CARLA SOFIA FREITAS DE OLIVEIRA

O comportamento da Bacia Hidrográfica da Ermida perante diferentes episódios chuvosos



PORTO

2005

CARLA SOFIA FREITAS DE OLIVEIRA

O comportamento da Bacia Hidrográfica da Ermida perante diferentes episódios chuvosos

Dissertação de Mestrado
do Curso Integrado de
Estudos Pós-Graduados
em Gestão dos Riscos Naturais
apresentada à FLUP, sob orientação
da Prof.ª Dr.ª Ana Maria Monteiro,
co-orientação do Prof. Dr. Carlos Bateira.

FACULDADE DE LETRAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
2005

Aos meus pais, ao meu irmão, à minha avó,
que sempre me acompanharam em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer à Professora Doutora Ana Maria Monteiro a orientação desta dissertação, a disponibilidade que sempre teve para comigo, demonstrando sensibilidade e um amplo respeito pela minha autonomia e responsabilidade, incentivando-a e aprofundando o meu gosto pela Geografia.

Quero também agradecer ao Professor Doutor Carlos Bateira a co-orientação desta dissertação. Agradeço a disponibilidade que sempre teve para comigo, o auxílio na montagem e recolha da informação da estação automática, na elaboração da cartografia, beneficiando dos seus conhecimentos geomorfológicos.

À Doutora Edite Marina Velhas agradeço a disponibilidade que sempre teve para comigo, facultando bibliografia importante e beneficiando dos seus conhecimentos hidroclimatológicos. Agradeço também a crítica que fez do trabalho.

Ao Professor Doutor Manuel António Barros agradeço pela disponibilidade que sempre teve para comigo, facultando os dados pluviométricos do Instituto Geofísico (Observatório Meteorológico da Serra do Pilar).

À Sara, à Ana Margarida, à Sílvia, à Simone e à Susana agradeço a sua disponibilidade, o seu empenho e dedicação na medição diária dos quantitativos pluviométricos registados em Sobrado.

Do mesmo modo não posso esquecer o meu irmão Pedro que me auxiliou nas diferentes etapas, o seu contributo foi importante para a concretização da dissertação.

Por fim, dirijo uma palavra de especial apreço aos meus pais e à minha avó pela compreensão e paciência manifestadas e pelo incitamento facultado no decurso desta longa caminhada.

ÍNDICE GERAL

Pág.

INTRODUÇÃO/PROPOSTA DE ROTEIRO 3

GRUPO I

1. DA NOÇÃO DE RISCO AOS RISCOS CLIMÁTICOS

1.1. Da noção de risco aos diferentes tipos de riscos 6

1.2. Os Riscos Naturais 15

1.3. Os Riscos Climáticos 18

1.4. Percepção do Risco Climático Precipitação 22

GRUPO II

1. A BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DA ERMIDA

1.1. Estudo de caso 31

1.2. As características físicas e a ocupação do solo 36

1.2.1. A rede fluvial e a morfometria 39

1.2.2. A influência dos declives, da litologia e da ocupação do solo no escoamento superficial 52

GRUPO III

1. REGIME PLUVIOMÉTRICO DA ESTAÇÃO DO PORTO-SERRA DO PILAR (1930/31-2002/03)

1.1. A variabilidade interanual da precipitação 58

1.2. O ritmo intra-anual da precipitação 65

1.2.1. As séries pluviométricas sazonais e mensais 65

1.2.2. As precipitações máximas anuais e mensais para duração de 24 horas e períodos de retorno 75

1.2.3. Os períodos secos anuais 86

2. REGIME PLUVIOMÉTRICO DE SOBRADO E DA ESTAÇÃO DO PORTO-SERRA DO PILAR NO ANO HIDROLÓGICO 2003/04

2.1 O regime pliviométrico ao longo do ano 2003/04: estação do Porto-Serra do Pilar versus Sobrado 94

2.2 As características pluviométricas em ano muito pluvioso (2000/01) e em ano seco (2003/04) no Porto-Serra do Pilar 104

3. OS EPISÓDIOS PLUVIOMÉTRICOS E O ESCOAMENTO DE SUPERFÍCIE NA BACIA HIDROGRÁFICA DA ERMIDA (desde Março de 2003 a Dezembro de 2004)

3.1. Métodos para o estudo dos caudais em pequenas bacias 112

3.2. Métodos para pré-determinação de pontas de cheia 114

3.3. Os episódios pluviosos e o escoamento superficial na Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida 116

3.3.1. Os caudais da Ribeira da Ermida (11/03/03 a 31/12/04) 117

3.3.2. A relação precipitação – caudal instantâneo 124

4. A RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL: UM INSTRUMENTO PARA A PRESERVAÇÃO DO RECURSO NATURAL ÁGUA E PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DO TERRITÓRIO 135

SÍNTESE E CONCLUSÕES 141

BIBLIOGRAFIA 147

ÍNDICES (Quadros, Figuras, Fotografias) 155

ANEXOS 162

INTRODUÇÃO/PROPOSTA DE ROTEIRO

O conhecimento aprofundado da dinâmica pluviométrica local é uma mais valia para a gestão sustentável dos riscos naturais, nomeadamente dos riscos hidroclimáticos. Como refere Fernando Rebelo, os riscos naturais são muito diversificados, mas na maior parte das vezes são de origem climático-hidrológica, ocorrendo quase sempre após séries mais ou menos longas de dias de chuva[1]. Assim, o conhecimento das flutuações pluviométricas locais, apresenta-se como um dos factores chave na gestão dos riscos naturais.

No presente estudo temos como objectivo aprofundar o conhecimento relativo aos riscos naturais, dando especial atenção aos riscos climáticos, bem como o conhecimento relativo ao comportamento do elemento climático precipitação, à escala local. Este é um dos elementos climáticos que mais peso tem no desencadear das catástrofes no Norte de Portugal.

Pretendemos assim aprofundar os conhecimentos relativos à dinâmica pluviométrica da estação Porto-Serra do Pilar (desde 1930/31 a 2002/03) e tentar identificar alguns contrastes pluviométricos entre duas áreas espacialmente próximas: Serra do Pilar e Sobrado[2] (ano 2003/04).

Além de conhecer melhor o elemento climático precipitação também é importante compreendermos a percepção dos media face aos episódios pluviométricos mais intensos, já que é também através deles que a população percepciona e valoriza os fenómenos climáticos. A eficiente gestão dos riscos naturais passa também pelo conhecimento/compreensão da percepção individual e colectiva do risco. Assim, a forma que encontramos para aceder/entrar no "mundo" da percepção foi através da análise da imprensa escrita. Iremos confrontar a realidade traduzida pelos registos com a percepcionada pela imprensa, uma vez que esta tem um papel importante no modelar de comportamentos.

Compreender um pouco melhor a influência da dinâmica pluviométrica na dinâmica hidrológica é outro dos nossos objectivos. Para o atingirmos seleccionamos como caso de estudo a Bacia Hidrográfica da Ermida[3].

---

[1] REBELO, Fernando, Do ordenamento do território à gestão dos riscos naturais. A importância da Geografia Física salientada através de casos de estudo seleccionados em Portugal, Territorium, I, Minerva, Coimbra, 1994, p.7-14

[2] Consultar Fig. Anexa 1.

[3] Consultar Fig. Anexa 1.

Assim, após analisarmos e compararmos a dinâmica pluviométrica da estação do Porto-Serra do Pilar com a de Sobrado procuraremos compreender a influência dessa dinâmica no escoamento superficial da Bacia Hidrográfica da Ermida[4]. Pretendemos assim, analisar as flutuações pluviométricas e o seu impacte no comportamento da Bacia Hidrográfica da Ermida (desde Março de 2003), incluindo alguns episódios de precipitações intensas (risco climático). Por fim, com base na análise realizada, iremos reflectir um pouco sobre a importância da valorização da dimensão/componente climática local no planeamento urbano local, no sentido de minimizar a vulnerabilidade urbana face aos riscos climáticos/hidrológicos.

O nosso trabalho está dividido em três grandes grupos. O primeiro grupo é constituído pelo seguinte capítulo "Da noção de risco aos riscos climáticos". Este subdivide-se nos seguintes sub-capítulos: 1.1. Da noção de risco aos diferentes tipos de riscos; 1.2. Os riscos naturais; 1.3. Os riscos climáticos e 1.4. Percepção do risco climático precipitação.

