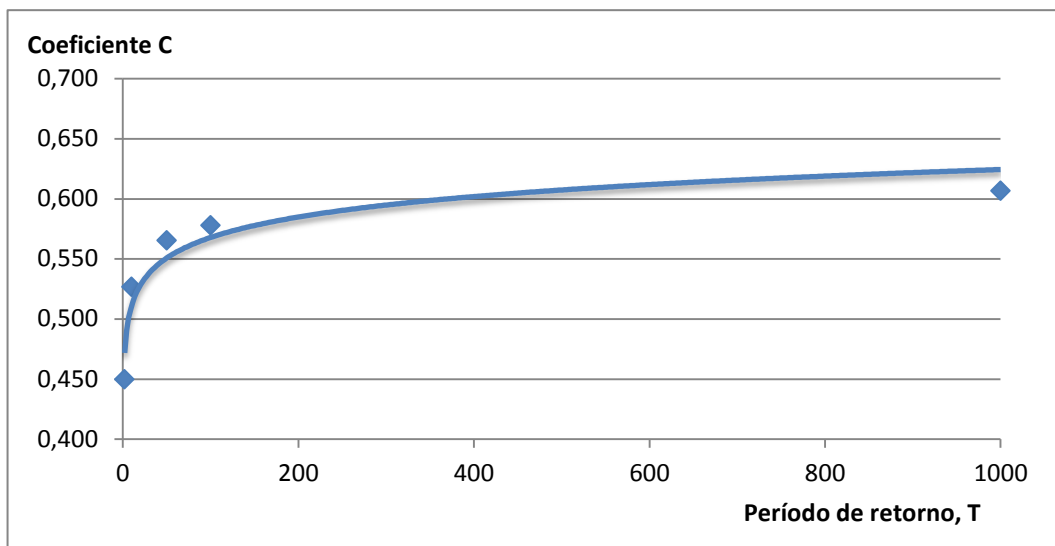


Gráfico 6.11 - Coeficiente C da fórmula racional, com base na precipitação diária máxima anual na bacia hidrográfica de Fragas da Torre, para cada período de retorno admitido

O Gráfico 6.11 representa o quociente entre os caudais de ponta de cheia e as intensidades de precipitação diária máxima anual, na bacia hidrográfica, com duração igual ao tempo de concentração, em função do período de retorno. Como no método anteriormente apresentado (ver Gráfico 6.10), os valores de C aumentam com o aumento do período de retorno. Essa constatação deriva das variáveis intervenientes no cálculo do parâmetro C terem sido obtidas em função do período de retorno, através da aplicação de leis estatísticas que por sua vez dependem do mesmo (PORTELA & HORA, 2002).

Em termos de comparação entre as propostas, apresentadas pelos diversos autores, para obtenção do parâmetro C , analisadas neste subcapítulo, e o método aplicado em 6.6.4, que determina C a partir das precipitações diárias máximas anuais na bacia hidrográfica pode afirmar-se que:

- Relativamente aos valores inicialmente previstos, apresentados na Tabela 5.1 e na Tabela 5.2, os valores obtidos para o coeficiente C , são superiores;
- Quando comparados com o valor proposto por QUINTELA (1984), de 0,8, frequentemente adoptado na análise de cheias em Portugal Continental, os resultados da aplicação da fórmula racional, para o coeficiente C , são inferiores;
- O mesmo se passa quando a comparação é feita com os resultados obtidos para a formulação de Homer. Os valores de C , são bastante inferiores aos resultantes da aplicação desta proposta, que por sua vez já conduz a valores superiores ao proposto por QUINTELA, 1984, que se julga já como um que “inclui” fator de segurança;
- A proposta de Gregory não deve ter-se em consideração, pois conduz a valores de C superiores à unidade, devido ao tempo de concentração da bacia “exceder” o limite imposto por esta metodologia;
- Analisando o Gráfico 6.10, resultante da aplicação da fórmula de Bernard, conclui-se que os valores de C crescem com o aumento do período de retorno, de acordo com a expectativa inicial descrita no subcapítulo 5.2.

Para uma interpretação mais clara do apresentado anteriormente, e fixando o período de retorno nos 100 anos, procede-se a uma representação gráfica dos vários valores obtidos para C . O valor indicado no Gráfico 6.12 para a proposta dada por Homer, é relativo a uma bacia considerada completamente permeável. Uma vez que o valor do coeficiente C da fórmula racional, obtido a partir dessa formulação não depende do período de retorno, e o tempo de concentração da bacia hidrográfica é uma variável contínua, admite-se que a bacia permeável seria a situação mais favorável, obtendo um coeficiente de C menor.

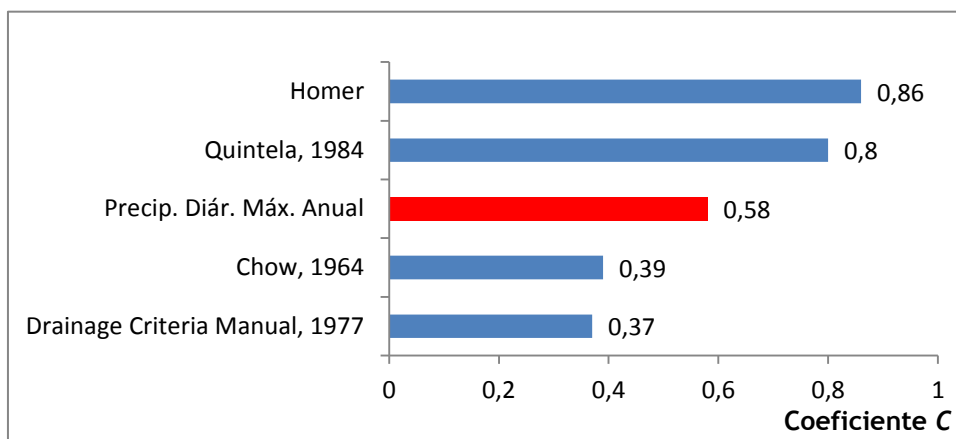


Gráfico 6.12 - Representação esquemática dos valores de C , para $T=100$ anos, de acordo com os vários autores e a modelação adoptada no estudo.

7. Conclusões e propostas futuras

O presente capítulo engloba uma súmula de resultados e conclusões, no que concerne à simulação de escoamentos, aplicando o balanço hídrico sequencial, com base na evapotranspiração de Thornthwaite, à transposição de informação hidrométrica para secções da rede hidrográfica não monitorizadas e à análise de caudais de ponta de cheia, segundo a aplicação da fórmula racional.

A primeira conclusão que se pode retirar, tendo por base as medidas de erro ou ajustamento, apresentadas na Tabela 6.3, incluída no subcapítulo 6.4, é que, a nível mensal, o modelo do balanço hídrico sequencial, baseado na evapotranspiração de Thornthwaite, permite obter escoamentos simulados, a partir de séries de registos de precipitações, perfeitamente adequados.

Reforçando as conclusões de PORTELA & SANTOS (2006), verifica-se que o cálculo da evapotranspiração potencial, baseada no método de Thornthwaite, apresenta vantagens significativas, pois somente faz intervir temperaturas médias do ar, com registos facilmente acessíveis, tornando possível a estimação de escoamentos mensais, preenchendo falhas e prolongando séries de registos. Estes fatores contribuem para o especial interesse na aplicação deste modelo, com ênfase na investigação e na prática profissional de dimensionamento de infraestruturas hidráulicas.

Relativamente à regionalização de informação hidrométrica para secções da rede hidrográfica não monitorizadas, nomeadamente a transposição de escoamentos mensais e de caudais médios diários, conclui-se que o escoamento anual médio, expresso em altura de escoamento na bacia hidrográfica, pode ser utilizado como um parâmetro de regionalização, por ser uma medida perfeitamente capaz de representar a variação temporal de escoamentos mensais e caudais médios diários, corroborando as conclusões de PORTELA & QUINTELA (2006). Desta forma, assegura-se a adequabilidade dos procedimentos descritos e aplicados neste estudo.

Estas conclusões são baseadas nos resultados obtidos para o coeficiente de correlação, determinado a partir de cada uma das transposições efectuadas, a nível mensal e diário, para a estação de Fragas da Torre, expostos no subcapítulo 6.5.

Os coeficientes de correlação obtidos evidenciam o bom ajustamento entre a série histórica de escoamentos mensais e a série de escoamentos estimados, independentemente da área da bacia para a qual se transpõe informação, ou da bacia a partir do qual se efetua a transposição. Demonstra-se também que, além de garantir uma transposição de informação bastante eficiente, a nível de escoamentos mensais, o procedimento adotado garante a

adequada estimação de caudais médios diários, como demonstrado em PULIDO-CALVO & PORTELA (2007).

A fórmula racional, para análise do caudal de ponta de cheia, tem sido usualmente utilizada para situações correntes em Portugal Continental. Neste trabalho, a fórmula foi utilizada para calibrar valores do coeficiente C , de modo a obter os caudais de ponta de cheia estimados a partir dos caudais instantâneos máximos anuais, para cada período de retorno (5, 10, 50, 100 e 1000 anos).

Após aplicação das propostas apresentadas pelos vários autores, e dos resultados obtidos no tratamento estatístico aplicado às precipitações diárias máximas anuais e aos caudais instantâneos máximos anuais, conclui-se que se está perante caudais de ponta de cheia subestimados. Este facto resulta dos baixos coeficientes de escoamentos obtidos pela aplicação da fórmula racional, quando comparados com o valor de 0,8 proposto por QUINTELA (1984), comumente aplicado como critério de projeto em Portugal Continental.

Salienta-se que, fixando o período de retorno em 100 anos, apenas um valor obtido para o coeficiente da fórmula racional, ultrapassa esta proposta (ver Gráfico 6.12). Contudo, o próprio autor (QUINTELA, 1984) reconhece que, o coeficiente C com valor de 0,8 conduz a estimativas de caudais de ponta de cheia «suficientemente seguras», surgindo a indicação de que valores superiores a este, conduzem a sobrestimativas daqueles caudais.

Deste modo, conclui-se que, se efetivamente se considerar a estimação de caudais de ponta de cheia, para zonas não monitorizadas, ou seja, não dispondo de registos hidrométricos, utilizar-se-ia o coeficiente de 0,8, proposto por QUINTELA (1984), por se considerar ser o que inclui o maior fator de segurança, conduzindo a resultados mais fiáveis, em fases preliminares de projeto.

Em sùmula, entende-se que, na avaliação de disponibilidades hídricas anuais, mensais e diárias, e na estimação de escoamentos mensais e caudais de ponta de cheia em zonas não monitorizadas, a inexistência de informação hidrométrica não é um fator impeditivo para simulação de tais disponibilidades. Como demonstrado neste documento, existem métodos propostos de transposição de informação hidrométrica, que se revelam bastante eficientes.

Para a aplicação de tais métodos, é necessário conhecer-se a altura de escoamento anual médio, tanto na bacia hidrográfica onde se pretendem estimar as variáveis hidrológicas, como naquela a partir de onde se processa a regionalização. A altura de escoamento anual médio, na secção da rede hidrográfica não monitorizada pode, por exemplo, ser obtida a partir da consulta de cartas de isolinhas do escoamento anual médio, com a localização prévia da bacia hidrográfica relativa àquela secção, ou em alternativa, recorrer-se à equação de regressão

entre valores anuais do escoamento e da precipitação, expressos em altura de água, que tenha sido previamente determinada, para uma bacia com características fisiográficas e climáticas semelhantes àquela que se pretende analisar.

Deste modo, o estudo e avaliação de disponibilidades hídricas, com a finalidade de usufruir dos recursos hidrológicos existentes, para investigação ou para o dimensionamento de infraestruturas hidráulicas, é facilmente alcançável, ultrapassando as barreiras propostas pela privação de registos de informação hidrométrica.

Contudo, as conclusões apresentadas decorrem apenas de um caso de estudo, o que, de algum modo, limita a sua abrangência. Assim, julga-se que a validação de tais conclusões passa pela sua generalização mediante o estudo de outros casos de estudo. Especificamente no que respeita à estimação de escoamentos mensais, haveria ainda que as tornar mais consistentes mediante o recurso a outros modelos com aquele mesmo objectivo, designadamente, mais completos no seu formalismo do que o balanço hídrico sequencial mensal, com ênfase para o modelo de Temez. Por fim, haveria que pensar num procedimento que, de algum modo, permitisse quantificar o desempenho relativo desses modelos quando comparados com a transposição de informação hidrométrica. A necessidade de generalização de resultados e conclusões baseada na diversificação de casos de estudo e de modelos aplica-se obviamente à análise de cheias, abrindo, assim, perspectivas de continuação da investigação.

Bibliografia

BICHANÇA, M. F. (2006). *Bacias de retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias e secas*. Dissertação de mestrado - Universidade do Porto, FEUP, Faculdade de Engenharia.

BRANDÃO, C., RODRIGUES, R., & PINTO DA COSTA, J. (2001). *Análise de fenómenos extremos: precipitações intensas em Portugal continental*. Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos.

CARMO VAZ, J. A. (2010). *Modelos de transformação da precipitação em escoamento à escala mensal: aplicação a três casos de estudo em moçambique*. Dissertação de mestrado - Instituto Superior Técnico, Engenharia Civil, Lisboa.

CHOW, V. T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company.

CUNHA, C. M. (2013). *Anteprojecto de uma barragem em Montes de Beliche*. Dissertação de mestrado - Instituto Superior Técnico, Engenharia Civil .

HIPÓLITO, J. N. (1987). *Hidrograma unitário* . Hidrologia e Hidráulica de Pequenas Barragens, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.

HIPÓLITO, J. R., & VAZ, Á. C. (2011). *Hidrologia e Recursos Hídricos*. IST Press.

LENCASTRE, A., & FRANCO, F. M. (2010). *Lições de Hidrologia*. Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, 3ª Edição revista - 2ª Reimpressão.

LI, M., SHAO, Q., ZHANG, L., & CHIEW, F. H. (2010). *A new regionalization approach and its application to predict flow duration curve in ungaged basins*. Journal of Hydrology, n. 389, p. 137-145.

MATA-LIMA, H., VARGAS, H., CARVALHO, J., GONÇALVES, M., CAETANO, H., MARQUES, A., et al. (2007). *Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um caso de estudo*. REM - Revista Escola de Minas, Ouro Preto, 60(3): 525-536.

MATOS, J. S. (2006). *Ambiente e Saneamento: Sistemas de Drenagem Urbana*. Instituto Superior Técnico PRESS, Lisboa.

NAGHETTINI, M., & PORTELA, M. M. (2011). *Probabilidade e Estatística Aplicadas à Hidrologia*. Instituto Superior Técnico, DECivil, Lisboa.

NEVES, A. N. (2012). *Detecção de tendências no padrão temporal de variáveis hidrológicas: aplicação à precipitação a diferentes escalas temporais*. Dissertação de mestrado - Universidade da Beira Interior, Engenharia Civil, Covilhã.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., & MCMAHON, T. A. (2007). *Update world map of the Köppen-Geiger climate classification*. Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 1633-1644.

PEREIRA, C. B. (1995). *Análise de precipitações intensas*. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos. Universidade Técnica de Lisboa, IST. Lisboa.

PONCE, V. M. (1989). *Engineering Hydrology. Principles and practices*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.

PORTELA, M. M. (2006). *Estimação de precipitações intensas em bacias hidrográficas de Portugal continental*. Recursos Hídricos, Vol 27(1), p. 15-32, APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Porto.

PORTELA, M. M. (2011/2012). Apontamentos de apoio às aulas de Hidrologia e Recursos Hídricos. Universidade da Beira Interior (UBI), Covilhã.