Por seu lado, o segundo grupo é constituído por um capítulo intitulado "A Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida", o qual está sub-dividido em dois sub-capítulos: estudo de caso; as características físicas e a ocupação do solo. O terceiro grupo é constituído por quatro capítulos (estes também se subdividem, com excepção do último): capítulo 1 - Regime pluviométrico da estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31- 2002/03); capítulo 2 – Regime pluviométrico do Porto-Serra do Pilar e de Sobrado no ano hidrológico 2003/04; capítulo 3 – Os episódios pluviométricos e o escoamento superficial na Bacia Hidrográfica da Ermida (desde Março de 2003 a Dezembro de 2004); capítulo 4 – A Reserva Ecológica Nacional: um instrumento para a preservação do recurso natural água e para a gestão sustentável do território.

Na Proposta de Roteiro pretendemos fazer uma breve introdução ao estudo realizado.

O grupo I (capítulo 1) será reservado à discussão conceptual em torno da noção de risco (é necessário precisar alguns conceitos), à sistematização dos diferentes tipos de riscos, dando especial ênfase aos riscos naturais/climáticos. Também será abordada a percepção do risco climático precipitação.

No que se refere ao grupo dois (capítulo um) iremos fazer a caracterização da área de estudo.

[4] A referida Bacia Hidrográfica integra-se, quase na totalidade, a freguesia de Sobrado. Sobrado é uma freguesia que pertence ao concelho de Valongo, que, por sua vez, está integrado na Área Metropolitana do Porto. Sobrado dista 16 km da Serra do Pilar e 6 km da sede do concelho.

Por seu lado, o grupo III será reservado ao elemento climático precipitação. No capítulo um faremos uma análise retrospectiva e prospectiva do regime pluviométrico da estação Porto-Serra do Pilar, análise essa que permitirá, posteriormente, a contextualização das características pluviométricas registadas no ano 2003/04 (segundo capítulo). No segundo capítulo faremos uma análise dos vários registos pluviométricos de Sobrado (referentes ao ano 2003/04) e uma análise comparativa das características pluviométricas da Serra do Pilar e de Sobrado (relativas ao ano 2003/04) no sentido de tentar identificar alguns contrastes pluviométricos. No terceiro capítulo abordaremos a influência das características pluviométricas no escoamento superficial da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida. E por fim, no quarto capítulo debruçaremo-nos sobre a importância da Reserva Ecológica Nacional na preservação do recurso natural água, na minimização da vulnerabilidade urbana face aos riscos climáticos/hidrológico e, consequentemente, no ordenamento sustentável do território.

GRUPO I

1. DA NOÇÃO DE RISCO AOS RISCOS CLIMÁTICOS

1.1. Da noção de risco aos diferentes tipos de riscos

Nos últimos tempos, os riscos a que o planeta Terra e todos os seres que a habitam têm vindo a estar sujeitos são cada vez mais diversos e numerosos. O desenvolvimento humano tem contribuído para a sua intensificação e, por vezes, tem gerado o aparecimento de novos. A comunidade científica não tem ficado insensível a esta situação e as discussões e os estudos em torno dos riscos aumentaram. Mas será que existe um consenso em torno das questões relacionadas com os riscos, nomeadamente em torno da noção de risco?

Keith Smith (1992) defende que o risco faz parte da vida. É impossível viver num ambiente totalmente livre de riscos. Refere que muitas vezes "risk" e "hazard" são tidos como sinónimos, mas na realidade isso não ocorre porque "... risk has the additional implication of the chance of a particular hazard actually occuring."[5] O "hazard" corresponde a um processo ou evento, natural ou induzido pelo Homem, que poderá potenciar perdas e que pode vir a ser uma fonte de perigo futuro. Por seu lado, o "risk" é a exposição real de algo, com valor para a humanidade, a um risco. Assim, define "hazard" (ou causa) como uma ameaça potencial para o Homem e para os seus bens e "risk" (ou consequência) como a probabilidade de um risco ocorrer e originar perdas.[6] "Clearly, both hazard and risk can be increased and reduced by human actions."[7]

A noção de risco é, portanto, muito complexa, na análise do risco devemos considerar um plano bidimensional: a probabilidade de ocorrência e as consequências. White (1982) sugeriu até que se alterasse a noção de risco. O risco deveria deixar de ser de ser apenas igual à probabilidade de ocorrência vezes a sua magnitude, acrescentando um

[5] SMITH, Keith, Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster, Londres, Routledge, 1992, p.7.
[6] Esta distinção foi "ilustrada" por Okrent que considerou o exemplo de duas pessoas atravessarem o oceano, uma numa embarcação a remo, outra num barco a motor, em ambos os casos o principal "hazard" (main hazard) é o mesmo (a profundidade do oceano e a elevada ondulação) mas o "risk" é diferente (a probabilidade de afundar) é muito maior no caso da pessoa que vai na embarcação a remo.
[7] SMITH, Keith, Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster, Londres, Routledge, 1992, p.7.

novo elemento: os valores sociais [que a magnitude tivesse como expoente os valores sociais: magnitude^n (n = valores sociais)][8]. Esta sugestão de White permitiu a inclusão dos conceitos sociais de risco e, consequentemente, reconheceu a variação da percepção do risco consoante os contextos sociais em que ele ocorre.

Segundo Tobin (1997) "... risk is only one component of hazards"[9].

Segundo Blaikie, Cannon, Davis e Wisner, "... risk is a compound function of this complexe (but knowable) natural hazard and the number of people characterized by their varying degrees of vulnerability who occupy the space and time of exposure to extreme events ...".[10] Um desastre/catástrofe ocorre quando um número significativo de pessoas vulneráveis experiencia um risco e sofre grandes danos e/ou distúrbios na sua vida, de tal forma que a recuperação só ocorrerá se houver ajuda externa.

Lowrance (1976) definiu risco como "a medida de probabilidade e intensidade do perigo"[11].

Quando falamos em risco, devemos considerar que o risco é igual à possibilidade de ocorrência de um evento vezes a vulnerabilidade [R= P*V], esta relação foi utilizada por Van Dissen e McVerry, 1994, para avaliar o risco sísmico na Nova Zelândia Definiram probabilidade como possibilidade de ocorrência (de um sismo) e vulnerabilidade como potencial danificação dos bens. Por seu lado o Hazard, segundo Mitchell, é uma função multiplicativa do risco (a probabilidade de ocorrência de um acontecimento adverso), da exposição (as características e dimensão da população que está sob risco), da vulnerabilidade (a potencialidade para a perda) e da resposta (forma como as medidas de mitigação estão definidas)[12] [hazard= f(risk*exposure*vulnerability*response)].

Segundo Fernando Rebelo "... independentemente das palavras utilizadas, está, na prática, aceite, por quase todos (...) que o risco é, então, o somatório de algo que nada tem a ver com a vontade do Homem (aleatório, acaso, casualidade ou perigosidade), com algo que resulta da presença directa ou indirecta do homem, a vulnerabilidade. É a chamada fórmula do risco: R=A+V (para os autores da língua francesa) ou R= H+V[13] (para os autores de língua inglesa)."[14]

Para os autores ingleses o risco é igual ao "hazard" mais a vulnerabilidade (fórmula do risco), embora, alguns investigadores defendam que o operador deveria ser a

[8] White sugeriu a seguinte fórmula: risco=probabilidade de ocorrência * magnitude ^{n} (n = valores sociais)
[9] TOBIN, Graham A., BURRELL, E. Montz - *Natural hazards: explanation and integration*, Nova Iorque, Guilford Press, 1997, p. 283.
[10] BLAIKIE, Piers, et al., *At Risk*, 1° edição, Londres, Routledge, 1994, p. 21.
[11] TOBIN, Graham A., BURRELL, E. Montz - *Natural hazards: explanation and integration*, Nova Iorque, Guilford Press, 1997, p. 282.
[12] Idem.
[13] Para os autores Franceses R=A+V R - risque; A - áleas; V - vulnerabilité; para os autores Ingleses R=H+V R - risk; H - hazard; V - vulnerability
[14] REBELO, Fernando, *Riscos Naturais e Acção Antrópica*, Coimbra, Imprensa da Universidade, 2001, p.242.

multiplicação (e não a soma). Por seu lado, André Dauphiné defende que a relação deverá ser feita através de um operador função: R=F (H,V) R- risk; H- hazard; V- vulnerability.

Lucien Faugéres é um dos investigadores que se debruçou sobre questões relacionadas com o risco, apresentou a "Teoria do Risco" (devemos ter sempre presente que a noção de risco é uma noção pré-científica, "não existia qualquer ciência do risco e toda a gente falava dele"[15]), esta organiza-se em torno da sequência de três conceitos: primeiro o de risco, depois o de perigo e por fim o de crise. " Há porém quem considere que o perigo está primeiro e que o risco vem depois"[16], como é o caso de Jean Tricart. Há investigadores que defendem que o perigo é omnipresente e que o risco apenas existe de vez em quando.

É incontestável que o "risco terá sempre uma dimensão probabilística, próxima de um sentimento de incerteza (...), diferentemente sentida e percebida pela população, em função do tempo histórico, mas também, do estatuto económico, social e cultural e, em função de outros dados demográficos como o sexo e a idade, ou geográficos, tal como a naturalidade, a residência"[17]. Antigamente, como refere Keith Smith, " hazards had been viewed as isolated geophysical events, somehow divorced from society."[18]

A noção de *vulnerabilidade* está associada à noção de risco. "O conceito vulnerabilidade procura traduzir as consequências previsíveis, sobre o Homem e a sociedade, de um fenómeno natural, pode ser avaliada de diferentes modos, desde o valor económico-financeiro dos prejuízos (análise custo-benefício) e a quantidade de energia necessária para reparar as perdas e danos, às chamadas técnicas multicritério em que se conjugam diversos elementos (Dauphiné, 2001)."[19] . A concentração urbana, o crescimento desordenado das cidades, a transformação do espaço rural num imenso e descaracterizado subúrbio são responsáveis pelo acréscimo do factor vulnerabilidade, especialmente, para as populações urbanas desfavorecidas.

Segundo Blaikie, Cannon, Davis e Wisner, o termo vulnerabilidade corresponde às características de uma pessoa ou de um grupo, no que se refere à sua capacidade de antecipar, de enfrentar, de resistir e de recuperar face ao impacto causado por um risco natural. O impacto é variável, depende, entre outros elementos, da classe social, da etnia, do género, da idade da população em causa. Assim, pode variar desde elevados a reduzidos níveis de vulnerabilidade. Normalmente, a vulnerabilidade está intimamente relacionada com a posição sócio-económica (assumindo que esta inclui a raça, o género, a idade, ...).

---

[15] REBELO, Fernando, *Riscos Naturais e Acção Antrópica*, Coimbra, Imprensa da Universidade, 2001, p.239.
[16] Idem, p.241.
[17] CUNHA, Lúcio, DIMUCCIO, Luca, *Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra.*"Territorium", Coimbra, MinervaCoimbra, 9, 2002,p. 39.
[18] SMITH, Keith, *Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster*, Londres, Routledge, 1992, p. 4.
[19] CUNHA, Lúcio, DIMUCCIO, Luca, *Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra.*"Territorium", Coimbra, MinervaCoimbra, 9, 2002,p. 39.

Mas, a relação entre pobreza e vulnerabilidade não é uniforme ou invariável, nem sempre as pessoas mais desfavorecidas não as mais vulneráveis (mas, normalmente são). Por exemplo, a precipitação intensa pode destruir as luxuosas áreas residenciais, situadas em vertentes, do "Topanga Canyon" (próximo de Los Angels), bem como, as pobres áreas residenciais, situadas em vertentes, do Rio de Janeiro. Geralmente, as pessoas mais ricas são menos vulneráveis, a sua capacidade económica permite-lhes adquirir bens (por exemplo, casas com boas infraestruturas) que minimizem o impacto dos eventos naturais, as melhores infraestruturas de transporte facilitam, por exemplo, a sua evacuação, ...

Para Keith Smith o conceito vulnerabilidade, tal como o de "hazard" e o de "risk", referem-se a um acontecimento/situação futura. Na sua obra, "Environmental Hazards", refere a definição de vulnerabilidade que Timmerman (1981) sugeriu. Timmerman define vulnerabilidade, de uma sociedade ou comunidade, como ..." the degree to which a system, or part of a system, may react adversely to the occurrence of a hazardous event"[20].

A capacidade de recuperação ("resilience") e a protecção/segurança ("reliability") são formas de reduzir a vulnerabilidade. A capacidade de recuperação é uma medida da taxa (ritmo) de recuperação face a uma experiência "stressante", reflecte a capacidade social de recuperar após a ocorrência de um desastre/catástrofe. Por seu lado, a protecção reflecte a frequência da aplicação de medidas de (auto-) protecção contra o risco (antes deste ocorrer).

Segundo Tobin (et. al) podemos individualizar três grandes dimensões no risco ("Hazard"): as características físicas dos riscos naturais, os factores económicos/políticos e as características sociais (embora a importância de cada dimensão varie conforme a situação em causa). A dimensão "características físicas" engloba a magnitude, a frequência, a duração, a extensão espacial do risco. Por seu lado, os factores políticos/económicos dividem-se em dois grupos: os individuais (que integram, entre outros elementos, a proximidade face ao risco, as escolhas realizadas) e os societais (que integram, entre outros elementos, a distribuição da riqueza, o nível de desenvolvimento, o uso do solo). As características sociais englobam a educação, a idade, o género, a estrutura familiar, ...

As dimensões: características físicas dos riscos e os factores políticos/económicos são as que definem o risco. Por seu lado, as três dimensões (referidas anteriormente) definem a vulnerabilidade (Fig. 1).

É importante contextualizar o risco na área em que este ocorre pois o contexto exerce uma certa influência sobre as opções de redução das perdas. Por seu lado, as opções

[20] SMITH, Keith, *Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster*, Londres, Routledge, 1992, p. 25.

de redução das perdas variam de acordo como o risco é percepcionado pelo indivíduo, pelo grupo e pelo governo.



Traduzido de: "Natural Hazards", Tobin.

Fig. 1 - Dimensões do risco.

Na análise do risco, Blaikie, Cannon, Davis e Wisner utilizaram dois modelos: o "pressure and release model (PAR model)" e o "access model". O primeiro modelo, defende (sua ideia base) que uma catástrofe resulta da intercepção de duas forças opostas: de um lado, os processos geradores de vulnerabilidade, de outro, a exposição física a um risco. O segundo modelo tenta compreender (entre outros aspectos) como é que os processos económicos e políticos geram vulnerabilidade.

Blaikie, Cannon, Davis e Wisner desenvolveram o seguinte "esquema" (Fig. 2), o qual traduz as pressões causadoras da catástrofe (a progressão da vulnerabilidade). O esquema seguinte (que ilustra o modelo:"pressure and release model") baseia-se na ideia de que a explicação de uma catástrofe requer que se estabeleça uma progressão, através da definição de vários níveis de factores sociais que geram vulnerabilidade. A explicação da vulnerabilidade apresenta três níveis: as causas, as pressões dinâmicas e as condições de insegurança (que sofrem mudanças).

O primeiro nível (causas de origem) é o que mais afastado está da catástrofe, corresponde a um conjunto de processos estabelecidos no interior de uma sociedade e na economia mundial. As causas de origem mais importantes que geram vulnerabilidade, e que a reproduzem ao longo do tempo, são os processos económicos, os demográficos e os políticos. Normalmente, estas causas estão associadas a "factores" de ordem ideológica e reflectem a distribuição do poder na sociedade.