PORTELA, M. M., & HORA, G. R. (2002). *Aplicação da fórmula Racional à análise de cheias em Portugal continental: valores do coeficiente C*. 6º Congresso da Água, APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Porto.

PORTELA, M. M., & QUINTELA, A. C. (2000). *A altura do escoamento anual médio numa bacia hidrográfica como parâmetro de regionalização de informação hidrométrica*. 1º Congresso sobre Aproveitamentos e Gestão de Recursos Hídricos em Países de Idioma Português, Rio de Janeiro, Brasil, p. 218-227.

PORTELA, M. M., & QUINTELA, A. C. (2002b). *Evaluation of the water resources in Portuguese watersheds without streamflow data*. International Conference of Basins Organizations, Madrid, Spain.

PORTELA, M. M., & QUINTELA, A. C. (2005b). *Estimação de séries de caudais médios diários na ausência de informação hidrométrica*. VII Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa (7º SILUSBA), APRH, Associação dos Recursos Hídricos, Portugal.

PORTELA, M. M., & QUINTELA, A. C. (2006). *Estimação em Portugal continental de escoamentos e de capacidades úteis de albufeiras de regularização na ausência de informação hidrométrica local*. Recursos Hídricos, 27 (2), p. 7-18.

- PORTELA, M. M., & SANTOS, J. F. (2006). *Estimação de escoamentos superficiais mensais em Portugal continental baseada na evapotranspiração potencial de Thornthwaite*. Revista Recursos Hídricos, Vol. 27. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.
- PORTELA, M. M., & SANTOS, J. F. (2006). *Evapotranspirações potenciais de Thornthwaite e de Penman-Monteith e estimação de escoamentos mensais*. Guayana, Argentina: XXII Congresso Latino Americano de Hidráulica.
- PULIDO-CALVO, I., & PORTELA, M. M. (2007). *Application of neural approaches to one-step daily flow forecasting in Portuguese watersheds*. Journal of Hydrology, Volume 332, Issues 1-2, 1 January 2007, p. 1-15.
- QUINTELA, A. C. (1984). *Hidrologia de águas superficiais in. Curso Internacional de Hidrologia Operativa. Manual, Vol. II*. Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, Lisboa.
- QUINTELA, A. C. (1996). *Hidrologia e Recursos Hídricos*. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- QUINTELA, A. C., & PORTELA, M. M. (2002). A modelação hidrológica em Portugal nos últimos 25 anos do século XX, nas prespectivas determinística, probabilística e estocástica. *Recursos Hídricos - APRH, Vol.23 N°2*, pp. 7-22.
- SANTOS, J. F. (2007). *Alterações em séries de variáveis hidro-climatológicas: seus efeitos nos volumes de água a fornecer para rega e na fiabilidade do fornecimento desses volumes a partir de albufeiras*. Dissertação de mestrado - Instituto Superior Técnico, Engenharia civil - Hidráulica e Recursos Hídricos, Lisboa.
- THORNTHWAIT, C. W. (1948). *An Approach Toward a Rational Classification of Climate*. Geographical Review, n.38.
- THORNTHWAIT, C. W., & MATHER, J. R. (1955). *The Water Balance*. Drexel Institute f Technology, Laboratory of Climatology. Publications in Climatology, Vol. VIII.
- VESTANA, L. R., WEBER, J. F., STEHLI, P. T., & JORQUERA, E. (2013). *Uso dos modelos hidrológicos TopModel e Trex para simulação do processo chuva-vazão da bacia do rio Caeté, região serrana do estado de Santa Catarina, Brasil*. Asociación Argentina de Mecânica Computacional, Mendoza, Argentina.
- VIESSEMAN, W., LEWIS, G. L., & KNAPP, J. W. (1989). *Introdution to Hydrology*. 3ª Edição, p.512-513.

Anexos

**Anexo I - Dados para aplicação do balanço hídrico sequencial
baseado na evapotranspiração de Thornthwaite**

Tabela A.1.1 - Escoamentos mensais na estação hidrométrica de FRAGAS DA TORRE (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Escoamento Mensal (dam³) em FRAGAS DA TORRE (08H/02H)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	6800	30700	210400	55800	41000	84500	55900	102800	62500	11400	4500	5800
1946/47	12950	37000	93670	84070	330120	261690	129220	42750	14870	4670	2590	2910
1947/48	4280	8000	51390	279630	69500	37500	32500	31270	17250	3960	3550	2300
1948/49	6560	7310	61970	61110	17580	12420	8840	7670	3730	1750	460	3710
1949/50	5580	35230	31700	20960	116140	59490	23120	41380	29740	10630	2870	2430
1950/51	4110	35790	43310	105450	229820	274010	41910	54870	34740	12010	4240	4690
1951/52	8360	138160	39770	36420	33640	71740	79490	91660	26750	11650	6480	5330
1952/53	9350	59060	102910	50460	22030	14190	15480	15970	6800	2960	860	3870
1953/54	13080	26340	37570	19990	47900	130750	38020	43960	13550	3100	1980	1460
1954/55	6240	49770	58650	287080	163840	82340	31920	17470	12960	3230	1670	1990
1955/56	2840	76940	171020	134300	42410	195120	107790	66190	34530	12390	9310	15960
1956/57	17740	10770	18800	29560	131060	64790	33720	30490	15390	4930	1990	2300
1957/58	2890	18900	30990	85280	105920	137710	124980	24520	25220	16320	4480	5050
1958/59	14370	5210	139010	120870	43290	111740	99340	50290	21270	5060	2160	7850
1959/60	26780	129600	330370	150530	261460	250630	98720	44480	20150	5940	4550	7740
1960/61	162180	277730	152020	143240	58410	25570	58120	36950	24140	12530	3300	2770
1961/62	18600	49370	211270	216220	32380	166260	88590	24300	9860	3800	1590	1920
1962/63	4210	11100	12340	157340	217340	188330	122120	31510	37130	9020	3370	3870
1963/64	5470	335340	187260	42360	188180	234640	66340	24540	28700	10910	4260	3730
1964/65	12410	6550	8320	64640	48430	136130	32340	17000	7960	3030	1380	14280
1965/66	36280	191240	181070	299510	469360	76910	179550	36220	19470	5710	2840	2590
1966/67	104330	63440	50330	70220	96300	83360	28890	46970	16360	5230	2990	3270
1967/68	5130	26770	12590	10280	163440	51340	76130	88680	17110	5590	3270	7480
1968/69	9400	100850	152170	176060	152220	260250	62120	104280	39960	11890	4140	7930
1969/70	8590	35230	29510	356360	86970	29570	16890	56220	20180	7180	3420	2860
1970/71	2810	20590	19540	138250	51090	63030	61410	59510	75430	27430	12420	5200
1971/72	6420	4720	6320	61240	233200	97350	31100	19900	11810	5510	2120	3040
1972/73	13010	40310	89660	165280	41030	25300	16940	101020	26350	10380	3420	3720
1973/74	19580	18740	30490	237300	185500	43920	26230	35370	76380	30200	6660	5400
1974/75	4650	48050	21990	64240	81910	126600	29230	19640	10420	3570	1820	4630
1975/76	10710	16740	22880	17420	35180	26770	18120	10520	4060	3660	2860	5610
1976/77	88110	118340	140650	235680	338670	97920	66580	25450	21990	9980	6100	3600
1977/78	21640	25240	205900	94950	297500	170290	64480	82130	26130	9300	3600	2810
1978/79	3330	4500	331730	165250	437630	170120	140800	39840	22090	9220	3340	2730
1979/80	53140	41270	61160	83520	71060	70100	43820	34940	17400	6900	3480	2890
1980/81	5940	27200	20870	12980	15740	39140	56130	62630	20590	5970	2540	4660
1981/82	31410	9210	227670	135510	44920	32650	22370	18870	12810	5130	2560	4490
1982/83	15320	53990	96600	32520	67210	37850	126820	163330	35850	12930	6940	4430
1983/84	4920	29710	129110	89270	55190	64290	85880	54780	45880	13820	5900	4340
1984/85	32250	166200	115510	141640	218300	78610	103270	34270	31620	9350	4610	2950

Tabela A.1.2 - Precipitações mensais na estação de ARIZ (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em ARIZ (08L/04U)

Peso - 0,1031

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	115,6	132,2	441,6	42,2	40,2	227,2	145,0	183,0	77,0	0,0	12,2	50,0
1946/47	127,4	146,8	116,6	114,4	543,6	354,0	93,6	86,2	19,4	0,0	1,0	58,0
1947/48	91,2	69,2	220,8	609,8	37,6	105,2	49,6	165,0	7,0	0,0	42,2	1,0
1948/49	87,2	46,8	281,4	74,8	28,6	25,8	57,4	47,0	51,2	39,6	0,0	110,9
1949/50	64,6	170,0	50,4	28,0	271,8	110,2	10,4	180,0	57,2	27,0	1,0	10,5
1950/51	26,8	185,2	96,4	189,4	436,2	346,2	63,2	157,6	57,4	56,2	5,2	12,2
1951/52	116,8	408,2	90,6	76,0	25,8	207,0	93,8	208,6	106,8	20,0	16,4	72,6
1952/53	75,0	270,6	226,8	46,6	42,0	37,4	100,5	73,0	54,4	3,0	1,0	58,2
1953/54	166,2	120,8	87,6	84,6	76,0	229,0	75,0	66,0	62,2	0,0	19,8	3,0
1954/55	86,0	245,0	101,6	529,8	240,0	121,0	28,0	66,4	89,0	2,0	14,6	9,0
1955/56	37,8	271,0	417,4	208,0	64,0	385,4	190,0	138,8	2,6	26,6	86,4	87,8
1956/57	78,4	35,2	122,4	47,0	284,4	159,4	15,6	102,6	56,3	25,0	18,0	45,4
1957/58	17,4	112,0	138,4	203,4	161,0	269,8	142,0	66,4	138,8	22,0	26,0	30,6
1958/59	92,8	1,2	392,8	198,0	32,8	264,3	162,2	88,0	37,6	1,0	18,2	161,3
1959/60	145,2	300,8	472,7	171,8	314,4	355,0	64,4	113,1	21,8	4,0	40,4	115,2
1960/61	496,0	397,4	172,0	124,3	45,4	21,6	214,4	103,4	81,8	49,6	6,5	32,8
1961/62	141,2	134,0	370,0	275,0	24,4	350,2	78,4	24,8	73,2	8,8	0,0	17,0
1962/63	28,6	115,4	88,3	354,2	346,8	204,1	173,4	37,0	100,4	20,4	0,0	59,4
1963/64	53,0	770,1	199,6	14,6	359,3	220,1	33,0	16,0	94,4	38,0	5,0	25,4
1964/65	105,0	4,0	60,2	239,4	63,5	269,6	1,8	18,2	20,0	0,0	3,2	159,8
1965/66	153,2	413,4	303,4	381,6	608,2	3,0	380,5	21,4	95,0	6,0	19,9	33,0
1966/67	339,9	114,3	47,8	126,6	169,1	95,2	69,1	119,7	5,5	0,0	14,2	35,8
1967/68	64,0	174,7	13,5	4,7	371,1	64,9	182,7	125,7	14,0	0,0	56,0	65,6
1968/69	62,0	281,2	237,2	281,5	248,5	323,5	74,5	174,5	40,5	3,0	0,0	83,5
1969/70	55,0	157,0	106,5	501,4	56,0	26,5	13,0	181,0	58,5	4,0	29,0	9,0
1970/71	7,5	213,0	40,5	305,5	19,0	131,5	191,0	115,0	119,5	79,2	31,0	2,0
1971/72	16,0	24,0	40,5	188,0	322,0	134,2	18,0	53,5	22,0	26,5	2,0	99,0
1972/73	162,0	102,8	202,5	218,5	25,0	23,0	55,5	241,5	40,0	42,5	3,0	31,0
1973/74	156,0	76,5	115,0	389,5	214,5	39,5	59,0	116,5	270,0	2,0	0,0	26,5
1974/75	8,0	259,0	30,5	129,5	140,0	182,5	32,5	64,0	16,0	0,0	16,0	128,0
1975/76	57,5	90,5	53,0	125,5	48,5	45,5	72,1	9,5	35,0	43,5	77,0	111,0
1976/77	219,5	139,0	221,5	390,5	400,5	90,5	72,0	43,5	72,0	2,5	23,0	14,5
1977/78	163,5	86,0	315,5	176,5	464,0	159,5	142,5	116,0	44,0	0,0	0,0	7,5
1978/79	37,0	39,0	737,5	612,0	497,0	278,0	128,0	67,0	3,0	1,0	0,0	7,0
1979/80	233,0	51,0	147,0	127,0	71,0	124,0	47,0	59,0	22,0	0,0	2,0	14,0
1980/81	61,0	150,0	24,0	0,0	80,0	114,0	102,0	115,0	41,0	7,0	9,0	58,0
1981/82	146,0	0,0	405,0	65,0	64,0	0,0	44,0	61,0	19,0	4,0	11,0	85,0
1982/83	77,0	167,0	126,0	17,0	150,0	3,0	274,0	127,0	25,0	14,0	27,0	3,0
1983/84	30,0	113,5	274,5	87,0	14,0	123,5	108,0	88,0	63,5	3,0	22,0	27,0
1984/85	166,0	294,5	70,5	141,0	239,5	54,0	173,0	65,5	31,0	5,0	0,0	0,0

Tabela A.1.3 - Precipitações mensais na estação de AROUCA (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em AROUCA (08H/01UG)