As pressões dinâmicas correspondem a processos e actividades que "canalizam" (retratam) as causas em formas particulares de insegurança, as quais devem ser relacionadas com os tipos de riscos que as pessoas têm de enfrentar. Incluem o difícil acesso aos

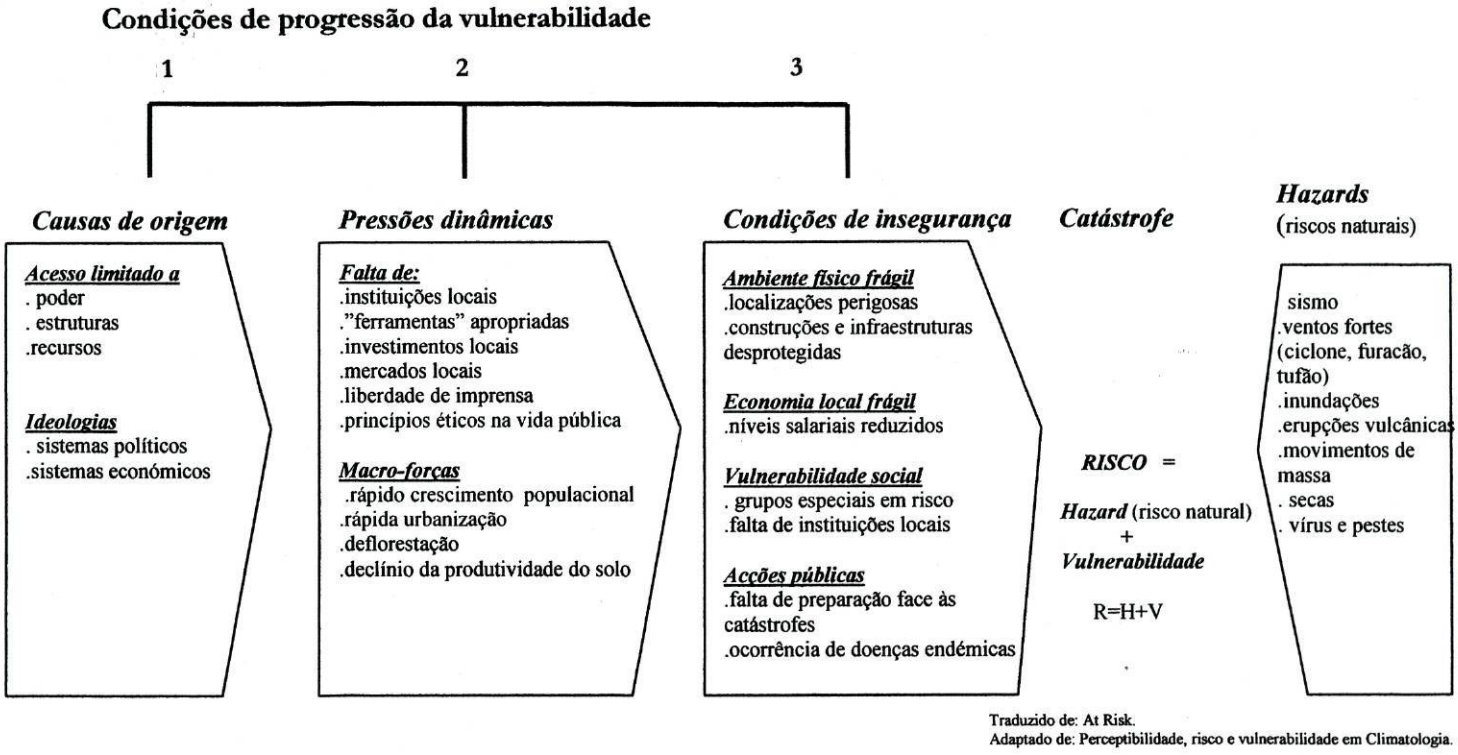


Fig. 2 – Condições de progressão da vulnerabilidade.

recursos devido a pressões regionais ou globais, como por exemplo, o rápido crescimento populacional, a rápida urbanização, as guerras. O êxodo rural também constitui uma pressão dinâmica na medida em que aparece, em muitas áreas dos países menos desenvolvidos, como resposta às condições económicas (básicas).

Por seu lado, as condições de insegurança abrangem as situações específicas que ilustram a vulnerabilidade de uma população (de um determinado lugar, num determinado período de tempo) face a um dado risco (natural).

Segundo Blaikie, Cannon, Davis e Wisner, na avaliação do risco de desastre/catástrofe (disaster risk), deve-se dar igual importância à produção social da vulnerabilidade e à compreensão dos riscos naturais, e não valorizar apenas esta última. O risco que as pessoas têm de enfrentar deve ser considerado como uma combinação complexa da vulnerabilidade e do risco (hazard), sendo o desastre/catástrofe o resultado da

interacção entre ambos. "There is no risk if there are hazards but vulnerability is nil, or if there is a vulnerable population but no hazard event".[21]

A incerteza desempenha um papel importante na avaliação do risco, é um elemento problemático por várias razões, entre elas, a incerteza faz parte de todos os elementos do risco. O nível de incerteza varia de risco para risco, há medida que o risco se torna mais complexo aumenta a incerteza.

Ao longo dos tempos desenvolveram-se várias classificações dos riscos, estas baseadas em diferentes critérios de análise. Estabeleceram-se critérios face à impossibilidade do homem estudar simultaneamente todas as dimensões dos riscos, bem como todos os riscos. Por seu lado, as classificações criadas foram uma forma do homem organizar e sistematizar a informação.

Uma das propostas de classificação dos riscos é a seguinte: risco real, risco estatístico, risco previsível e o risco percepcionado. O risco real é definido pelas circunstâncias futuras e pela evolução de uma dada ocorrência. Por seu lado, o risco estatístico e o previsível é estimado com base na análise de frequências e com base em probabilidades teóricas. No risco percepcionado a avaliação qualitativa é mais importante do que a quantitativa, as pessoas tendem a avaliar os riscos multidimensionalmente, mas de forma subjectiva o que leva a que alguns riscos fiquem "socialmente amplificados ", enquanto que outros são "socialmente menos valorizados". Há riscos que são sobreestimados individual/socialmente face à informação científica. É importante compreender o contexto social e cultural em que a avaliação do risco (pelo indivíduo e/ou pela sociedade) se desenrola, a percepção do risco condiciona as respostas a esse mesmo risco. A percepção do risco está relacionada com o contexto social, cultural e psicológico daí que alguns riscos sejam considerados aceitáveis e outros inaceitáveis, e que alguns sejam socialmente amplificados e outros socialmente desvalorizados. Para se considerar que um risco é aceitável primeiramente avalia-se os custos e os benefícios, só depois se define se é ou não aceitável. Mas, a percepção do risco é dinâmica, novas informações ou escolhas podem gerar novas percepções. Podemos, ainda, distinguir o *risco subjectivo* do *risco objectivo* (a clivagem entre este ambos é muito significativa). O risco subjectivo abrange "as estimativas de risco feitas pelos indivíduos"[22](corresponde à forma como os indivíduos avaliam os riscos, os factores psicossociológicos têm um papel muito importante nessa avaliação), enquanto que o risco objectivo corresponde às "estimativas baseadas em observações controladas das ocorrências"[23].

---

[21] BLAIKIE, Piers, et al., *At Risk*, 1° edição, Londres, Routledge, 1994, p. 21.

[22]LIMA, Maria Luísa, *Contributos para o estudo da representação do risco*, 3° edição, Lisboa, Sector de Artes Gráficas – LNEC, 1997, p. 26.
[23] Idem.

Também é comum classificar os riscos em duas principais categorias: os riscos involuntários e os riscos voluntários. Os riscos involuntários correspondem aos riscos que não estão completamente conhecidos, geralmente estão relacionados com acontecimentos raros mas com elevada possibilidade de terem fortes impactes, se o risco for percepcionado ele será visto como inevitável ou incontrolável. Geralmente, os riscos naturais estão integrados no grupo dos riscos involuntários (embora, por exemplo, no caso de algumas inundações estas já sejam suficientemente conhecidas). Por seu lado, os riscos voluntários abrangem os riscos aceites pelas pessoas, nas suas próprias acções, correspondem a riscos mais comuns, têm impactes menos catastróficos e (geralmente) permitem um melhor controlo. Estes riscos estão fortemente relacionados com as escolhas individuais e o estilo de vida adoptado. Os riscos induzidos pelo Homem, incluindo os tecnológicos, integram-se neste grupo.

Ao avaliarmos/analisarmos qualquer risco podemos "classificá-lo" como simples ou complexo, por vezes um risco simples transforma-se num risco complexo, e, por vezes, a distinção entre simples e complexo é muito subjectiva.