Peso - 0,0506

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	144,9	172,9	408,1	69,5	43,6	202,7	157,6	198,5	72,4	0,2	10,7	67,8
1946/47	127,4	180,6	166,8	155,5	487,2	377,4	91,5	70,1	36,7	0,0	27,2	32,2
1947/48	65,1	97,3	208,5	463,7	79,6	87,3	79,8	74,5	2,2	0,0	50,9	8,8
1948/49	84,4	23,2	275,8	109,8	36,8	38,0	42,6	20,5	15,4	5,8	20,2	201,5
1949/50	49,5	211,7	98,7	42,4	226,2	103,9	48,4	150,0	120,7	11,6	9,6	21,1
1950/51	26,5	215,7	154,2	238,3	287,8	230,7	72,8	148,6	64,5	15,3	33,6	32,0
1951/52	79,4	235,4	68,8	68,6	40,7	220,4	88,7	127,4	47,4	10,0	26,1	57,4
1952/53	89,6	197,1	216,1	17,0	31,0	28,0	115,8	58,6	11,4	6,0	15,3	64,9
1953/54	143,4	143,0	103,2	99,0	146,0	296,1	88,0	73,4	46,4	2,8	29,4	4,4
1954/55	90,2	201,1	110,0	578,8	247,9	121,9	44,1	63,2	73,0	15,0	0,8	10,6
1955/56	30,0	271,0	401,5	245,1	62,0	372,6	199,5	185,8	8,7	27,7	96,4	110,5
1956/57	91,8	33,5	127,2	44,2	300,2	164,6	31,0	110,6	64,1	4,2	16,3	28,2
1957/58	9,4	133,9	140,4	213,3	182,3	274,8	122,8	93,3	109,5	22,1	50,0	49,6
1958/59	124,8	6,8	379,0	210,1	34,0	279,1	177,4	115,4	37,6	19,4	16,2	95,4
1959/60	168,0	326,9	525,4	194,4	359,2	336,0	99,1	158,1	45,2	19,0	41,3	109,5
1960/61	418,2	389,4	301,4	202,8	72,3	22,2	202,1	126,8	35,3	47,0	7,4	39,1
1961/62	156,2	173,4	328,9	166,1	59,7	330,9	103,0	21,8	46,3	0,0	2,2	39,3
1962/63	59,9	128,0	94,6	291,6	420,6	231,0	152,7	64,8	95,7	0,0	6,0	40,7
1963/64	62,9	538,1	233,8	30,3	312,4	329,9	63,5	18,0	88,1	14,4	25,5	60,2
1964/65	148,0	25,3	68,0	290,4	74,4	227,6	30,6	54,2	34,0	7,2	10,0	239,7
1965/66	157,6	491,5	315,0	430,5	680,5	2,3	359,6	49,8	122,6	5,0	18,6	38,5
1966/67	391,4	132,5	90,5	138,3	158,7	147,1	53,6	165,3	32,8	0,0	30,5	64,9
1967/68	72,0	165,3	36,7	38,3	383,7	75,1	192,4	135,4	6,6	0,0	23,3	126,7
1968/69	98,3	342,7	348,8	332,8	297,3	383,7	113,5	277,1	80,7	0,0	0,5	111,1
1969/70	84,5	224,0	165,2	478,0	109,7	34,0	22,8	234,3	79,6	0,0	10,9	20,0
1970/71	12,4	250,3	49,7	339,4	66,5	164,9	121,3	161,3	172,5	58,6	42,1	6,5
1971/72	36,3	53,4	45,9	273,3	468,7	174,6	46,0	71,9	52,9	30,5	0,0	56,6
1972/73	176,7	183,7	198,1	258,9	88,0	78,8	43,5	259,4	28,5	33,6	0,0	63,8
1973/74	179,4	35,3	123,6	358,3	176,1	89,2	66,1	122,2	283,3	0,0	0,0	46,2
1974/75	44,3	269,3	28,2	221,2	163,7	208,8	44,4	44,5	4,2	0,0	0,0	117,6
1975/76	83,0	120,9	29,5	117,8	70,4	107,0	73,5	0,0	16,0	14,5	152,8	98,9
1976/77	353,6	221,4	300,3	477,9	455,9	120,0	76,0	78,4	106,1	21,8	73,3	31,7
1977/78	189,8	121,0	337,2	230,1	498,9	191,0	115,8	93,0	65,1	0,0	0,0	24,5
1978/79	45,5	53,0	750,5	234,6	576,1	282,0	194,0	91,2	5,0	17,5	1,0	12,0
1979/80	309,0	110,9	169,3	141,0	85,0	179,2	93,5	78,3	66,5	3,0	20,0	27,5
1980/81	80,0	105,4	111,0	7,0	96,0	162,1	80,3	191,1	11,0	0,0	3,0	118,5
1981/82	116,5	0,0	733,5	96,5	148,5	6,0	56,0	72,5	33,5	40,0	8,5	158,2
1982/83	99,8	243,0	223,8	36,3	111,3	34,7	359,0	268,9	47,5	43,3	18,8	4,0
1983/84	49,5	240,7	242,5	257,5	60,5	226,6	127,0	156,7	99,0	11,1	23,0	37,0
1984/85	196,0	407,3	153,4	227,6	244,8	172,2	200,8	93,6	18,5	6,5	0,0	0,0

Tabela A.1.4 - Precipitações mensais na estação de CASTRO DAIRE (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em CASTRO DAIRE (08J/04G)

Peso - 0,0707

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	167,0	173,4	479,6	88,9	51,3	277,1	154,2	231,7	73,5	0,4	16,6	49,3
1946/47	166,5	257,5	148,7	190,8	620,6	444,7	84,8	96,3	21,2	0,0	3,3	44,9
1947/48	78,6	108,3	220,1	556,4	68,5	112,0	44,8	168,8	1,6	0,0	43,6	9,0
1948/49	102,0	29,2	339,5	81,8	34,8	23,6	38,6	100,0	25,5	22,7	1,3	113,8
1949/50	85,8	154,5	81,7	45,8	299,4	106,4	28,0	240,2	73,4	38,4	6,0	41,4
1950/51	39,9	282,2	158,2	266,7	364,5	394,7	73,1	187,4	51,7	13,2	28,3	44,0
1951/52	135,4	442,8	89,7	79,7	42,3	268,7	143,0	259,3	43,8	28,0	33,8	58,5
1952/53	63,2	283,9	275,5	31,0	35,4	36,2	96,0	72,3	90,7	10,1	10,4	71,4
1953/54	173,5	150,7	81,9	88,5	163,4	343,2	130,3	46,6	70,7	0,8	23,7	2,4
1954/55	104,0	283,9	118,5	547,4	305,2	144,6	32,1	71,4	68,5	0,1	13,5	10,3
1955/56	38,3	367,9	365,9	246,1	52,3	419,7	209,0	202,3	4,8	24,8	88,5	131,3
1956/57	75,7	38,5	135,9	65,4	290,0	151,9	72,7	91,6	38,1	6,1	19,7	53,6
1957/58	23,9	189,3	182,6	270,2	198,3	308,6	128,0	74,4	117,4	26,2	26,3	43,0
1958/59	103,2	10,1	443,3	273,0	36,2	320,5	222,4	127,6	24,5	0,2	25,9	159,2
1959/60	172,5	360,0	500,0	215,7	456,4	352,0	97,6	154,7	43,8	1,6	62,5	146,8
1960/61	502,6	408,4	243,3	199,1	79,1	16,5	237,7	115,3	73,8	29,1	4,7	77,8
1961/62	229,8	167,7	396,5	247,7	47,2	311,7	73,5	35,5	27,1	15,3	0,2	33,2
1962/63	87,7	111,4	90,9	357,2	387,6	325,6	233,6	49,5	121,8	0,2	4,7	61,9
1963/64	106,9	691,1	273,2	21,3	471,1	327,1	58,6	41,1	111,3	22,6	21,4	55,5
1964/65	104,7	19,5	63,7	279,5	83,2	294,6	27,7	42,9	20,2	2,2	5,6	236,2
1965/66	145,8	464,7	341,9	495,9	729,8	1,0	426,2	48,5	83,3	1,3	35,0	33,5
1966/67	527,2	111,3	99,4	185,2	203,6	127,8	41,6	191,1	10,8	0,0	28,1	69,8
1967/68	66,6	187,3	23,4	20,6	486,9	74,5	216,4	163,1	8,0	1,1	61,1	113,9
1968/69	118,9	359,1	238,9	328,1	274,0	348,5	118,7	287,6	72,0	6,0	0,5	134,0
1969/70	54,6	222,1	184,0	601,6	66,2	30,2	21,9	205,8	66,2	6,8	23,3	13,7
1970/71	9,3	249,6	50,4	397,7	57,3	147,6	180,4	141,8	170,3	114,6	43,1	5,8
1971/72	41,7	39,1	71,3	269,8	416,9	166,9	35,0	61,7	60,9	46,3	0,3	90,4
1972/73	227,3	135,3	236,6	288,0	43,3	45,0	66,5	300,3	26,5	41,2	2,9	65,2
1973/74	189,7	74,5	142,6	472,3	271,8	61,8	40,2	115,6	283,3	4,1	0,2	33,6
1974/75	13,5	333,8	31,7	222,5	182,9	228,3	37,4	68,1	12,3	1,3	2,5	105,2
1975/76	90,7	118,7	36,8	129,2	84,7	72,9	52,5	14,7	28,0	75,7	78,3	121,3
1976/77	369,3	224,7	329,6	428,4	491,5	128,9	76,3	70,8	109,5	14,6	45,2	25,2
1977/78	204,8	99,3	543,1	184,1	544,0	199,8	183,9	107,5	43,8	0,0	0,0	13,9
1978/79	41,1	74,1	958,0	239,2	598,9	338,9	171,1	94,5	42,8	39,1	0,0	1,4
1979/80	399,8	104,4	202,2	160,2	108,0	191,5	47,7	101,7	59,5	18,4	10,0	48,5
1980/81	103,6	205,0	67,0	0,3	143,2	151,8	118,7	183,7	30,9	14,0	0,3	125,7
1981/82	216,8	0,0	641,0	164,5	117,4	8,6	83,3	76,1	37,2	0,7	19,7	138,1
1982/83	72,1	196,1	185,1	27,1	217,0	16,8	374,1	229,2	40,9	11,1	49,1	13,4
1983/84	59,9	240,9	354,8	217,6	34,1	205,5	144,5	153,7	111,1	1,0	31,2	52,0
1984/85	263,6	397,8	161,4	319,1	369,7	151,5	176,2	95,4	53,4	6,5	0,0	5,6

Tabela A.1.5 - Precipitações mensais na estação de COVELO DE PAIVÔ (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em COVELO DE PAIVÔ (08I/02U)

Peso - 0,1294

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	156,2	159,4	476,6	69,0	50,4	225,2	131,0	279,2	67,8	0,1	4,3	56,1
1946/47	109,5	158,3	167,7	25,3	462,0	368,0	60,3	97,7	30,2	0,0	3,9	21,2
1947/48	42,1	58,0	185,7	425,4	145,0	87,4	71,7	81,0	6,9	2,6	36,4	33,0
1948/49	14,7	11,2	181,3	110,5	52,7	107,9	40,1	35,6	45,5	6,7	8,5	67,3
1949/50	46,4	186,3	101,2	42,4	276,8	107,5	43,1	180,3	124,5	31,9	37,8	32,3
1950/51	36,7	140,4	128,1	179,8	235,6	196,9	45,1	115,3	20,0	28,8	17,0	43,3
1951/52	64,3	260,2	61,0	92,0	31,8	151,8	77,6	104,7	41,0	50,9	35,4	60,5
1952/53	92,4	364,2	354,0	9,6	15,8	36,9	95,7	55,4	1,0	0,2	4,6	49,1
1953/54	193,2	159,2	86,5	86,0	85,8	355,3	107,2	84,9	60,9	1,5	31,9	4,0
1954/55	64,8	322,5	141,0	665,0	315,8	174,4	46,4	55,6	71,1	0,0	1,2	13,9
1955/56	49,3	470,4	438,7	336,0	55,4	586,4	259,1	250,0	16,6	34,9	100,8	171,2
1956/57	76,3	62,2	172,5	59,6	391,3	241,1	44,8	61,1	78,0	7,4	21,2	50,9
1957/58	14,2	216,0	212,8	346,9	227,9	450,9	161,6	78,4	160,0	36,6	46,3	39,9
1958/59	100,5	4,8	513,5	286,3	46,9	374,3	276,4	88,9	26,6	2,3	8,7	169,0
1959/60	172,2	416,3	658,2	268,3	502,5	451,1	151,8	184,3	17,2	10,9	79,1	157,0
1960/61	606,8	475,1	294,2	203,6	80,7	24,7	290,6	135,9	52,6	36,9	2,3	49,3
1961/62	231,3	219,0	552,0	214,1	58,1	442,3	138,4	26,2	61,7	14,0	0,0	45,7
1962/63	95,2	149,2	93,6	462,2	559,9	380,0	230,7	53,8	137,4	0,0	0,0	43,4
1963/64	127,3	861,6	322,6	46,7	546,6	492,1	85,5	28,3	117,3	43,2	16,2	79,5
1964/65	113,6	25,0	88,0	315,5	115,9	324,1	32,7	39,2	17,5	4,2	0,0	272,6
1965/66	187,4	556,3	320,0	624,3	978,9	3,3	475,7	44,7	84,0	4,2	28,4	46,4
1966/67	573,3	137,6	83,6	220,6	247,5	181,8	47,6	195,0	17,3	0,0	22,7	77,3
1967/68	72,0	214,1	35,8	29,8	562,7	98,8	283,6	182,2	11,3	0,0	19,6	88,4
1968/69	140,7	404,0	403,3	410,7	340,6	533,5	59,7	310,8	64,9	4,3	0,0	126,2
1969/70	67,0	235,8	167,2	686,8	88,9	29,6	24,3	258,0	84,7	0,0	23,4	23,8
1970/71	9,4	280,7	58,4	444,0	46,0	188,1	165,0	154,4	156,6	117,7	51,3	5,6
1971/72	80,9	39,3	38,8	328,3	507,1	188,8	50,0	56,4	43,5	66,7	2,1	104,0
1972/73	209,1	163,3	270,8	357,8	77,2	64,1	72,3	328,2	29,6	21,3	2,0	70,8
1973/74	203,2	50,1	160,4	564,0	286,1	65,0	60,2	139,2	368,5	3,1	0,0	30,6
1974/75	34,4	347,0	47,8	190,1	213,8	264,0	34,0	81,7	13,3	1,2	0,0	141,3
1975/76	93,5	137,9	41,0	158,5	78,3	87,1	54,8	0,0	37,3	39,6	121,1	146,7
1976/77	369,7	236,2	318,9	481,3	572,2	127,0	102,0	68,0	92,8	15,5	53,3	42,9
1977/78	214,5	124,5	520,8	240,4	665,7	195,7	171,2	133,9	70,9	0,0	0,0	16,4
1978/79	42,1	35,6	1155,7	263,1	664,1	339,1	215,0	88,7	6,0	74,3	5,1	10,9
1979/80	399,2	123,8	170,6	131,4	130,8	218,3	75,6	82,5	44,0	9,6	16,8	50,1
1980/81	79,8	228,8	103,5	11,1	135,9	188,0	138,5	222,0	40,1	10,1	8,8	142,1
1981/82	219,2	0,0	676,8	172,2	156,2	8,1	91,9	139,3	41,0	10,0	18,7	120,7
1982/83	111,6	249,9	185,9	24,5	215,7	43,8	401,7	199,2	48,1	23,9	29,0	6,1
1983/84	41,9	254,2	385,5	214,9	58,0	185,4	148,9	129,5	105,1	2,4	26,3	49,2
1984/85	256,2	519,9	179,4	353,3	388,5	145,0	217,5	159,9	31,1	0,0	0,0	0,0

Tabela A.1.6 - Precipitações mensais na estação de MEZIO (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em MEZIO (08J/02G)

Peso - 0,0561

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	161,6	159,4	528,2	68,3	65,4	308,4	158,7	308,6	120,0	0,0	12,1	80,1
1946/47	157,5	214,7	263,7	178,8	746,4	635,9	143,2	136,9	35,5	0,6	1,5	43,3
1947/48	122,9	111,4	409,5	744,8	69,7	123,0	48,6	163,0	1,3	0,1	50,3	6,8
1948/49	126,4	53,1	404,2	108,9	38,2	19,1	31,7	47,7	32,3	35,3	3,1	162,7
1949/50	93,3	278,9	95,4	55,5	390,6	137,6	25,4	258,9	98,0	36,3	10,1	26,3
1950/51	53,0	304,7	151,7	299,7	548,4	457,9	74,9	233,5	59,0	34,3	33,8	73,0
1951/52	131,2	530,9	127,4	79,8	32,8	322,2	137,9	263,5	70,5	11,1	33,8	87,5
1952/53	100,7	385,4	251,3	35,4	42,9	40,3	99,9	81,8	38,1	1,8	7,0	90,2
1953/54	226,1	164,6	124,3	111,4	110,4	318,5	116,0	105,8	55,5	0,0	27,7	6,8
1954/55	156,4	360,3	146,1	698,5	343,5	154,0	69,9	56,0	61,6	0,0	36,9	9,3
1955/56	51,6	456,5	530,6	342,9	55,0	573,3	257,3	232,1	14,9	55,2	102,2	188,4
1956/57	96,9	56,9	179,8	65,5	443,3	274,2	34,8	84,0	54,0	14,6	38,9	59,6
1957/58	14,8	212,3	215,7	380,8	258,7	446,3	174,9	88,7	217,3	52,9	64,4	70,2
1958/59	102,5	3,6	629,8	334,8	52,2	378,3	325,2	127,8	53,9	0,0	22,2	149,5
1959/60	269,1	491,1	782,3	345,4	561,7	466,6	137,4	170,1	35,8	15,4	82,4	173,0
1960/61	644,5	635,0	327,7	251,3	76,0	23,0	325,5	124,2	48,4	66,3	6,8	60,7
1961/62	235,9	219,9	574,5	250,0	53,7	440,9	158,2	38,6	54,6	19,6	0,4	57,3
1962/63	86,5	120,8	135,8	424,7	526,1	365,8	256,6	45,2	142,6	22,3	5,0	61,3
1963/64	111,5	828,3	344,6	37,5	520,7	385,3	74,9	45,9	132,0	38,5	14,9	53,4
1964/65	120,9	18,5	83,2	303,3	72,5	347,5	28,9	37,2	20,1	2,3	4,8	291,7
1965/66	187,8	559,4	325,3	632,8	870,2	2,4	437,2	66,6	95,7	2,5	27,0	32,8
1966/67	627,5	144,9	117,3	206,2	241,0	159,8	56,7	214,7	15,8	0,0	30,5	77,8
1967/68	104,4	230,8	28,0	24,9	514,7	102,1	338,2	205,1	0,0	1,1	27,3	114,9
1968/69	88,5	366,8	381,7	441,8	342,1	519,0	74,3	281,1	65,1	1,2	0,1	137,1
1969/70	66,9	297,5	160,3	770,6	87,5	35,4	35,2	264,0	82,6	17,0	18,1	17,5
1970/71	13,3	350,4	42,5	417,7	54,9	183,1	215,5	175,7	171,7	149,7	52,8	7,0
1971/72	82,0	52,0	80,0	271,8	615,6	209,0	58,6	89,3	45,2	26,1	4,4	84,1
1972/73	246,8	200,1	350,6	374,1	53,1	52,1	87,2	397,7	101,0	50,8	1,5	80,2
1973/74	257,4	83,5	192,6	740,1	326,3	79,5	78,2	177,2	410,6	3,4	0,2	54,2
1974/75	25,3	411,1	72,2	219,3	248,0	274,0	49,6	136,4	19,4	2,0	19,3	169,5
1975/76	146,7	159,1	67,6	113,9	106,2	98,9	77,1	7,3	53,4	48,8	174,8	156,8
1976/77	452,5	249,3	398,5	787,4	1046,2	131,9	109,2	76,0	129,7	21,9	34,6	35,8
1977/78	220,3	155,5	664,7	295,8	744,4	236,7	191,7	105,0	47,6	0,0	0,0	20,0
1978/79	55,5	82,8	1288,8	269,2	862,5	426,2	242,6	172,1	1,0	64,5	2,9	39,2
1979/80	472,0	124,4	235,9	221,2	154,3	260,2	76,1	92,8	73,9	12,9	27,9	59,0
1980/81	115,5	192,9	91,8	6,2	185,7	211,5	149,8	229,0	44,8	12,0	9,6	148,7
1981/82	230,5	0,0	756,6	180,8	154,2	11,3	82,2	159,0	37,6	3,3	18,4	125,8
1982/83	113,9	267,2	238,7	30,8	292,4	31,1	499,1	255,3	66,6	19,4	45,2	6,5
1983/84	59,0	266,7	411,9	209,5	71,8	209,1	163,5	140,2	126,0	1,9	41,5	33,5
1984/85	325,0	573,8	189,0	332,7	414,5	157,4	229,1	99,0	68,4	16,6	0,0	2,4

Tabela A.1.7 - Precipitações mensais na estação de Mosteiro de Cabril (1945/46 A 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em MOSTEIRO DE CABRIL (081/01UG)

Peso - 0,1546

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	165,7	167,9	402,4	118,4	43,2	246,7	172,8	247,5	58,0	0,0	27,6	64,8
1946/47	162,8	243,5	232,6	174,2	533,4	440,8	101,4	81,2	49,2	0,0	11,4	42,6
1947/48	83,2	149,8	190,8	489,4	71,6	84,2	93,4	140,2	0,0	0,0	70,4	36,0
1948/49	126,0	32,6	283,8	101,8	45,4	48,6	63,6	49,4	47,2	10,8	8,0	127,0
1949/50	72,6	310,0	120,0	47,0	271,8	105,6	71,8	226,0	72,6	4,4	5,4	33,8
1950/51	35,6	276,2	195,6	307,4	324,4	325,4	103,6	192,6	57,2	29,0	49,4	52,4
1951/52	110,6	365,8	104,0	120,4	75,8	247,8	121,0	172,4	80,4	48,8	62,2	56,2
1952/53	85,0	169,6	318,4	25,8	51,2	43,4	97,0	55,4	19,2	13,0	8,0	75,1
1953/54	152,8	162,0	58,2	131,0	200,6	328,8	62,8	47,6	48,8	8,0	42,0	3,2
1954/55	120,6	260,0	127,8	534,8	276,8	115,0	35,8	70,0	57,2	0,0	0,0	11,2
1955/56	41,6	293,6	394,0	222,8	66,0	405,8	158,6	209,0	12,4	51,0	96,2	124,6
1956/57	81,0	48,2	138,4	58,0	294,6	122,4	33,8	128,8	78,2	0,0	17,0	39,0
1957/58	17,2	131,8	123,2	220,4	179,0	286,8	98,4	95,4	112,0	27,6	45,8	37,8
1958/59	103,4	13,8	389,2	223,8	24,0	247,0	205,0	106,2	49,4	0,0	27,6	118,8
1959/60	162,0	363,6	510,4	198,4	405,4	313,4	87,2	138,6	13,8	17,0	42,0	113,0
1960/61	411,6	369,6	323,6	245,2	66,0	12,8	229,6	124,3	47,2	33,7	9,0	46,8
1961/62	221,8	177,1	318,2	183,3	61,2	295,3	78,8	15,7	31,2	18,2	0,8	68,4
1962/63	73,5	160,2	131,6	302,6	391,9	244,7	166,3	49,3	123,5	0,0	6,2	63,3
1963/64	31,2	607,9	293,7	21,5	346,1	177,0	52,9	34,6	101,3	26,0	20,3	47,9
1964/65	148,9	20,1	71,8	339,9	59,8	276,2	34,7	49,4	19,7	4,0	6,0	173,2
1965/66	147,0	437,6	350,7	373,3	556,3	2,9	316,7	54,7	111,3	23,0	26,7	40,3
1966/67	351,2	157,5	122,3	141,0	140,9	128,2	40,2	218,1	6,5	0,0	25,8	71,9
1967/68	87,1	177,3	50,5	33,0	408,9	69,7	171,2	142,6	0,0	0,1	34,7	143,0
1968/69	107,3	356,9	325,2	320,5	256,7	300,2	151,2	252,4	78,3	0,0	7,0	142,9
1969/70	48,5	267,4	155,1	495,3	75,5	48,6	30,7	168,2	73,7	8,7	29,4	20,6
1970/71	13,9	335,7	61,5	364,2	91,8	150,9	112,7	114,8	154,2	83,8	40,3	4,5
1971/72	76,2	70,4	65,0	238,9	424,9	207,4	70,6	100,0	54,5	10,6	23,6	40,0
1972/73	223,2	223,3	141,9	147,8	50,1	37,2	48,1	159,9	13,6	43,7	0,0	55,2
1973/74	51,5	23,1	55,0	149,5	111,6	26,1	10,6	24,1	127,7	0,0	0,0	7,1
1974/75	37,0	239,9	10,7	55,8	48,6	49,4	7,5	28,3	0,0	0,0	0,0	25,2
1975/76	71,7	146,0	40,8	99,2	85,8	110,9	67,5	2,2	18,3	38,4	115,7	112,4
1976/77	413,3	257,6	373,3	399,3	393,4	116,7	77,3	94,8	119,4	32,0	71,1	16,0
1977/78	210,0	122,2	376,3	230,4	424,8	199,8	189,2	119,4	77,0	0,0	0,0	23,3
1978/79	37,7	53,6	665,0	239,7	541,3	284,7	191,7	81,0	2,7	55,2	5,5	9,5
1979/80	310,0	148,6	170,9	143,6	112,3	186,7	80,0	107,2	71,7	26,1	18,5	21,0
1980/81	101,2	152,2	165,4	13,3	112,3	140,8	106,3	186,0	34,2	7,1	26,1	110,6
1981/82	135,1	0,0	628,7	126,2	141,6	11,3	53,5	79,4	69,2	14,6	20,5	126,2
1982/83	114,2	246,7	242,8	40,0	156,1	31,5	305,9	223,9	41,0	17,8	25,3	10,7
1983/84	50,8	235,0	248,7	300,0	83,3	172,6	176,1	199,6	138,0	2,3	41,8	62,8
1984/85	216,3	369,2	156,0	250,3	236,7	205,2	164,7	102,6	65,4	8,7	0,8	2,3

Tabela A.1.8 - Precipitações mensais na estação de PENDILHE (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em PENDILHE (08J/05UG)

Peso - 0,1429

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	146,4	169,4	422,6	61,4	50,2	261,6	145,4	215,8	64,8	2,6	16,0	63,2
1946/47	146,2	238,0	143,4	168,8	487,8	393,3	68,4	94,8	17,0	0,0	6,6	40,0
1947/48	98,8	77,6	181,4	410,2	60,6	113,0	39,0	150,8	7,6	1,0	31,6	13,6
1948/49	110,2	40,2	310,2	94,8	38,4	25,8	41,8	52,0	32,0	25,4	1,0	109,6
1949/50	94,6	203,0	85,8	37,4	325,6	130,0	16,6	261,2	64,8	37,6	8,6	31,0
1950/51	33,0	285,4	154,4	267,8	367,4	440,0	78,6	215,4	51,0	20,2	30,6	47,4
1951/52	123,0	439,6	83,4	98,0	45,8	252,6	137,6	225,2	76,6	38,6	17,6	70,2
1952/53	83,6	289,2	212,7	38,6	49,4	38,8	119,6	53,4	39,2	5,8	11,2	57,0
1953/54	174,4	140,2	92,2	79,5	135,2	347,6	96,4	62,8	66,6	0,2	27,6	4,8
1954/55	124,0	298,8	122,2	645,0	308,8	127,9	26,8	64,6	70,8	2,0	45,6	7,8
1955/56	45,2	339,2	424,4	206,2	41,4	308,8	180,2	165,0	11,2	38,8	86,8	119,0
1956/57	78,0	38,6	118,8	65,6	261,8	133,6	24,4	93,0	54,0	6,4	29,2	45,0
1957/58	11,6	112,0	75,6	196,6	155,6	331,6	121,8	84,8	126,0	25,2	39,2	50,2
1958/59	104,6	3,2	464,0	260,0	33,6	271,6	205,8	82,5	56,5	1,6	13,1	178,0
1959/60	181,3	375,5	566,7	323,7	511,4	411,8	107,5	158,5	43,3	7,9	73,9	151,5
1960/61	515,4	466,4	293,7	211,1	61,5	20,3	259,4	130,3	61,9	60,1	7,9	65,4
1961/62	250,2	189,8	444,1	292,3	41,4	295,1	50,9	41,3	16,2	19,1	0,7	44,0
1962/63	93,9	99,8	62,7	340,9	369,3	271,2	210,3	37,0	124,7	0,4	3,1	87,3
1963/64	102,7	775,3	240,1	22,1	424,3	335,8	63,9	33,6	121,1	33,7	18,2	82,5
1964/65	145,1	13,7	79,0	285,0	80,6	300,9	14,5	48,9	24,3	4,6	2,7	238,5
1965/66	153,3	445,7	337,7	487,9	631,6	1,1	407,4	41,6	81,4	0,0	33,2	21,8
1966/67	458,6	114,5	110,8	182,3	210,1	135,5	47,7	160,5	5,3	0,0	26,0	83,2
1967/68	90,9	191,5	28,7	11,1	473,5	83,7	221,7	166,5	11,5	1,8	32,6	155,2
1968/69	105,4	355,3	248,4	324,4	262,1	385,3	142,0	273,1	71,0	36,3	1,0	134,2
1969/70	40,5	181,5	149,1	618,5	84,5	34,3	40,8	215,2	76,5	21,5	41,1	15,9
1970/71	14,9	263,3	55,4	398,5	46,5	161,0	210,4	140,5	186,1	114,7	45,4	6,5
1971/72	32,6	36,2	64,7	270,9	439,6	184,3	31,3	69,9	32,2	68,1	0,3	102,7
1972/73	189,3	171,3	223,8	271,8	44,3	41,0	60,5	277,0	35,5	50,8	6,8	48,1
1973/74	226,0	84,0	150,6	453,1	281,6	81,5	50,2	142,9	278,6	5,4	0,0	45,8
1974/75	19,4	312,5	38,3	245,4	129,6	267,7	45,0	91,5	14,8	2,6	7,1	163,8
1975/76	97,1	123,2	50,3	105,0	79,0	73,9	61,8	9,0	91,3	86,2	76,0	103,2
1976/77	336,4	254,2	307,2	419,6	436,8	115,8	89,7	62,7	136,2	16,2	38,9	20,1
1977/78	220,6	122,8	467,2	214,4	554,6	199,1	198,3	114,6	77,3	0,0	0,0	18,5
1978/79	33,9	52,6	852,0	247,6	647,2	338,0	155,2	108,8	3,2	30,2	3,1	34,5
1979/80	377,1	90,5	225,1	147,0	115,2	187,2	49,6	113,0	63,2	12,5	25,8	51,0
1980/81	105,3	180,6	40,6	0,5	118,1	153,8	82,9	193,1	32,8	9,2	3,1	140,6
1981/82	179,5	0,0	710,8	131,3	113,9	5,2	78,0	96,0	56,2	6,4	14,2	146,1
1982/83	72,6	221,7	200,5	31,1	243,2	12,9	384,5	256,1	66,4	47,5	37,0	13,9
1983/84	66,4	238,8	372,4	220,9	32,1	152,6	197,8	147,3	132,5	5,2	41,7	41,6
1984/85	294,5	424,2	162,7	293,3	392,5	151,2	180,4	92,6	56,4	8,6	1,2	1,1

Tabela A.1.9 - Precipitações mensais na estação de PICÃO (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em PICÃO (08J/03U)