Na Teoria do Risco, estes estão divididos em duas grandes categorias: os riscos naturais e os riscos tecnológicos. Os riscos naturais incluem os riscos sísmicos e vulcânicos, os riscos geomorfológicos, os riscos hidrológicos, os riscos climáticos (por vezes fala-se em riscos hidroclimatológicos)."No respeitante aos riscos tecnológicos integram-se os transportes colectivos e os transportes individuais, a produção industrial, os incêndios, etc."[24] Podemos identificar ainda outros riscos, os riscos sociais (analisados pela Escola Holandesa), os riscos económicos e financeiros (sobre os quais se debruça a Escola de Genebra, escola de Risk Management), mais tardiamente surgiram os riscos biológicos (por exemplo, a difusão da Sida em África).

Showalter e Myers defendem que os riscos naturais e tecnológicos coexistem, muitas vezes ambos os riscos influenciam-se mutuamente. Riscos tecnológicos já causaram eventos naturais e riscos naturais já causaram colapsos tecnológicos (ex. os sismos podem pôr em perigo grandes tanque de gasolina, ...). Na sua maioria os riscos tecnológicos são controláveis, por seu lado, os riscos naturais não são geralmente controláveis (embora os danos que provoquem possam ser controláveis).

Os riscos naturais, tecnológicos, ... integram-se num grupo mais abrangente designado de riscos ambientais. Segundo Keith Smith, a noção risco ambiental tem a vantagem de incluir uma grande variedade de tipos de riscos, desde os eventos naturais/geofísicos, passando pelos eventos tecnológicos (criados pelo Homem, por

[24] REBELO, Fernando, *Riscos Naturais e Acção Antrópica*, Coimbra, Imprensa da Universidade, 2001, p. 247.

exemplo, explosões/desastres industriais, grandes acidentes associados aos meios de transporte e outras ameaças tecnológicas) até aos eventos sociais (comportamento humano). O quadro que construiu (Fig. 3) permite-nos uma leitura dos riscos segundo três perspectivas diferentes, bem como a conxtualização de um risco face aos restantes. Ajuda-nos a visualizar a progressiva evolução dos riscos, desde os involuntários aos voluntários, desde os localizados aos difusos e desde os puramente naturais aos puramente antrópicos.

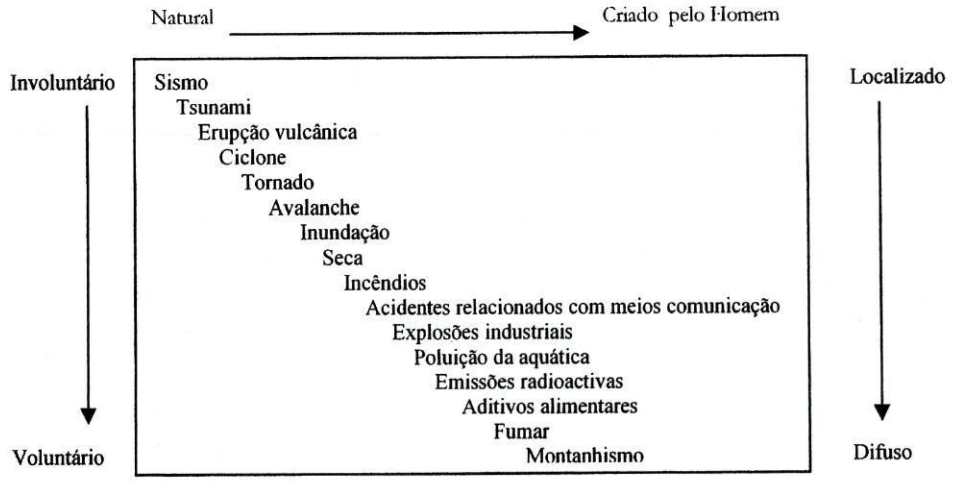
O risco sismíco, segundo Keith Smith, é puramente natural, involuntário e localizado, em oposição ao risco associado ao montanhismo o qual é um risco puramente antrópico, voluntário e difuso. Se nos debruçarmos sobre os riscos climáticos verificamos que desde o ciclone aos incêndios, estes vão-se tornando menos naturais, menos localizados e menos involuntários.

Na realidade, a maior parte dos riscos ambientais têm uma componente natural e uma componente humana, que interagem entre si, daí que, cada vez mais, se reconhece que os riscos são eventos híbridos que resultam da interacção entre os processos ambientais, tecnológicos e sociais. Assim, surgiram as designações "quasi-natural" e "na-tech hazards", na realidade não existem riscos puramente naturais, cada vez é maior a responsabilidade do Homem no desencadear dos riscos naturais.

Segundo Hewitt e Burton são vários os elementos ou eventos ambientais que podem causar risco, quer a nível atmosférico (por exemplo, elementos isolados como a precipitação intensa, fortes tempestades de neve, temperaturas extremas, ... ou elementos/eventos combinados como é o caso dos furacões, dos tornados, ...), quer a nível hidrológico (por exemplo, inundações, a acção das ondas, ...), quer a nível geológico (por exemplo, movimentos de massa, sismos, ...), quer a nível biológico (por exemplo, grandes epidemias, invasões de animais e/ou plantas, ...), quer a nível tecnológico (por exemplo, emissões nucleares, explosões industriais, ...).

Keith Smith definiu riscos ambientais como "...extreme geophisical events, biological processes and major technological accidents, characterised by concentrated releases of energy or materials, which pose a largely unexpected threat to human life and can cause significant damage to goods and the environment."[25] Smith defende que a "reacção " humana aos riscos ambientais depende de dois importantes elementos: da vulnerabilidade humana (que reflecte a tolerância económica e social ao risco e/ou evento catastrófico) e da exposição física (a exposição ao risco está relacionada com o facto das pessoas e seus bens estarem situados nos espaços "errados", no momento "errado", a dimensão temporal e espacial é fundamental para caracterizar a exposição ao risco).

[25] SMITH, Keith, *Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster*, Londres, Routledge, 1992, p. 17.



Traduzido de: "Environmental Hazards", Keith Smith

Fig. 3 - Riscos ambientais, desde eventos geofísicos a actividades humanas.

1.2. Os Riscos Naturais

Os processos naturais podem gerar risco quando são capazes de ameaçar a vida humana causando mortes ou estragos em edifícios ou/e em áreas agrícolas. O risco [natural] refere-se aos riscos naturais extremos os quais poderão afectar diferentes lugares, isoladamente ou em simultâneo (áreas costeiras, savanas, ...), em diferentes espaços de tempo (estação do ano, período do dia, diversidade de períodos de retorno, de diferente duração).

O conceito de risco natural, "tal y como lo define Ortega Alba (1991), hace referencia a la eventualidad de que ocurra un dano para las personas o sus biens en un espacio afectado por un proceso natural"[26].

A noção "risco natural" tem sido usada de forma imprecisa e apresenta significados diferentes de acordo com o contexto em que se insere, daí a necessidade de clarificar a terminologia. Um risco natural representa a interacção potencial entre os acontecimentos extremos naturais e a acção humana, representa a probabilidade/potencial de ocorrência de um evento (nunca o próprio evento).

[26]FERNÁNDEZ GARCIA, Felipe, *Manual de Climatologia Aplicada*, Madrid, Editorial Sintesis, 1995, p. 115.

Os principais riscos naturais são: movimentos de massa, vulcões, terramotos, inundações, tornados e ventos fortes, tsunamis, furacões, grandes incêndios, secas intensas.

Podemos organizar os riscos naturais em três grandes grupos: os riscos geológicos/geomorfológicos (relacionados com a acção da geodinâmica interna, o caso dos vulcões, sismos, ... e relacionados com a geodinâmica externa, o caso dos movimentos de massa); os riscos climáticos ("guiados" primordialmente pela energia solar, como por exemplo, os tornados, os furacões, as inundações, as secas intensas, ...) e os riscos biológicos que incluem as epidemias, a proliferação de pestes, ...).

Keith Smith sugere outra organização, sugere que sejam divididos em riscos naturais endógenos (como os sismos, os vulcões) e em riscos naturais exógenos (como as inundações, secas).