Peso - 0,1034

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	232,1	207,8	504,2	111,9	72,7	272,0	159,7	274,1	100,1	0,0	27,6	65,8
1946/47	177,0	196,6	358,7	234,5	693,9	563,5	132,8	132,8	36,5	0,0	0,0	56,6
1947/48	122,9	120,4	314,3	716,2	71,2	120,8	72,9	178,9	6,8	0,0	54,3	14,2
1948/49	153,1	55,4	381,7	84,6	54,2	15,5	29,1	62,4	22,1	10,2	6,0	178,3
1949/50	109,6	290,6	132,0	50,9	358,1	135,3	20,5	259,9	80,9	29,2	8,9	46,6
1950/51	71,9	362,6	195,6	324,1	412,3	387,7	76,1	219,5	78,0	34,3	38,6	71,5
1951/52	132,5	462,7	134,7	98,0	39,5	339,8	131,0	297,2	63,5	61,9	38,4	96,8
1952/53	118,7	333,4	297,3	54,8	64,9	41,2	111,8	80,3	24,7	5,2	14,7	107,0
1953/54	239,5	175,4	105,7	114,0	169,8	381,3	119,3	94,7	60,4	0,0	54,8	13,4
1954/55	130,1	340,9	139,9	717,7	279,5	168,2	35,5	83,6	61,6	0,0	21,0	11,4
1955/56	55,4	426,9	414,6	342,2	36,1	478,5	245,5	224,6	12,8	48,3	103,7	173,0
1956/57	107,4	43,8	177,2	79,6	319,6	122,2	141,4	159,4	82,0	9,2	39,6	52,0
1957/58	21,8	195,8	183,6	281,2	437,2	375,2	41,9	58,2	140,0	44,2	51,2	15,4
1958/59	158,6	3,4	548,5	367,0	53,4	385,8	310,3	134,6	66,0	0,0	28,2	164,4
1959/60	277,3	502,9	757,8	302,1	488,3	452,6	166,1	167,3	34,5	3,9	92,4	237,4
1960/61	642,5	602,3	389,9	368,8	99,7	22,6	334,7	133,9	58,2	47,8	10,6	56,6
1961/62	320,3	253,3	619,5	327,9	56,6	499,8	129,4	46,6	59,8	28,6	0,2	67,6
1962/63	95,0	173,8	152,3	430,1	518,7	341,9	267,0	55,9	157,4	0,0	8,6	73,3
1963/64	127,2	798,0	348,6	68,7	513,2	408,0	104,4	44,5	150,2	26,0	23,1	85,0
1964/65	227,9	33,6	131,3	473,3	102,1	410,9	29,1	53,6	31,8	4,8	4,5	237,1
1965/66	206,5	583,1	365,1	461,3	650,1	0,5	379,0	46,2	90,0	0,0	34,6	28,0
1966/67	465,2	118,2	139,1	140,0	146,2	147,2	41,9	191,7	10,3	0,0	29,2	86,5
1967/68	87,5	161,0	38,8	25,1	448,5	85,6	256,1	177,5	11,2	1,2	43,4	167,8
1968/69	113,1	180,1	339,9	388,7	289,4	374,6	148,8	271,1	101,9	1,6	0,0	148,6
1969/70	64,2	272,2	145,2	631,8	91,2	33,9	56,2	224,7	91,2	7,0	16,6	13,3
1970/71	9,1	345,8	55,5	435,6	55,6	138,7	205,4	172,0	199,6	176,4	47,5	6,0
1971/72	74,9	60,5	95,2	308,8	502,7	212,1	47,5	81,0	48,8	23,0	4,7	89,1
1972/73	223,7	205,7	290,6	289,1	58,5	49,2	74,2	343,6	39,5	70,2	22,7	75,8
1973/74	227,6	63,1	150,1	582,2	234,6	95,9	60,1	126,9	317,3	3,2	0,0	57,4
1974/75	26,2	315,8	53,8	282,5	216,2	258,1	49,7	93,7	12,1	1,5	11,5	166,7
1975/76	145,8	153,8	127,9	104,1	88,5	105,6	78,6	21,1	67,3	38,6	148,4	129,2
1976/77	430,4	245,0	361,1	451,6	589,4	143,6	108,2	103,5	142,6	31,2	49,7	24,5
1977/78	248,2	162,0	494,1	316,9	563,4	199,0	265,7	96,5	80,3	0,0	0,0	42,0
1978/79	36,3	79,8	879,3	253,2	682,9	356,2	192,1	130,2	0,0	133,0	4,6	26,6
1979/80	490,5	139,1	254,9	185,2	159,3	241,2	79,9	136,1	86,6	11,3	27,1	47,4
1980/81	147,1	234,6	81,3	9,0	133,3	176,9	133,8	219,2	28,5	13,9	10,1	121,1
1981/82	175,8	0,0	939,9	157,1	149,3	5,3	104,6	114,9	55,4	1,2	22,8	148,9
1982/83	102,0	265,2	290,3	27,5	279,7	23,7	420,9	271,3	33,2	21,9	17,4	5,9
1983/84	3,4	277,4	325,2	264,5	70,8	273,5	169,3	153,2	139,2	0,0	50,6	38,0
1984/85	313,3	531,1	219,1	334,9	375,3	180,6	201,2	80,0	67,6	16,8	0,0	0,0

Tabela A.1.10 - Precipitações mensais na estação de TOURO (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em TOURO (08K/01G)

Peso - 0,0969

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	159,0	155,8	463,2	59,1	39,1	278,1	137,7	241,4	97,2	0,0	15,0	66,9
1946/47	156,3	214,2	143,9	166,8	594,6	457,6	90,2	116,2	30,2	0,0	6,6	49,1
1947/48	81,4	92,5	235,6	665,8	77,9	126,0	42,8	168,2	10,2	0,0	41,4	10,6
1948/49	120,0	42,2	307,5	62,6	35,6	38,9	65,4	33,7	45,4	54,2	0,0	133,8
1949/50	95,0	193,6	99,9	17,6	298,6	90,2	19,6	208,7	60,2	18,8	5,0	25,4
1950/51	30,8	251,6	119,5	234,6	451,6	377,0	78,3	206,6	46,8	25,5	47,0	51,8
1951/52	109,8	387,3	108,9	92,0	21,4	267,0	109,0	211,0	84,7	12,0	11,8	95,0
1952/53	80,0	264,3	218,6	14,6	45,4	58,0	101,5	53,0	59,8	0,0	10,6	58,3
1953/54	188,7	135,8	119,6	34,9	120,7	291,1	83,8	65,9	67,7	0,0	24,7	0,0
1954/55	110,6	267,3	119,8	606,8	302,8	143,7	19,0	76,8	86,6	13,0	17,0	8,0
1955/56	43,7	332,8	403,2	250,7	52,5	460,6	198,2	170,6	7,0	55,6	123,0	111,9
1956/57	88,3	23,0	128,8	62,9	289,8	184,7	12,0	139,6	55,8	23,6	21,0	43,6
1957/58	17,4	224,4	177,6	198,8	211,7	350,7	134,8	84,0	145,4	30,0	33,4	61,6
1958/59	106,2	6,0	504,2	260,0	36,0	297,5	231,0	107,0	36,4	0,0	22,6	165,8
1959/60	201,3	373,8	625,7	244,6	443,4	406,6	113,0	116,6	60,6	9,1	50,8	118,0
1960/61	581,9	417,8	216,0	200,5	68,8	5,2	281,2	102,6	95,9	152,6	2,0	67,6
1961/62	214,6	247,9	548,5	269,6	50,6	356,8	76,6	41,2	41,2	11,0	0,0	58,6
1962/63	76,8	98,2	97,2	378,3	426,9	320,6	226,6	68,6	130,0	16,0	0,0	65,6
1963/64	109,0	929,6	317,4	24,6	377,0	344,7	93,4	41,6	220,0	25,8	15,4	111,4
1964/65	112,2	17,4	78,0	238,2	88,3	327,6	16,4	29,0	29,4	2,6	5,0	220,6
1965/66	156,6	428,1	305,2	463,9	706,0	2,0	385,0	31,0	78,4	3,8	30,8	12,6
1966/67	445,2	137,8	85,4	169,8	217,6	149,8	47,4	159,4	3,0	0,0	22,0	59,4
1967/68	68,0	171,1	15,7	7,7	452,9	71,0	198,9	169,7	3,8	0,0	41,8	124,5
1968/69	114,0	276,0	263,6	322,7	265,7	363,7	99,4	219,0	50,4	2,0	0,0	114,2
1969/70	49,0	176,2	144,4	506,4	70,2	25,5	32,8	192,6	75,0	2,3	31,4	5,2
1970/71	4,0	266,9	50,8	393,3	28,3	164,1	173,5	125,5	179,7	102,2	32,7	1,5
1971/72	38,2	25,3	54,3	247,5	401,3	166,4	31,8	53,0	20,0	48,1	0,0	85,0
1972/73	163,8	122,2	269,5	255,8	27,3	15,7	83,0	227,0	46,3	51,9	0,0	39,5
1973/74	228,2	101,2	149,8	491,2	254,9	56,2	49,4	139,0	322,2	7,5	0,0	22,0
1974/75	8,6	311,2	34,0	186,8	175,6	205,8	38,0	74,3	5,0	0,0	35,0	96,0
1975/76	90,4	86,7	41,5	87,3	87,2	55,0	59,2	5,3	24,4	33,2	98,5	118,7
1976/77	335,7	187,9	276,5	399,1	493,7	101,3	82,1	52,0	88,1	7,5	38,5	43,6
1977/78	208,4	98,9	374,0	190,8	484,0	194,4	182,2	121,6	38,5	0,0	0,0	11,8
1978/79	69,0	50,8	930,5	237,5	658,6	289,5	123,6	81,7	18,0	12,0	0,0	0,0
1979/80	356,5	63,5	220,5	180,9	95,4	160,8	49,8	94,3	48,0	2,3	18,1	41,5
1980/81	86,0	181,2	59,5	0,0	100,8	159,2	93,5	163,8	31,2	17,0	6,8	114,5
1981/82	199,0	0,0	601,0	99,4	81,9	0,0	74,2	90,2	49,0	0,0	20,5	118,2
1982/83	83,5	237,1	193,3	26,3	197,5	0,0	384,1	207,5	43,3	20,0	5,2	4,1
1983/84	38,5	205,0	329,6	179,7	8,1	252,1	68,0	162,8	105,5	0,0	29,5	49,8
1984/85	266,7	423,4	109,5	285,5	344,0	139,9	197,7	115,5	42,0	9,0	0,0	0,0

Tabela A.1.11 - Precipitações mensais na estação de VILA NOVA DE PAIVA (1945/46 a 1984/85)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação Mensal (mm) em VILA NOVA DE PAIVA (08K/02G)

Peso - 0,0921

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	148,8	141,8	443,9	43,7	52,6	251,0	132,1	215,0	81,1	0,0	16,9	60,1
1946/47	140,1	174,3	135,9	130,7	533,0	409,9	99,2	120,0	26,8	0,0	33,0	57,3
1947/48	56,7	72,0	241,3	555,1	75,9	94,8	40,9	151,2	19,5	0,0	30,9	5,6
1948/49	87,5	46,1	259,2	87,6	26,1	28,8	62,0	53,1	40,0	29,4	0,4	127,0
1949/50	71,6	169,4	82,4	36,6	262,6	115,2	15,2	193,0	47,7	12,3	3,8	19,0
1950/51	25,3	212,2	129,9	212,5	366,9	338,7	86,6	209,7	36,2	31,4	26,4	59,3
1951/52	102,9	327,0	89,6	48,2	21,2	230,8	108,1	206,1	117,9	8,4	17,4	74,4
1952/53	88,9	210,7	232,3	31,4	27,9	37,4	80,7	53,9	48,2	4,8	9,6	56,1
1953/54	123,1	101,0	74,2	52,9	99,9	223,0	60,4	59,2	57,7	0,0	26,6	1,2
1954/55	96,9	257,2	104,2	555,6	252,0	117,9	28,7	103,6	72,1	1,8	37,9	9,2
1955/56	37,3	278,4	413,0	213,4	37,9	349,9	176,0	178,5	17,2	28,6	89,7	102,6
1956/57	74,2	37,3	123,9	50,4	249,7	122,5	21,8	78,3	59,8	19,2	12,5	33,4
1957/58	13,5	163,6	138,5	190,8	164,1	301,4	91,5	56,5	118,3	20,6	29,6	48,0
1958/59	100,5	5,3	391,0	197,8	36,0	249,5	181,4	98,4	27,8	2,4	27,2	154,0
1959/60	163,6	261,3	464,3	215,4	463,4	340,7	74,6	141,8	58,6	3,5	64,5	126,3
1960/61	488,5	398,4	207,3	179,8	57,4	19,6	219,6	99,9	80,2	95,0	10,3	61,8
1961/62	184,9	197,8	399,0	242,8	30,4	300,4	90,9	26,6	42,1	8,7	0,3	53,4
1962/63	81,7	87,9	86,2	285,4	332,1	244,4	165,4	73,0	102,1	26,5	3,2	44,8
1963/64	88,3	708,7	236,3	22,0	396,2	312,5	60,3	26,3	162,5	23,0	11,7	66,9
1964/65	87,1	13,3	55,7	233,8	103,7	257,2	15,0	32,7	10,6	1,6	4,2	228,0
1965/66	119,6	399,9	215,5	426,6	559,6	1,7	349,7	24,1	79,6	6,5	38,0	22,8
1966/67	416,7	122,0	83,1	139,4	204,3	97,5	47,8	138,8	3,4	0,8	15,9	58,0
1967/68	71,5	178,0	24,0	9,6	410,4	66,8	198,3	127,7	7,0	0,3	41,7	109,1
1968/69	82,5	304,8	253,6	287,5	239,5	307,8	118,6	233,1	69,2	0,0	0,4	97,5
1969/70	51,2	183,3	118,4	533,9	60,3	27,9	26,5	179,2	85,9	4,2	18,1	16,0
1970/71	12,2	242,0	45,7	355,8	30,3	153,4	168,4	113,8	165,3	101,2	39,6	3,6
1971/72	17,4	31,5	54,5	193,9	352,0	135,4	27,7	62,8	29,0	38,8	3,2	73,8
1972/73	143,6	129,8	203,1	235,2	25,3	29,8	67,9	242,2	75,8	44,7	19,3	40,7
1973/74	168,2	75,6	142,7	363,2	233,7	50,0	50,3	116,4	204,4	7,4	0,1	39,2
1974/75	12,8	245,1	37,3	163,2	146,4	172,7	29,0	83,7	9,1	0,7	10,5	122,0
1975/76	63,4	84,6	43,5	49,7	48,8	41,4	45,7	5,2	10,6	40,9	54,8	119,9
1976/77	327,1	139,8	210,4	262,2	341,8	87,0	80,3	42,3	89,8	18,4	29,4	15,3
1977/78	142,2	61,3	223,9	121,0	310,4	131,2	136,2	109,6	38,3	0,0	0,0	11,6
1978/79	37,3	45,2	521,3	154,8	352,0	185,4	105,8	73,1	14,2	9,0	0,3	28,6
1979/80	221,1	51,9	101,4	118,6	45,0	104,1	35,7	61,9	49,1	3,7	13,7	26,5
1980/81	82,3	164,8	22,9	2,2	78,4	134,3	97,6	165,8	46,3	14,8	9,8	101,3
1981/82	174,6	0,1	566,1	122,0	92,9	5,8	58,7	78,2	48,0	4,4	16,9	126,9
1982/83	104,3	215,7	192,6	27,5	193,9	17,4	392,9	203,4	49,6	14,1	23,3	12,5
1983/84	56,5	190,4	307,7	173,4	27,7	195,8	118,7	156,5	140,6	5,7	31,9	38,2
1984/85	329,5	435,6	136,5	215,9	294,3	131,2	205,2	84,0	77,3	10,7	0,7	5,9

Tabela A.1.12 - Precipitações ponderadas na bacia hidrográfica (mm) definida pela estação de FRAGAS DA TORRE

Estação	Ariz	Arouca	Castro Daire	Covelo de Paivó	Mezio	Mosteiro de Cabrit	Pendilhe	Picão	Touro	Vila Nova de Paiva
Peso	0,1031	0,0506	0,0707	0,1294	0,0561	0,1546	0,1429	0,1034	0,0969	0,0921

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	160,0	164,0	452,0	75,3	50,2	253,5	149,2	239,4	77,8	0,4	16,6	61,7
1946/47	146,8	203,8	187,5	150,0	557,0	435,1	93,2	101,7	30,5	0,0	8,7	44,2
1947/48	83,4	95,8	228,9	546,6	77,1	104,0	59,8	144,3	6,5	0,5	45,4	16,4
1948/49	100,2	37,3	294,5	91,6	40,2	40,5	48,6	49,9	37,8	23,1	4,4	125,9
1949/50	78,4	220,3	96,2	39,8	297,1	114,0	31,4	218,2	77,9	24,3	10,3	29,4
1950/51	37,6	250,2	150,1	252,2	369,5	347,5	76,1	187,7	50,8	29,4	31,3	48,4
1951/52	109,8	383,7	95,0	89,4	40,0	245,9	114,5	203,6	74,8	33,2	30,7	72,1
1952/53	87,7	273,8	266,7	30,6	41,5	40,5	101,9	62,0	36,2	5,3	8,9	67,4
1953/54	177,3	145,9	89,8	89,0	132,9	315,4	91,3	68,7	59,9	1,7	31,8	4,3
1954/55	107,4	285,2	123,8	607,0	287,4	138,3	34,8	71,1	70,7	2,7	18,6	10,2
1955/56	43,7	350,1	417,4	257,3	52,1	429,6	203,5	195,5	11,1	40,0	97,0	131,1
1956/57	83,6	42,5	141,7	60,4	307,7	161,9	42,6	105,7	64,1	10,9	23,1	45,0
1957/58	16,1	165,0	152,8	245,3	214,6	339,3	119,1	78,2	135,9	30,2	40,6	42,8
1958/59	108,8	6,0	461,0	259,3	37,5	302,5	227,8	104,2	42,6	1,8	20,7	154,0
1959/60	187,3	376,7	581,5	248,7	451,4	388,0	109,8	149,8	35,0	9,1	63,0	144,6
1960/61	527,7	450,0	279,0	219,8	69,9	18,5	259,7	120,6	63,8	60,3	6,8	55,3
1961/62	222,9	198,1	453,2	248,5	48,3	358,7	93,9	31,3	44,1	15,3	0,4	49,7
1962/63	78,9	127,0	102,5	363,2	425,4	291,0	207,0	52,2	124,8	7,4	3,5	61,9
1963/64	90,3	756,2	281,1	30,7	426,4	327,6	68,7	32,9	129,5	30,1	17,0	67,8
1964/65	133,4	18,8	78,9	303,9	84,7	305,3	23,0	40,8	22,2	3,4	4,2	224,7
1965/66	161,1	473,8	320,8	471,9	687,8	2,1	389,6	42,1	91,2	6,2	29,6	31,1
1966/67	451,1	129,8	99,0	164,9	192,3	136,7	48,5	176,2	9,5	0,1	24,0	69,3
1967/68	78,8	184,7	30,8	20,1	452,8	78,9	221,8	158,9	7,6	0,6	37,7	122,9
1968/69	105,0	324,0	302,5	340,9	278,2	379,4	113,3	257,2	69,5	6,9	1,3	124,4
1969/70	55,6	219,9	148,2	579,2	78,0	33,4	31,2	208,5	77,3	7,6	26,1	15,8
1970/71	10,8	281,7	52,5	386,9	50,5	157,7	173,1	138,2	166,7	109,7	42,4	4,8
1971/72	51,0	43,6	60,5	259,5	438,4	179,6	42,4	70,6	40,1	39,6	5,2	82,8
1972/73	196,4	165,9	231,2	261,4	48,2	41,7	64,9	268,2	39,7	45,0	6,0	55,5
1973/74	180,7	65,0	133,0	435,4	233,6	61,5	48,9	115,8	275,4	3,6	0,0	33,8
1974/75	23,1	299,1	36,5	183,3	156,2	203,5	34,5	74,0	10,2	1,0	9,5	119,5
1975/76	91,5	122,9	53,4	109,1	77,3	79,9	63,6	7,2	40,4	47,7	105,4	120,9
1976/77	359,1	218,6	310,1	432,5	495,5	115,6	87,3	69,8	109,3	18,5	46,3	26,0
1977/78	204,0	115,3	425,6	219,3	518,2	189,7	181,8	114,2	61,3	0	0	19,04
1978/79	42,1	54,3	857,4	277,0	600,2	309,0	170,0	95,5	8,3	45,6	2,7	16,82
1979/80	353,6	102,5	189,0	151,8	108,5	184,0	62,8	94,8	57,9	11,0	18,0	37,96
1980/81	96,3	182,1	79,0	5,4	116,3	156,7	109,5	186,3	34,9	10,6	9,9	117,75
1981/82	177,7	0,0	660,7	131,1	121,4	6,2	72,6	96,1	47,3	7,7	17,5	128,16
1982/83	95,2	230,8	207,6	29,0	205,6	21,4	372,1	221,2	45,9	23,6	27,1	8,41
1983/84	45,2	225,4	324,3	215,7	46,6	193,7	146,8	150,5	117,9	3,0	34,8	44,51
1984/85	261,2	432,4	153,5	275,8	328,7	150,3	191,6	100,8	52,1	8,4	0,4	1,59

Tabela A.1.13 - Temperaturas mensais na estação de CASTELO BURGÃES (08G/01C) (1945/46 a 1984/85)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	15,40	11,22	8,73	8,29	8,78	10,21	12,21	14,11	17,78	20,05	19,88	18,59
1946/47	15,50	11,60	8,73	7,50	8,10	10,70	14,60	13,60	18,10	20,20	20,90	18,59
1947/48	16,60	13,50	8,30	9,50	8,78	10,21	12,40	11,20	19,20	19,90	19,90	20,90
1948/49	16,60	14,80	10,40	9,20	11,20	11,60	16,10	14,90	19,40	23,20	23,70	18,70
1949/50	16,20	11,10	9,30	8,00	9,50	11,80	12,90	14,90	18,30	20,40	19,10	18,10
1950/51	15,70	12,80	6,70	8,10	7,20	10,30	12,60	11,20	17,90	20,00	18,50	18,30
1951/52	13,80	10,50	9,80	6,40	9,20	12,30	12,20	15,60	18,80	21,30	18,60	18,59
1952/53	14,50	11,20	8,90	6,40	8,70	12,00	12,30	17,30	17,10	20,90	22,00	19,30
1953/54	14,30	12,60	10,90	6,20	6,90	9,10	12,20	14,60	15,70	20,10	17,40	17,00
1954/55	17,30	9,50	8,50	10,20	8,20	9,40	14,60	15,30	17,20	19,00	20,80	19,40
1955/56	15,60	11,40	10,00	8,30	4,80	9,70	11,50	15,80	18,00	18,30	17,20	15,50
1956/57	15,10	8,20	7,10	8,29	9,40	12,10	12,00	13,80	16,10	20,40	20,00	19,20
1957/58	15,40	11,22	6,00	8,00	10,20	9,30	11,70	14,10	15,90	17,50	18,00	17,30
1958/59	14,90	10,40	8,70	9,40	8,20	10,00	11,60	14,40	17,40	20,70	20,00	17,60
1959/60	14,00	10,20	8,10	8,10	8,80	10,60	13,10	14,30	18,60	19,00	17,00	17,10
1960/61	12,30	10,70	6,50	6,60	11,50	13,90	11,40	16,10	17,90	19,90	21,90	17,70
1961/62	13,20	9,90	10,30	7,80	7,50	9,50	11,80	14,00	18,50	17,80	19,20	17,80
1962/63	16,70	8,20	7,40	8,00	6,10	9,20	11,20	14,50	15,80	19,30	19,88	16,60
1963/64	16,30	10,80	7,00	8,29	8,70	8,40	10,10	15,70	17,60	18,60	19,70	19,40
1964/65	13,50	9,80	6,10	6,80	7,10	10,30	11,80	15,60	16,40	16,10	18,70	15,00
1965/66	14,90	8,90	7,90	9,80	9,30	10,00	10,90	15,20	16,10	19,30	18,00	18,50
1966/67	12,50	7,30	6,90	6,60	8,30	11,40	11,30	11,20	17,80	17,80	17,40	17,00
1967/68	14,10	9,70	6,00	7,10	7,70	9,30	10,00	13,30	16,00	18,00	18,30	15,40
1968/69	15,60	11,00	7,40	7,90	6,70	8,70	10,10	11,80	15,40	20,80	19,50	15,00
1969/70	15,00	11,22	6,40	7,90	7,10	8,90	10,90	16,20	20,00	21,70	19,70	21,20
1970/71	18,60	16,60	10,10	9,40	11,60	10,60	12,20	13,20	15,20	24,50	21,70	23,10
1971/72	20,90	13,50	13,10	9,70	9,80	10,90	14,70	13,10	17,80	23,10	23,60	22,10
1972/73	18,60	11,70	7,90	8,29	8,78	9,80	12,50	14,90	18,80	19,10	21,10	18,40
1973/74	15,40	12,70	8,10	10,10	8,50	9,70	11,20	14,10	18,20	20,90	19,90	16,50
1974/75	12,20	10,80	9,40	8,80	9,60	8,60	12,20	13,40	17,40	19,10	20,80	17,20
1975/76	16,00	10,70	7,40	8,20	8,90	11,60	11,50	14,60	20,50	21,90	20,10	17,00
1976/77	13,00	9,80	11,60	8,40	8,80	11,40	10,50	13,90	16,10	18,50	18,00	21,50
1977/78	15,70	11,30	12,00	8,50	8,78	10,70	10,60	13,90	16,70	19,80	19,80	22,30
1978/79	17,00	12,80	11,00	9,20	10,10	9,10	12,00	14,70	19,40	22,30	20,80	19,00
1979/80	14,70	12,50	10,80	9,70	10,30	11,10	14,60	14,20	17,70	19,70	21,10	19,50
1980/81	16,00	9,40	8,30	10,00	10,10	12,60	12,10	13,20	21,40	22,20	21,80	19,10
1981/82	15,40	11,22	8,73	8,29	8,78	10,21	12,21	14,11	17,78	20,05	19,88	18,59
1982/83	15,40	11,22	8,73	8,29	8,78	13,10	11,10	12,60	20,20	19,00	20,50	20,40
1983/84	16,50	15,30	11,10	8,10	8,80	10,30	15,50	11,80	18,90	20,30	21,30	18,90
1984/85	15,70	11,50	8,73	8,10	11,70	9,90	14,10	13,80	18,00	21,30	19,50	22,40
MÉDIA	15,40	11,22	8,73	8,29	8,78	10,21	12,21	14,11	17,78	20,05	19,88	18,59

Anexo II - Dados para Transposição de informação hidrométrica

Tabela A.2.1 - Escoamentos mensais na estação de FRAGAS DA TORRE (1945/46 a 1989/90)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Escoamento Mensal (dam³) em FRAGAS DA TORRE (08H/02H)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1945/46	6800	30700	210400	55800	41000	84500	55900	102800	62500	11400	4500	5800
1946/47	12950	37000	93670	84070	330120	261690	129220	42750	14870	4670	2590	2910
1947/48	4280	8000	51390	279630	69500	37500	32500	31270	17250	3960	3550	2300
1948/49	6560	7310	61970	61110	17580	12420	8840	7670	3730	1750	460	3710
1949/50	5580	35230	31700	20960	116140	59490	23120	41380	29740	10630	2870	2430
1950/51	4110	35790	43310	105450	229820	274010	41910	54870	34740	12010	4240	4690
1951/52	8360	138160	39770	36420	33640	71740	79490	91660	26750	11650	6480	5330
1952/53	9350	59060	102910	50460	22030	14190	15480	15970	6800	2960	860	3870
1953/54	13080	26340	37570	19990	47900	130750	38020	43960	13550	3100	1980	1460
1954/55	6240	49770	58650	287080	163840	82340	31920	17470	12960	3230	1670	1990
1955/56	2840	76940	171020	134300	42410	195120	107790	66190	34530	12390	9310	15960
1956/57	17740	10770	18800	29560	131060	64790	33720	30490	15390	4930	1990	2300
1957/58	2890	18900	30990	85280	105920	137710	124980	24520	25220	16320	4480	5050
1958/59	14370	5210	139010	120870	43290	111740	99340	50290	21270	5060	2160	7850
1959/60	26780	129600	330370	150530	261460	250630	98720	44480	20150	5940	4550	7740
1960/61	162180	277730	152020	143240	58410	25570	58120	36950	24140	12530	3300	2770
1961/62	18600	49370	211270	216220	32380	166260	88590	24300	9860	3800	1590	1920
1962/63	4210	11100	12340	157340	217340	188330	122120	31510	37130	9020	3370	3870
1963/64	5470	335340	187260	42360	188180	234640	66340	24540	28700	10910	4260	3730
1964/65	12410	6550	8320	64640	48430	136130	32340	17000	7960	3030	1380	14280
1965/66	36280	191240	181070	299510	469360	76910	179550	36220	19470	5710	2840	2590
1966/67	104330	63440	50330	70220	96300	83360	28890	46970	16360	5230	2990	3270
1967/68	5130	26770	12590	10280	163440	51340	76130	88680	17110	5590	3270	7480
1968/69	9400	100850	152170	176060	152220	260250	62120	104280	39960	11890	4140	7930
1969/70	8590	35230	29510	356360	86970	29570	16890	56220	20180	7180	3420	2860
1970/71	2810	20590	19540	138250	51090	63030	61410	59510	75430	27430	12420	5200
1971/72	6420	4720	6320	61240	233200	97350	31100	19900	11810	5510	2120	3040
1972/73	13010	40310	89660	165280	41030	25300	16940	101020	26350	10380	3420	3720
1973/74	19580	18740	30490	237300	185500	43920	26230	35370	76380	30200	6660	5400
1974/75	4650	48050	21990	64240	81910	126600	29230	19640	10420	3570	1820	4630
1975/76	10710	16740	22880	17420	35180	26770	18120	10520	4060	3660	2860	5610
1976/77	88110	118340	140650	235680	338670	97920	66580	25450	21990	9980	6100	3600
1977/78	21640	25240	205900	94950	297500	170290	64480	82130	26130	9300	3600	2810
1978/79	3330	4500	331730	165250	437630	170120	140800	39840	22090	9220	3340	2730
1979/80	53140	41270	61160	83520	71060	70100	43820	34940	17400	6900	3480	2890
1980/81	5940	27200	20870	12980	15740	39140	56130	62630	20590	5970	2540	4660
1981/82	31410	9210	227670	135510	44920	32650	22370	18870	12810	5130	2560	4490
1982/83	15320	53990	96600	32520	67210	37850	126820	163330	35850	12930	6940	4430
1983/84	4920	29710	129110	89270	55190	64290	85880	54780	45880	13820	5900	4340
1984/85	32250	166200	115510	141640	218300	78610	103270	34270	31620	9350	4610	2950
1985/86	3860	17790	76030	116000	185490	67640	43660	32310	12880	5510	3370	6220

Tabela A.2.2 - Escoamentos mensais na estação de FRAGAS DA TORRE (1945/46 a 1989/90)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1986/87	6950	16110	30800	47350	92150	49870	82390	24900	11870	5950	2970	9990
1987/88	93290	45550	97250	161660	139720	29200	45170	68630	41950	54990	11890	6550
1988/89	11940	15470	15170	11800	41910	42280	49880	20460	12090	4170	3010	3000
1989/90	5410	53330	241950	95070	93860	30580	28640	16770	7210	3410	2880	2570

$\Sigma \forall$ anuais (dam ³)	30095260
\forall anual médio	668783,56
Área da bacia definida por FRAGAS DA TORRE (km ²)	646,68
H escoamento méd (mm)	1034,18