Uma outra organização dos riscos naturais poderá passar pela sua classificação segundo os processos físicos. Podemos analisar os seguintes parâmetros: a distribuição temporal (frequência e/ou sazonalidade, regimes diários), a distribuição espacial (localização geográfica), os mecanismos físicos (magnitude, duração, ...). A magnitude de um evento pode ser avaliada através das perdas/danos que provocou, geralmente é avaliada com base em escalas (por exemplo, a avaliação da intensidade dos tornados é baseada na escala Fujita; os sismos com base na escala de Mercalli e/ou Richter). No que se refere à duração dos eventos, estes podem variar entre alguns segundos (por exemplo, a maioria dos sismos e tornados) a vários anos (por exemplo, o caso das secas intensas), os acontecimentos de longa duração, geralmente, causam maiores perdas do que os de curta duração. Na distribuição temporal é importante analisar a frequência do evento (por exemplo, através da análise de dados históricos), em alguns riscos naturais podemos analisar a sua sazonalidade (por exemplo, as tempestades de neve, as ondas de frio, são fenómenos característicos do Inverno, enquanto que as ondas de calor, os ciclones tropicais são eventos típicos do Verão).

Assim, uma completa análise dos riscos naturais passa pela incorporação da dimensão física e humana, mas também da dimensão espacial e temporal.

Os riscos naturais constituem uma ameaça à sociedade, esta tem que saber gerir esses riscos, sendo a gestão em si um grande desafio para todas as sociedades. O risco existe porque o Homem está constantemente exposto às forças da natureza. Como refere Keith Smith, um evento natural extremo só é considerado catástrofe se causar um elevado número de mortes ou elevadas perdas ao Homem.

Só após um dado evento/episódio ter ocorrido é que podemos aplicar a noção "desastre/catástrofe natural". Um desastre (catástrofe) é sempre entendido como um evento que tem grande impacto sobre a sociedade. Por vezes, utilizamos o termo

"catástrofe" quando um evento provoca elevadas mortes e estragos, mas é importante ter em consideração que a aplicação do termo catástrofe varia conforma as sociedades/pessoas e conforme a situação.

Os conceitos risco, ameaça, vulnerabilidade, impacto, desastre e catástrofe, ajudam a delinear os elementos que integram o risco natural. A noção vulnerabilidade representa a combinação do risco com a resposta (a esse mesmo risco), a falta de resposta ou a incapacidade de resposta ao risco aumenta a vulnerabilidade de uma dada sociedade face aos riscos. A vulnerabilidade pode ser material, organizacional (a nível do estado, local ou familiar) ou sócio-psicológica (capacidade de enfrentar os desastres/riscos).

A visão tradicional dos riscos naturais colocava quase toda a responsabilidade da sua existência nos processos geofísicos (as forças físicas eram vistas como poderes/forças externas, separadas das forças/poderes humanas).

Burton e Kates (1964) definiram os riscos naturais como os elementos físicos prejudiciais/perigosos para o Homem e causados por forças extra humanas. A noção de risco natural foi "evoluindo" ao longo do tempo, nos anos oitenta e início dos anos noventa, os riscos naturais eram vistos como produto da interacção de forças naturais e humanas cuja interacção determinava as consequências.

Smith (1992) sugere que os riscos naturais resultam do conflito entre os processos geofísicos e as pessoas.

A completa compreensão dos riscos naturais pressupõe ter em consideração não apenas os aspectos físicos e os processos geofísicos, mas também, o "elemento" humano (porque o Homem influencia e é influenciado pelo risco natural, por vezes o Homem agrava/acentua esses riscos). Blaikie, Cannon, Davis e Wisner não rejeitam completamente o "papel" desempenhado pelo mundo físico no desencadear de riscos naturais, mas colocam a maior parte da responsabilidade na estrutura social. Os riscos naturais e a vulnerabilidade ao risco é melhor compreendida se se conhecer os processos sociais que influenciam as escolhas dos cidadãos (membros de uma sociedade). Os riscos naturais constituem uma rede complexa onde os factores físicos e ambientais interagem com as características sociais, económicas e políticas de uma sociedade.

1.3. Os Riscos Climáticos.

Como referimos anteriormente, a superficie terrestre e todos os serem que a habitam podem ser afectados por diferentes riscos naturais. Estes englobam um conjunto diversificado de riscos, entre eles os riscos climáticos (não nos podemos esquecer, como comentamos anteriormente, que existem diferentes critérios para estudar os riscos, entre eles encontramos o critério climático). O estudo de cada um dos riscos naturais, tal como refere Rebelo (2001), não pode, por vezes, ser analisado isoladamente visto os diferentes riscos, na maior parte das vezes, estarem inter-relacionados, como é, por exemplo, o caso dos riscos de inundação e de seca. Os riscos de inundação relacionam-se com os riscos climáticos mas também com os riscos de sedimentação, com os riscos de erosão fluvial ou marinha. Temos de ter em consideração que os riscos naturais influenciam e são influenciados pelos riscos sócio-económicos e os riscos tecnológicos.

Segundo Keith Smith, a maior parte dos riscos ambientais têm uma origem atmosférica. Para este investigador só são considerados riscos atmosféricos/climáticos os eventos atmosféricos extremos.

Os riscos climáticos englobam os eventos associados "... a las inclemências del tiempo..."[27], um evento climático extremo é considerado risco climático se colocar um "stress negativo" às actividades humanas e é considerado catástrofe se houver perdas humanas e/ou grandes perdas económicas.

Na avaliação de riscos climáticos é primordial ter em consideração o clima em que se inscreve a área a estudar, no caso de Portugal, este tem " ... um clima de base claramente mediterrânico, mesmo no Noroeste, onde as influências oceânicas são maiores, ou nas montanhas mais importantes, onde o frio e a neve são frequentes no Inverno..."[28]." La doceur de l'hiver s'exprime par le fait que trois mois seulement ont une moyenne inférieur à 10°c contre cinq móis dans les types précédents. La chaleur estivale est longue et forte (...) le période humide est plus longue que la périod séche du fait que la recrusdescence dês pluis se situe au printemps (mars.avril) et en automne (octobre.novembre). L'automne est le périod dês grands abats d'eau, dês inondations calamiteuses ..."[29].

---

[27] ALMENDROS COCA M; FERNÁNDEZ GARCIA, Felipe, *La precipitation y el viento como riesgos climáticos urbanos: el caso de Madrid.* "Territorium", Coimbra, MinervaCoimbra, 3, 1996,p. 25.
[28] REBELO, Fernando, *Riscos Naturais e Acção Antrópica*, Coimbra, Imprensa da Universidade, 2001, p. 12.
[29] VIERS, Georges - *Eléments de Climatologie*, France, Éditions Fernand Nathan, 1968, p. 118.

Os acontecimentos climáticos extremos, que fazem parte dos riscos naturais, não influenciam somente a paisagem (física) e a sociedade humana afectada directamente pelos acontecimentos extremos, mas também, toda a comunidade (por exemplo, de um dado país) devido, por exemplo, aos custos associados à ajuda de emergência.

Cada vez mais se reconhece que os eventos climáticos extremos têm uma distribuição espacial e temporal dinâmica e não estática, havendo também alteração da sua frequência, como é o caso das chuvas intensas, secas, das ondas de calor ou frio, dos ciclones tropicais (mudanças relacionadas com as previsões referentes ao aquecimento global).

Os eventos climáticos extremos podem dividir-se em dois grandes tipos: os absolutos e os relativos (Fig. 4). Os eventos climáticos absolutos são considerados extremos, simplesmente, devido à sua magnitude e natureza. Os ciclones tropicais, os tornados, as tempestades de granizo e os ventos fortes, são considerados eventos absolutos, são considerados eventos extremos mesmo em áreas onde ocorrem frequentemente.

Por seu lado, os eventos climáticos relativos são considerados extremos devido a serem acontecimentos raros na área em questão. Eventos extremos como o frio ou o calor intenso, as secas são avaliadas relativamente ao clima local[30] (por exemplo, o que é considerado uma seca anormal varia de local para local).