Tabela A.2.3 - Escoamentos mensais na estação de ERMIDA CORGO (06K/01H) (1956/57 a 1989/90)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Escoamento Mensal (dam³) em ERMIDA CORGO (06K/01H)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1956/57	5090	3560	6670	11710	50110	36730	15900	13850	5050	890	80	160
1957/58	470	2430	7670	23020	27240	45780	35630	11850	9350	6260	750	1110
1958/59	7670	2750	69840	42030	20580	39040	41640	21430	10080	1230	510	2560
1959/60	8980	45280	135510	46630	100930	82690	31900	14030	5390	680	610	1320
1960/61	47890	95720	55610	55400	25370	12170	28440	17530	8340	2350	570	350
1961/62	2580	15970	72680	67280	13710	55470	41830	11610	3900	830	220	90
1962/63	290	980	3020	37510	75930	64190	41280	13420	13580	1850	550	510
1963/64	1220	75630	59940	17330	56320	68130	24480	10820	11270	1770	420	290
1964/65	3920	2300	3630	24790	19380	58640	13220	6700	1920	100	0	3180
1965/66	9370	50420	68190	120530	155500	26200	65620	15720	10990	1410	180	10
1966/67	11680	26610	14130	20260	36970	29470	11160	28850	7780	1340	300	0
1967/68	100	8770	4320	3610	44190	24410	29650	29330	5190	770	220	3790
1968/69	4350	33690	75970	74520	59010	107450	30560	42850	18480	4290	620	3030
1969/70	3620	11960	12640	115320	35490	15110	9900	24400	9680	1530	470	430
1970/71	500	8990	9470	57410	23000	30090	23010	28760	32620	13370	4660	1640
1971/72	2850	2220	3670	25790	99950	45660	14520	12060	4100	1320	230	1130
1972/73	6140	16820	33820	59120	15780	9420	6890	28350	11420	3550	1490	1650
1973/74	6910	4940	10120	64510	68810	20630	12530	14470	28700	11820	1360	1740
1974/75	1430	12070	8330	27990	35610	48310	13910	8990	3640	500	90	1110
1975/76	4880	9340	13830	8930	19540	15110	11750	5670	1210	840	410	940
1976/77	38020	41640	70690	102670	131970	44560	28400	13950	10130	3200	1090	820
1977/78	11720	14100	79750	54740	123340	64970	25510	25110	9500	3030	880	710
1978/79	700	1400	136900	72890	164990	68920	61000	19520	9180	1990	590	440
1979/80	18760	17640	28880	36960	37250	30130	22700	25170	9700	1890	750	700
1980/81	3020	11950	8320	5790	7170	23330	32550	23640	8510	1450	140	1520
1981/82	24170	2820	110970	48120	22730	15190	9550	5220	2070	270	40	220
1982/83	6290	23670	49380	14600	20190	15910	51480	66560	16050	2290	990	650
1983/84	1030	16140	68120	40710	24280	32300	35780	26110	18620	2580	910	860
1984/85	13860	81030	50950	72490	97950	41900	40600	13770	11260	1210	320	250
1985/86	360	5130	36500	52530	72270	31620	24180	15520	2820	360	140	1310
1986/87	1700	6740	13810	20260	38310	22060	30900	8090	2580	1040	170	680
1987/88	23360	15860	35240	68660	60720	11210	15700	28060	14680	15310	1510	830
1988/89	2860	5230	6790	4540	20420	25390	27360	7740	4260	540	370	340
1989/90	800	13950	80930	38660	37080	10830	8040	3120	1110	120	50	190

Σ V anuais (dam ³)	9094280
V anual médio	267478,82
Área da bacia definida por ERMIDA CORGO (km ²)	294,22
H escoamento méd (mm)	909,1116

Tabela A.2.4 - Escoamentos mensais na estação de SANTA MARTA DO ALVÃO (05K/01H) (1955/56 a 1989/90)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Escoamento Mensal (dam³) em SANTA MARTA DO ALVÃO (05K/01H)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1955/56	190	5860	12990	9220	2890	11300	7210	3800	1910	660	340	820
1956/57	950	610	1190	1980	12680	6580	2480	2150	810	310	130	120
1957/58	100	570	1420	4000	6820	10320	7530	1640	1870	1170	440	330
1958/59	1750	500	15150	8550	3420	8170	7870	3970	1230	360	160	510
1959/60	2110	9060	25360	9360	17230	14940	5130	1840	950	260	260	290
1960/61	10070	16170	9360	10450	4610	1770	5090	3450	1590	560	230	110
1961/62	880	3050	14600	13110	2100	13340	6490	1600	540	200	100	80
1962/63	190	370	540	7990	13700	13320	7180	1630	1950	410	160	150
1963/64	310	15750	9960	2740	10190	14660	4390	1350	1860	430	150	120
1964/65	820	360	590	4730	3890	12270	2480	900	410	160	60	1110
1965/66	2580	11340	14000	20010	24380	4200	13040	2330	1290	360	180	150
1966/67	3400	6640	3380	4930	6630	6330	2570	5200	1750	380	180	150
1967/68	270	1940	750	580	9790	4880	5510	6250	1050	280	130	430
1968/69	700	7430	12050	14450	9870	22210	6840	8530	3590	920	290	510
1969/70	530	2780	2080	20610	6670	1960	980	3850	1330	420	230	160
1970/71	120	1680	1560	10420	4140	5270	4080	5270	5760	3020	1290	400
1971/72	540	410	590	4670	16840	7830	2060	1200	470	180	120	190
1972/73	800	3810	7420	9980	2650	1320	830	6320	1790	1580	490	270
1973/74	2280	1120	1900	16090	13200	3570	1990	2410	5100	1790	320	330
1974/75	200	2850	1750	6020	6920	10220	2100	1000	380	90	60	440
1975/76	1320	2150	2970	1520	4380	2800	1800	900	410	270	120	240
1976/77	6130	7040	11790	14650	21290	9260	5180	1730	1450	490	190	170
1977/78	1600	1810	13530	7790	21960	14080	4600	4570	1300	500	150	100
1978/79	120	190	25920	10930	24650	11690	8870	2700	1300	370	150	70
1979/80	3560	2260	5400	6990	6130	5670	3760	3920	1440	470	210	170
1980/81	450	2280	1220	840	920	4540	5920	5020	1720	460	160	470
1981/82	3100	770	21490	7270	3320	2070	1360	730	590	230	100	230
1982/83	1660	6120	8780	2610	3310	2550	10040	10950	2540	660	330	160
1983/84	210	2240	10850	7580	3840	6340	5080	4410	4180	920	340	200
1984/85	3140	14110	7550	9890	13170	6250	7240	1880	2200	450	170	80
1985/86	90	1270	7880	9310	13790	4680	4380	2550	600	220	100	240
1986/87	310	1130	2350	3660	6090	3550	5740	1440	530	320	110	100
1987/88	4190	2950	7590	13540	10230	1800	2950	5090	2920	3510	530	290
1988/89	530	1170	1400	830	2570	4330	6040	1650	790	240	80	70
1989/90	150	2600	14440	7290	7640	2300	1980	560	220	100	50	50

Σ V anuais (dam ³)	1719980
V anual médio	49142,29
Área da bacia definida por SANTA MARTA DO ALVÃO(km ²)	48,76
H escoamento méd (mm)	1007,84

Anexo III - Dados para análise de caudais de ponta de cheia

Tabela A.3.1 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em a) ARIZ e b) AROUCA e respectivas média e desvio-padrão

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

a)	Ano Hid.	Ariz		b)	Ano Hid.	Arouca	
		Nº Ano	P _d (mm)			Nº Ano	P _d (mm)
	1945/46	1	72,6		1945/46	1	64,4
	1946/47	2	58,0		1946/47	2	58,2
	1947/48	3	97,4		1947/48	3	75,7
	1948/49	4	65,8		1948/49	4	96,3
	1949/50	5	59,0		1949/50	5	45,5
	1950/51	6	53,0		1950/51	6	55,5
	1951/52	7	55,0		1951/52	7	42,0
	1952/53	8	80,6		1952/53	8	58,0
	1953/54	9	75,0		1953/54	9	98,0
	1954/55	10	82,0		1954/55	10	93,2
	1955/56	11	87,8		1955/56	11	128,8
	1956/57	12	49,0		1956/57	12	63,6
	1957/58	13	62,6		1957/58	13	62,2
	1958/59	14	66,0		1958/59	14	60,8
	1959/60	15	83,0		1959/60	15	87,2
	1960/61	16	78,2		1960/61	16	67,8
	1961/62	17	78,4		1961/62	17	74,5
	1962/63	18	58,0		1962/63	18	88,6
	1963/64	19	175,2		1963/64	19	81,8
	1964/65	20	63,4		1964/65	20	108,2
	1965/66	21	113,0		1965/66	21	91,3
	1966/67	22	77,0		1966/67	22	74,8
	1967/68	23	66,0		1967/68	23	63,3
	1968/69	24	69,5		1968/69	24	86,7
	1969/70	25	68,0		1969/70	25	93,6
	1970/71	26	61,5		1970/71	26	60,0
	1971/72	27	50,0		1971/72	27	60,5
	1972/73	28	80,0		1972/73	28	104,0
	1973/74	29	74,0		1973/74	29	90,3
	1974/75	30	85,0		1974/75	30	65,8
	1975/76	31	53,0		1975/76	31	58,5
	1976/77	32	97,5		1976/77	32	91,5
	1977/78	33	91,0		1977/78	33	90,5
	1978/79	34	96,0		1978/79	34	118,0
	1979/80	35	58,0		1979/80	35	58,5
	1980/81	36	50,0		1980/81	36	56,0
	1981/82	37	60,0		1981/82	37	78,5
	1982/83	38	80,0		1982/83	38	70,0
	1983/84	39	59,0		1983/84	39	52,0
	1984/85	40	91,0		1984/85	40	78,5
		Média (mm)	74,49			Média (mm)	76,32
		Desvio Padrão (mm)	22,43			Desvio Padrão (mm)	19,95

Tabela A.3.2 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em c) CASTRO DAIRE e d) COVELO DE PAIVÔ e respectivas média e desvio-padrão

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

c)	Ano Hid.	Castro Daire		d)	Ano Hid.	Covelo de Paivô	
		Nº Ano	P _d (mm)			Nº Ano	P _d (mm)
	1945/46	1	73,6		1945/46	1	71,6
	1946/47	2	78,4		1946/47	2	25,7
	1947/48	3	99,6		1947/48	3	24,9
	1948/49	4	64,6		1948/49	4	23,2
	1949/50	5	80,4		1949/50	5	29,7
	1950/51	6	78,8		1950/51	6	23,2
	1951/52	7	99,0		1951/52	7	32,0
	1952/53	8	90,6		1952/53	8	110,2
	1953/54	9	93,0		1953/54	9	120,0
	1954/55	10	71,0		1954/55	10	93,4
	1955/56	11	121,2		1955/56	11	168,6
	1956/57	12	54,3		1956/57	12	74,2
	1957/58	13	104,4		1957/58	13	123,4
	1958/59	14	88,6		1958/59	14	94,0
	1959/60	15	84,9		1959/60	15	119,0
	1960/61	16	86,6		1960/61	16	101,2
	1961/62	17	59,1		1961/62	17	87,2
	1962/63	18	72,6		1962/63	18	104,2
	1963/64	19	118,8		1963/64	19	184,0
	1964/65	20	90,2		1964/65	20	129,2
	1965/66	21	111,0		1965/66	21	122,2
	1966/67	22	140,6		1966/67	22	149,3
	1967/68	23	83,7		1967/68	23	88,0
	1968/69	24	67,4		1968/69	24	91,3
	1969/70	25	84,4		1969/70	25	102,5
	1970/71	26	66,5		1970/71	26	94,4
	1971/72	27	69,7		1971/72	27	94,0
	1972/73	28	96,8		1972/73	28	133,0
	1973/74	29	74,9		1973/74	29	120,5
	1974/75	30	91,1		1974/75	30	93,2
	1975/76	31	73,8		1975/76	31	94,8
	1976/77	32	83,6		1976/77	32	147,0
	1977/78	33	125,5		1977/78	33	144,7
	1978/79	34	119,3		1978/79	34	149,4
	1979/80	35	75,8		1979/80	35	65,1
	1980/81	36	79,1		1980/81	36	79,4
	1981/82	37	92,5		1981/82	37	108,2
	1982/83	38	93,1		1982/83	38	147,1
	1983/84	39	77,4		1983/84	39	79,5
	1984/85	40	88,5		1984/85	40	79,8
		Média (mm)	87,61			Média (mm)	98,06
		Desvio Padrão (mm)	18,88			Desvio Padrão (mm)	40,62

Tabela A.3.3 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em e) MEZIO e f) MOSTEIRO DE CABRIL e respectivas média e desvio-padrão

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

e)	Ano Hid.	Mezio		f)	Ano Hid.	Mosteiro de Cabril	
		Nº Ano	P _d (mm)			Nº Ano	P _d (mm)
	1945/46	1	87,9		1945/46	1	52,2
	1946/47	2	95,1		1946/47	2	53,4
	1947/48	3	107,0		1947/48	3	71,6
	1948/49	4	86,6		1948/49	4	58,6
	1949/50	5	103,1		1949/50	5	82,2
	1950/51	6	113,9		1950/51	6	65,8
	1951/52	7	140,9		1951/52	7	63,2
	1952/53	8	114,3		1952/53	8	48,6
	1953/54	9	92,5		1953/54	9	93,6
	1954/55	10	111,0		1954/55	10	73,4
	1955/56	11	157,7		1955/56	11	119,4
	1956/57	12	92,0		1956/57	12	64,8
	1957/58	13	154,3		1957/58	13	56,2
	1958/59	14	107,3		1958/59	14	69,2
	1959/60	15	119,0		1959/60	15	93,2
	1960/61	16	128,5		1960/61	16	66,2
	1961/62	17	91,1		1961/62	17	45,3
	1962/63	18	98,6		1962/63	18	60,2
	1963/64	19	152,8		1963/64	19	95,3
	1964/65	20	159,5		1964/65	20	80,2
	1965/66	21	93,9		1965/66	21	77,0
	1966/67	22	132,5		1966/67	22	75,0
	1967/68	23	76,4		1967/68	23	51,5
	1968/69	24	102,0		1968/69	24	66,8
	1969/70	25	126,0		1969/70	25	71,0
	1970/71	26	84,7		1970/71	26	89,5
	1971/72	27	106,4		1971/72	27	81,4
	1972/73	28	150,0		1972/73	28	63,0
	1973/74	29	162,7		1973/74	29	31,7
	1974/75	30	105,2		1974/75	30	53,0
	1975/76	31	61,0		1975/76	31	53,4
	1976/77	32	170,0		1976/77	32	72,0
	1977/78	33	175,5		1977/78	33	79,6
	1978/79	34	133,9		1978/79	34	72,7
	1979/80	35	80,0		1979/80	35	64,6
	1980/81	36	86,3		1980/81	36	76,6
	1981/82	37	90,3		1981/82	37	56,3
	1982/83	38	128,0		1982/83	38	61,3
	1983/84	39	66,2		1983/84	39	75,3
	1984/85	40	129,0		1984/85	40	75,0
		Média (mm)	114,33			Média (mm)	68,98
		Desvio Padrão (mm)	29,62			Desvio Padrão (mm)	16,09

Tabela A.3.4 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em g) PENDILHE e h) PICÃO e respectivas média e desvio-padrão