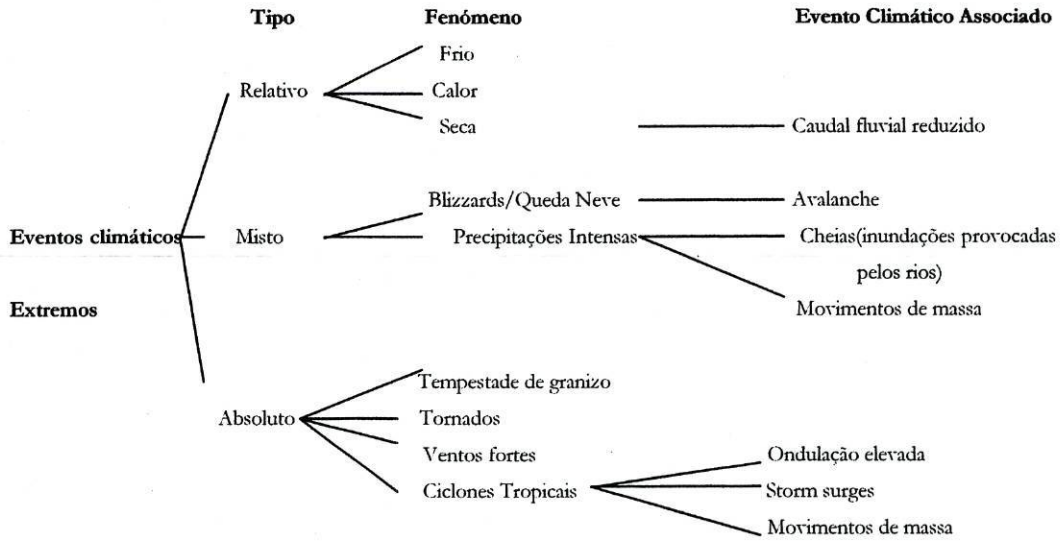
Os eventos climáticos extremos são sempre eventos raros, eventos espacialmente localizados, variáveis em dimensão e intensidade. Alguns desses eventos são difíceis de prever quer quanto à sua ocorrência, quer quanto à sua localização (como é o caso, por exemplo, dos tornados) ou trajecto exacto (como é o caso dos ciclones tropicais). Os impactes desses eventos na paisagem e na sociedade dependem das suas características (físicas), mas também, de "variáveis" humanas, como a utilização do solo, o grau de organização das sociedades e a nível individual, dos sistemas de evacuação. O tipo de sociedade também influencia a forma como os indivíduos reagem ao risco, bem como, as medidas mitigação.

Os principais riscos climáticos associados à precipitação são as secas e as precipitações intensas. As chuvas intensas são (muito frequentemente) um dos factores responsáveis pela ocorrência de inundações rápidas ("flash floods"). "Bem nossos conhecidos, pelas suas consequências, são os episódios de chuvas intensas nos países de clima temperado mediterrâneo. Lembramo-nos facilmente de situações de crise, vividas na

[30]WALSH, Rory – *Extreme weather events*, in: Pacione, Michael, ed., "Applied Geography: Principles and Practice", Londres, Routledge, 1999,p. 52.

Itália (Orba), na França (Nimes), na Espanha (Biescas), em Portugal (Lisboa, Funchal, Povoação). Algumas destas catástrofes ficaram célebres ou pelas quantidades de precipitação registada (Orba, na Sicília, com mais de 554 mm em oito horas num dia de Agosto de 1933) ou pelo número de mortes associados (mais de 500 em Lisboa, de 25 para 26 de Novembro de 1967)"[31].

Em Biescas ocorreu "uma tempestade muito localizada em que se terão registado 152 mm de chuva, o número de mortos andou por volta dos 70."[32] Na cidade do Funchal no dia 29 de Outubro de 1993 registaram-se precipitações intensas, segundo informações recolhidas " entre as 0 e as 6 horas teriam sido registados 231 mm de chuva no posto do Poiso"[33], situado nas proximidades do Funchal, mas os prejuízos não foram muito graves. Outro episódio pluviométrico marcante (como referimos anteriormente), que se verificou recentemente, foi o ocorrido na Povoação no dia 14 de Dezembro de 1996, que causou (segundo um artigo jornalístico, citado por Rebelo) apenas prejuízos materiais.



Traduzido de: "Applied Geography", Michael Pacione.

Fig. 4 - Eventos climáticos extremos.

[31]REBELO, Fernando – Risco e crise nas inundações rápidas em espaço urbano. Alguns exemplos portugueses analisados a diferentes escalas."Territorium",Coimbra, MinervaCoimbra, 4, 1997,p. 30.
[32] REBELO, Fernando, *Riscos Naturais e Acção Antrópica*, Coimbra, Imprensa da Universidade, 2001, p. 220.
[33] Idem, p. 213.

As chuvas intensas (isto é, a ocorrência de elevados totais precipitação, por vezes num curto espaço de tempo) são nitidamente um "risco climático, maior ou menor consoante o tipo de clima, risco que se relaciona com a frequência da passagem de importantes depressões ou perturbações frontais. No entanto, e porque quando se fala em clima não se podem negligenciar os factores climáticos, para o mesmo tipo de clima, o risco das chuvas intensas será maior se se verificarem algumas características fisiográficas regionais ou locais susceptíveis de acrescentarem efeitos de ascendência orográfica"[34].

Se as chuvas intensas ocorrem numa região onde os rios e ribeiros apresentem características naturais que possibilitem uma boa drenagem, não surgirão problemas de inundações, visto a região estar em equilíbrio com o seu clima. Quando esse equilíbrio é muito frágil, e por vezes inexistente, como é o caso da maioria dos espaços fortemente urbanizados, as inundações e cheias tornam-se muito frequentes.

O risco de precipitações intensas é muito difícil de prever a longo prazo, não nos podemos esquecer que a precipitação é um elemento muito irregular, descontínuo. É impossível antecipar a sua variabilidade. Cada vez é maior o esforço de investigação e análise na tentativa de compreender melhor a precipitação (incluindo as precipitações intensas), assim como os restantes riscos climáticos para depois promover medidas de defesa e mitigação ajustadas ao contexto/área que foi afectada pelo evento climático extremo.

Na minha investigação, que se integra no âmbito dos riscos (hidro)climáticos, procurarei compreender de forma mais aprofundada o comportamento das precipitações, o seu contributo no desencadear do risco hidrológico fluvial. Tentarei, assim, analisar a influência da dinâmica climática no desencadear do risco hidrológico, o risco climático precipitações intensas e o risco hidrológico são indissociáveis. Tal como refere Keith Smith e Roy Ward ..." most river floods result directly or indirectly from climatological events such as heavy and/or excessively prolonged rainfall."[35]

[34] Idem.
[35]SMITH, Keith, WARD, Roy, *Floods – Physical Processes and Human Impacts*, West Sussex, John Wiley, 1998, p.10.

1.4. PERCEPÇÃO DO RISCO CLIMÁTICO PRECIPITAÇÃO

O comportamento pluviométrico condiciona a vida quotidiana dos indivíduos. O excesso de água, bem como a sua escassez, geram problemas sociais/individuais. Será que a sua percepção individual e comunitária/colectiva relativamente ao comportamento da precipitação corresponde à realidade?

Não nos podemos esquecer que o ambiente físico, sócio-económico e as características psicológicas influenciam o mundo percepcionado. Podemos dividir os factores que influenciam a percepção individual face aos riscos naturais em dois grupos: os factores situacionais e os factores cognitivos. Os factores situacionais incluem o ambiente físico e o sócio-económico, por seu lado, os factores cognitivos incluem as variáveis psicológicas (ou pessoais) e atitudinais. Assim, há uma inter-relação e inter-influência dos factores situacionais e cognitivos, cuja combinação originará a resposta aos riscos [naturais].

As atitudes e ajustamentos de uma comunidade aos riscos naturais não corresponde ao somatório das acções e percepções individuais. As atitudes comunitárias e os ajustamentos colectivos são mais complexos que a percepção individual daí que deverá prever-se uma maior variação.

White (1974) defende que a variação na percepção e na avaliação do risco deve estar relacionada com a magnitude e frequência do evento, é importante a frequência da experiência pessoal. A experiência individual está relacionada directamente com o ambiente físico mas também com as atitudes face ao risco.

As características físicas do evento influenciam as acções e as respostas humanas, é muito importante a duração, magnitude e frequência do evento, a combinação destes factores tem um grande impacto na percepção individual.