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

g)	Ano Hid.	Pendilheo		h)	Ano Hid.	Picão	
		Nº Ano	P _d (mm)			Nº Ano	P _d (mm)
	1945/46	1	81,6		1945/46	1	70,6
	1946/47	2	60,2		1946/47	2	91,4
	1947/48	3	68,4		1947/48	3	102,2
	1948/49	4	58,2		1948/49	4	64,4
	1949/50	5	89,8		1949/50	5	122,1
	1950/51	6	77,2		1950/51	6	74,6
	1951/52	7	87,0		1951/52	7	114,6
	1952/53	8	86,4		1952/53	8	74,2
	1953/54	9	80,6		1953/54	9	114,8
	1954/55	10	100,2		1954/55	10	96,8
	1955/56	11	104,2		1955/56	11	146,2
	1956/57	12	26,8		1956/57	12	75,0
	1957/58	13	51,4		1957/58	13	95,0
	1958/59	14	93,4		1958/59	14	103,2
	1959/60	15	86,5		1959/60	15	113,4
	1960/61	16	87,6		1960/61	16	107,6
	1961/62	17	59,3		1961/62	17	81,0
	1962/63	18	67,6		1962/63	18	112,2
	1963/64	19	112,8		1963/64	19	128,3
	1964/65	20	102,1		1964/65	20	82,1
	1965/66	21	99,9		1965/66	21	92,5
	1966/67	22	124,9		1966/67	22	68,5
	1967/68	23	97,3		1967/68	23	65,6
	1968/69	24	72,8		1968/69	24	75,6
	1969/70	25	86,1		1969/70	25	81,6
	1970/71	26	70,0		1970/71	26	65,6
	1971/72	27	80,3		1971/72	27	91,5
	1972/73	28	82,5		1972/73	28	100,2
	1973/74	29	77,8		1973/74	29	112,8
	1974/75	30	91,8		1974/75	30	77,0
	1975/76	31	58,0		1975/76	31	81,0
	1976/77	32	94,9		1976/77	32	96,8
	1977/78	33	122,4		1977/78	33	113,7
	1978/79	34	109,1		1978/79	34	111,0
	1979/80	35	58,9		1979/80	35	78,0
	1980/81	36	82,7		1980/81	36	83,0
	1981/82	37	81,4		1981/82	37	92,1
	1982/83	38	88,2		1982/83	38	100,2
	1983/84	39	109,0		1983/84	39	90,0
	1984/85	40	106,3		1984/85	40	129,0
		Média (mm)	84,39			Média (mm)	94,39
		Desvio Padrão (mm)	20,22			Desvio Padrão (mm)	19,89

Tabela A.3.5 - Precipitações diárias máximas anuais (mm) em i) TOURO e j) VILA NOVA DE PAIVA e respectivas média e desvio-padrão

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

i)	Ano Hid.	Touro		j)	Ano Hid.	Vila Nova de Paiva	
		Nº Ano	P _d (mm)			Nº Ano	P _d (mm)
	1945/46	1	91,6		1945/46	1	74,2
	1946/47	2	69,0		1946/47	2	56,7
	1947/48	3	100,0		1947/48	3	98,8
	1948/49	4	83,8		1948/49	4	60,0
	1949/50	5	76,4		1949/50	5	69,8
	1950/51	6	70,0		1950/51	6	57,0
	1951/52	7	89,0		1951/52	7	85,4
	1952/53	8	98,0		1952/53	8	68,8
	1953/54	9	75,0		1953/54	9	56,8
	1954/55	10	88,5		1954/55	10	95,4
	1955/56	11	108,0		1955/56	11	87,0
	1956/57	12	58,4		1956/57	12	57,8
	1957/58	13	102,0		1957/58	13	59,2
	1958/59	14	72,2		1958/59	14	57,0
	1959/60	15	92,0		1959/60	15	58,0
	1960/61	16	100,0		1960/61	16	75,7
	1961/62	17	71,0		1961/62	17	72,7
	1962/63	18	72,4		1962/63	18	65,2
	1963/64	19	215,0		1963/64	19	156,8
	1964/65	20	93,0		1964/65	20	106,9
	1965/66	21	107,0		1965/66	21	81,9
	1966/67	22	103,0		1966/67	22	85,5
	1967/68	23	85,0		1967/68	23	67,3
	1968/69	24	72,1		1968/69	24	76,8
	1969/70	25	101,3		1969/70	25	76,5
	1970/71	26	60,5		1970/71	26	87,5
	1971/72	27	61,4		1971/72	27	60,5
	1972/73	28	98,5		1972/73	28	92,8
	1973/74	29	125,7		1973/74	29	60,7
	1974/75	30	92,0		1974/75	30	71,8
	1975/76	31	60,0		1975/76	31	51,8
	1976/77	32	121,3		1976/77	32	89,6
	1977/78	33	75,0		1977/78	33	54,0
	1978/79	34	141,2		1978/79	34	62,5
	1979/80	35	83,5		1979/80	35	48,5
	1980/81	36	89,2		1980/81	36	54,5
	1981/82	37	85,0		1981/82	37	82,2
	1982/83	38	82,5		1982/83	38	107,5
	1983/84	39	75,2		1983/84	39	70,5
	1984/85	40	102,0		1984/85	40	121,5
		Média (mm)	91,17			Média (mm)	75,58
		Desvio Padrão (mm)	27,17			Desvio Padrão (mm)	21,69

Tabela A.3.6 - Aplicação da Lei de Gumbel, para cada período de retorno, a cada posto udométrico

LEI DE GUMBEL																
T	POSTOS															
	Ariz		Arouca		Castro Daire		Covelo de Paivô		Mezio		Mosteiro de Cabril		Pendilhe		Picão	
	K _g	P (mm)	K _g	P (mm)	K _g	P (mm)	K _g	P (mm)	K _g	P (mm)	K _g	P (mm)	K _g	P (mm)	K _g	P (mm)
2	-0,164	70,80	-0,164	73,04	-0,164	84,51	-0,164	91,38	-0,164	109,46	-0,164	66,34	-0,164	81,07	-0,164	91,12
10	1,305	103,75	1,305	102,34	1,305	112,24	1,305	151,04	1,305	152,96	1,305	89,97	1,305	110,77	1,305	120,33
50	2,592	132,63	2,592	128,02	2,592	136,56	2,592	203,35	2,592	191,10	2,592	110,69	2,592	136,82	2,592	145,94
100	3,137	144,84	3,137	138,88	3,137	146,84	3,137	225,46	3,137	207,22	3,137	119,45	3,137	147,83	3,137	156,77
1000	4,936	185,19	4,936	174,77	4,936	180,81	4,936	298,52	4,936	260,50	4,936	148,39	4,936	184,21	4,936	192,54

Tabela A.3.7 - Cálculo da precipitação diária máxima anual ponderada na bacia hidrográfica

PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA ANUAL PONDERADA (mm)												BACIA
POSTOS												
	Ariz	Arouca	Castro Daire	Covelo de Paivô	Mezio	Mosteiro de Cabril	Pendilhe	Picão	Touro	Vila Nova de Paiva	HIDROGRÁFICA (P _{pm})	
	PESOS	0,1031	0,0506	0,0707	0,1294	0,0561	0,1546	0,1429	0,1034	0,0969	0,0921	1
T	2	7,301	3,697	5,974	11,828	6,144	10,258	11,584	9,426	8,405	6,633	81,250
	10	10,698	5,180	7,934	19,550	8,586	13,913	15,828	12,448	12,273	9,568	115,978
	50	13,676	6,480	9,653	26,320	10,726	17,116	19,550	15,097	15,664	12,141	146,424
	100	14,935	7,030	10,379	29,182	11,631	18,471	21,123	16,217	17,098	13,229	159,295
	1000	19,095	8,846	12,780	38,639	14,622	22,946	26,321	19,918	21,835	16,824	201,825

Tabela A.3.8 - Caudais instantâneos máximos anuais na estação de FRAGAS DA TORRE (1946/47 a 1994/95)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Caudal instantâneo máximo anual (m^3/s) em FRAGAS DA TORRE (08H/02H)

	Q_{ima} (m^3/s)		Q_{ima} (m^3/s)
1946/47	548	1982/83	376
1947/48	607	1983/84	496
1948/49	217	1984/85	575
1949/50	374	1985/86	375
1950/51	475	1986/87	181
1951/52	296	1987/88	485
1952/53	415	1988/89	258
1953/54	261	1989/90	498
1954/55	653	1990/91	312
1955/56	612	1991/92	184
1956/57	389	1992/93	476
1957/58	376	1993/94	513
1958/59	492	1994/95	311
1959/60	684		
1960/61	596		
1961/62	563		
1962/63	602	Média (m^3/s)	462,469
1963/64	1144	Desvio Padrão (m^3/s)	191,863
1964/65	300	Coefficiente de assimetria, Ca	0,721
1965/66	788		
1966/67	420		
1967/68	367		
1968/69	578		
1969/70	677		
1970/71	331		
1971/72	604		
1972/73	542		
1973/74	491		
1974/75	186		
1975/76	89		
1976/77	671		
1977/78	669		
1978/79	675		
1979/80	258		
1980/81	234		
1981/82	437		

Tabela A.3.9 - Aplicação das leis estatísticas de GUMBEL e PEARSON III, a cada período de retorno, para cálculo do caudal de ponta de cheia

T	LEI GUMBEL		LEI PEARSON III			
	K_G	$Q (m^3/s)$	W	K_N	K_P	$Q (m^3/s)$
2	-0,164	430,949	1,177	0,000	-0,119	439,732
10	1,305	712,764	2,146	1,282	1,331	717,889
50	2,592	959,831	2,797	2,054	2,419	926,497
100	3,137	1064,279	3,035	2,327	2,844	1008,082
1000	4,936	1409,410	3,717	3,091	4,157	1260,124

Anexo IV - Tabelas Consultadas

Tabela A.4.1 - Insolação astronómica diária (QUINTELA, 1996)

TABELA DA INSOLAÇÃO ASTRONÓMICA DIÁRIA EXPRESSA EM UNIDADES
DE 12 h DE UM MÊS COM 30 DIAS

latitude	Mês											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0°N												
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
10	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
15	0,97	0,91	1,03	1,04	1,11	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95	0,97
20	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
25	0,93	0,89	1,03	1,06	1,15	1,14	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
26	0,92	0,88	1,03	1,06	1,15	1,15	1,17	1,12	1,02	0,99	0,91	0,91
27	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,90	0,90
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,90	0,90
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,90	0,89
30	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
31	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,18	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
32	0,89	0,86	1,03	1,08	1,19	1,19	1,21	1,15	1,03	0,98	0,88	0,87
33	0,88	0,86	1,03	1,09	1,19	1,20	1,22	1,15	1,03	0,97	0,88	0,86
34	0,88	0,85	1,03	1,09	1,20	1,20	1,22	1,16	1,03	0,97	0,87	0,86
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
36	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,96	0,86	0,84
37	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76
45	0,80	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
46	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74
47	0,77	0,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73
48	0,76	0,80	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	0,95	0,93	0,77	0,72
49	0,75	0,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	0,93	0,76	0,71
50	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70
0°S												
5	1,06	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
10	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
15	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
20	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
25	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
30	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
35	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,00	1,13	1,17	1,25
40	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1,00	1,15	1,20	1,29
42	1,28	1,07	1,07	0,92	0,85	0,76	0,82	0,92	1,00	1,16	1,22	1,31
44	1,30	1,08	1,07	0,92	0,83	0,74	0,81	0,91	0,99	1,17	1,23	1,33
46	1,32	1,10	1,07	0,91	0,82	0,72	0,79	0,90	0,99	1,17	1,25	1,35
48	1,34	1,11	1,08	0,90	0,80	0,70	0,76	0,89	0,99	1,18	1,27	1,37
50	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

	Períodos de retorno (anos)															
	2		5		10		20		50		100		500		1000	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Códigos	Posto udográfico															
02G09	292.29	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472
03J05																
03Q01																
05T01	255.40	-0.701	269.27	-0.669	283.58	-0.656	299.23	-0.646	321.19	-0.636	338.48	-0.630	360.08	-0.620	398.44	-0.617
06K07																
03M01	171.15	-0.654	189.58	-0.635	203.14	-0.627	216.72	-0.621	234.84	-0.614	248.70	-0.610	281.34	-0.603	295.54	-0.601
06I01																
06P01																
08P02																
03E03	325.76	-0.652	317.36	-0.616	320.05	-0.599	325.96	-0.586	336.65	-0.574	346.17	-0.566	371.29	-0.552	383.00	-0.547
07F01	278.52	-0.669	360.93	-0.677	415.45	-0.681	467.72	-0.684	535.37	-0.687	586.04	-0.689	703.13	-0.693	753.46	-0.694
10F01																
10J01	208.61	-0.504	235.18	-0.496	253.03	-0.492	270.27	-0.488	292.72	-0.485	309.62	-0.482	348.84	-0.478	365.76	-0.477
10H01	239.96	-0.639	347.38	-0.661	419.30	-0.666	488.63	-0.660	578.72	-0.663	646.41	-0.666	803.21	-0.669	870.74	-0.671
11I01	223.11	-0.569	246.16	-0.542	262.85	-0.534	279.48	-0.528	301.63	-0.522	318.54	-0.518	368.34	-0.511	375.66	-0.508
11L05	153.40	-0.505	168.42	-0.488	179.26	-0.480	190.07	-0.473	204.45	-0.467	215.44	-0.463	241.30	-0.455	252.57	-0.453
12L03	271.67	-0.653	485.15	-0.695	639.05	-0.712	792.84	-0.725	998.29	-0.736	1155.70	-0.745	1527.60	-0.758	1689.90	-0.762
12G01	201.11	-0.5287	213.87	-0.5023	224.77	-0.4901	236.26	-0.4809	252.11	-0.4715	264.47	-0.4658	294.1	-0.4566	307.14	-0.4521
13L02	362.78	-0.698	545.58	-0.721	670.81	-0.732	792.97	-0.739	953.23	-0.747	1074.50	-0.752	1357.30	-0.760	1479.80	-0.762
21C06	474.64	-0.756	763.29	-0.764	955.11	-0.767	1139.40	-0.769	1378.10	-0.771	1557.10	-0.772	1970.90	-0.773	2148.80	-0.774
20C01	381.00	-0.705	812.46	-0.753	1122.70	-0.770	1430.30	-0.781	1837.50	-0.792	2147.20	-0.797	2872.40	-0.807	3186.90	-0.810
22D01																
16H01																
18M01	252.46	-0.639	287.90	-0.624	312.55	-0.617	336.72	-0.612	368.50	-0.606	392.58	-0.603	448.78	-0.597	473.11	-0.596
20E01																
20I01	262.93	-0.680	395.64	-0.689	493.85	-0.692	568.61	-0.695	678.44	-0.697	760.81	-0.698	951.27	-0.700	1033.20	-0.701
22J02	354.04	-0.712	532.50	-0.732	654.02	-0.741	772.17	-0.747	926.70	-0.753	1043.40	-0.757	1314.90	-0.764	1432.20	-0.766
25J02	368.82	-0.725	511.80	-0.742	608.92	-0.750	703.36	-0.756	826.97	-0.762	920.38	-0.766	1136.10	-0.773	1232.00	-0.776
23G01																
26D01	293.59	-0.709	455.06	-0.733	566.36	-0.740	675.25	-0.752	818.37	-0.759	926.80	-0.764	1180.00	-0.772	1289.80	-0.775
20T01	489.17	-0.750	839.99	-0.778	1082.00	-0.790	1318.40	-0.797	1628.20	-0.805	1862.50	-0.809	2406.20	-0.816	2644.10	-0.819
27G01																
Reliquias																
Caírala *																
S. Brás de Alportel *																
S. Brás de Alportel *																
Figueirais *																
30M01																
31F01	420.21	-0.773	481.99	-0.749	527.23	-0.739	572.27	-0.732	632.04	-0.725	677.55	-0.721	784.16	-0.714	830.42	-0.711
30F01	593.83	-0.710	1587.20	-0.785	2342.80	-0.810	3107.90	-0.825	4135.30	-0.840	4923.70	-0.848	6783.50	-0.860	7594.20	-0.864
32D01																
Sagres																
31J02	406.67	-0.726	594.84	-0.724	720.14	-0.724	840.34	-0.723	995.95	-0.723	1112.60	-0.723	1382.10	-0.722	1497.90	-0.722
Faro																
30M02	432.64	-0.735	535.23	-0.718	605.53	-0.711	674.11	-0.706	763.99	-0.701	831.45	-0.699	968.58	-0.694	1056.30	-0.693