Por seu lado, as características sócio-económicas incluem grande diversidade de características que também podem ser consideradas culturais, como é o caso da educação, da religião, dos laços familiares, do emprego. Alguns estudos demonstraram que as pessoas mais educadas/cultas e ricas adoptam medidas de mitigação (é uma forma de responderem à ameaça dos riscos), por exemplo, a criação de seguros multiriscos. Segundo Bryant os elementos religiosos e culturais também desempenham um papel importante, por exemplo, atitudes fanáticas (aceitar as catástrofes como actos divinos poderá ser um dos exemplos)

não promovem respostas adequadas aos riscos, as normas culturais podem contribuir para aumentar a vulnerabilidade.

Como referi anteriormente, a experiência pessoal face ao risco é um elemento importante, combina simultaneamente os factores/circunstâncias sócio-económicas e o ambiente físico. As características físicas do evento (magnitude, duração, frequência, ...) " moldam" o tipo de experiência influenciando assim a percepção e a resposta. A magnitude e a duração temporal de uma experiência também influenciam a percepção (individual) face ao risco. Por outro lado, a experiência também pode ser limitadora, os indivíduos podem ser prisioneiros das suas próprias experiências pois essas experiências podem actuar como "limites" ao conhecimento do indivíduo, os indivíduos escolhem de acordo com um conjunto de alternativas, estando essas alternativas dependentes (e relacionadas) do seu conhecimento.

A influência dos factores cognitivos também é de salientar. Estes factores incluem variáveis psicológicas e atitudinais que, juntamente com os factores situacionais influenciam o comportamento e as acções. A cognição corresponde (de forma geral) às expectativas individuais que se desenvolvem ao longo do tempo, incluindo as crenças face ao risco. As características psicológicas, as crenças e a informação disponível influenciam o processamento da informação face ao risco. Os processos psicológicos interagem com as condições situacionais (o contexto) para originar o comportamento (uma acção), segundo Holahan.

Holahan defende que o contexto/ambiente influencia os processos psicológicos (estes são constituídos por três elementos que interagem entre si: a percepção; a cognição e as atitudes) e estes, por sua vez, influenciam os processos comportamentais.

É difícil generalizar as atitudes e respostas das comunidades visto que cada comunidade apresenta um contexto social, económico, político e cultural específico o qual vai influenciar as respostas e ajustamentos ao risco.

Assim, face à grande diversidade de influências internas e externas a que as comunidades estão sujeitas é impossível desenvolver um esquema simples que explique o desenrolar das atitudes numa sociedade. Contudo, é possível desenvolver esquemas integrados que poderão orientar a nossa compreensão das dinâmicas comunitárias face aos riscos naturais.

Uma dessas influências externas a que os indivíduos e as comunidades estão sujeitos é a influência mass media, estes poderão condicionar a percepção e acção dos indivíduos. Os indivíduos e os grupos elaboram cognitivamente a informação de que dispõem acerca dos riscos, grande parte desta veiculada pelos média.

Assim, no sentido de compreender um pouco melhor a forma como os média abordam os riscos hidroclimáticos, em especial as precipitações intensas e as cheias/inundações, fizemos uma pequena pesquisa jornalística[36]. Iniciamos a nossa pesquisa no ano de 1990 (mas só a partir de 1992 é que encontramos artigos interessantes), retrocedemos um pouco no tempo, no sentido de recolhermos um número considerável de artigos e, a partir destes, tentar saber se a preocupação dos média com o ambiente, neste caso com a precipitação, se tem intensificado nos últimos tempos. Procuramos também analisar o rigor científico da descrição jornalística, especialmente se os dados pluviométricos referidos coincidiram com o quantitativo realmente ocorrido.

Optamos por fazer essa pesquisa num jornal diário, cujas reportagens privilegiassem a Área Metropolitana do Porto, onde se insere a nossa área de estudo. Assim, optamos pelo Jornal de Notícias, jornal secular e de reconhecido prestígio regional e nacional.

A nossa área de estudo, a Bacia Hidrográfica da Ermida, situa-se no concelho de Valongo (mais concretamente na freguesia de Sobrado), este alvo, nos últimos tempos, de fortes pressões urbanísticas. Estas pressões motivam a intensificação dos episódios de inundações e cheias. O seguinte artigo jornalístico ilustra uma dessas situações.

> **Enxurradas em Alfena levam protestos a Valongo** (JN, 11/10/93)
>
> " O presidente da Junta de Freguesia de Alfena encabeça hoje uma delegação de moradores do lugar de Barreiro de Baixo que vai à Câmara de Valongo exigir soluções para as enxurradas que lhes inundam as casas. [...] O problema tem mais de meia dúzia de anos, desde que a zona urbanizada mais baixa do lugar começou a crescer, e agravou-se desde há dois anos com a construção de um aqueduto do outro lado da estrada nacional (...) a drenagem de águas pluviais passou-se a fazer por uma única conduta. Depois o seu diâmetro foi reduzido de 500 para 300 milímetros, insuficiente para os caudais das enxurradas mais volumosas".

Frequentemente, desde 1992, encontramos artigos jornalísticos que abordam a temáticas das cheias e inundações, bem como os episódios pluviométricos mais intensos e as suas consequências. Tal situação não se verificou no ano de 1991, provavelmente por ter ocorrido reduzidas precipitações e/ou as suas consequências não terem sido muito significativas. Em 2004 também não ocorreram referências a essas situações porque se registaram precipitações reduzidas.

Se contabilizarmos o número de notícias ocorridas em cada ano hidrológico verificamos que o maior número de notícias coincide com os anos que registaram as

[36] Um estudo semelhante foi realizado por Ana Monteiro, na sua tese de doutoramento. Analisou a influência dos média na percepção do risco por parte dos cidadãos, a informação por eles veiculada relativa às precipitações intensas, ...

precipitações anuais mais elevadas (consultar Fig. 5). Através da referida tabela verificamos que os anos hidrológicos 1995/96, 2000/01, 2002/03 foram anos muito chuvosos. Os seus episódios pluviométricos mais intensos e respectivas consequências foram retratados em várias notícias. As únicas excepções são 1990/91 e 1997/98, cujos acontecimentos pluviométricos intensos parecem não ter despertado o interesse jornalístico, apesar de serem um ano chuvoso e muito chuvoso, respectivamente.

	Nº de notícias	Classificação de acordo com método dos quintis (1930/31-2002/03)[37]
1990/91	**0**	**Ano chuvoso**
1991/92	**4**	**Ano muito seco**
1992/93	**1**	**Ano seco**
1993/94	**8**	**Ano chuvoso**
1994/95	**3**	**Ano seco**
1995/96	**10**	**Ano muito chuvoso**
1996/97	**1**	**Ano normal**
1997/98	**3**	**Ano muito chuvoso**
1998/99	**1**	**Ano seco**
1999/00	**6**	**Ano normal**
2000/01	**11**	**Ano muito chuvoso**
2001/02	**0**	**Ano seco**
2002/03	**11**	**Ano muito chuvoso**
2003/04	**0**	**Ano seco**

Fig. 5 - Síntese artigos jornalísticos.

Seguidamente, iremos transcrever alguns excertos dos artigos jornalísticos cujas descrições se destacaram. Correspondem a descrições de fenómenos ocorridos no concelho de Valongo, bem como nos outros concelhos que compõe Área Metropolitana do Porto.

Choveu a potes ... e foram rios de problemas (JN, 5/12/92)

" [...] Quanto à chuva ela foi intensa [...] registaram-se várias inundações [no Porto] nas zonas baixas de cidade verdadeiros rios correram pelas calçadas íngremes (...) Assim, os casos de inundações sucedem-se, como se chover fosse uma raridade, o que bem mostra a incúria pública e privada aliada à falta de limpeza dos detritos e areias que se acumulam nas bermas, nos bueiros e condutas de águas pluviais, entupindo-as. (...) Casos de inundações de casa e unidades fabris ocorreram quer no Porto, quer nos concelhos limítrofes, com muita gente de balde na mão. Em Ermesinde houve falta de água nas torneiras, falta de energia eléctrica, excesso de água no céu, nas ruas, inundações e "destruição" de electrodomésticos."

[37] Informação retirada do Quadro 10 (capítulo 1 do grupo III).

Mau tempo do Norte e Centro põe Protecção Civil de Prevenção (JN, 6/01/94)

" No Porto e concelhos limítrofes, apesar da intempérie, a Protecção Civil não registou problemas de maior. Algumas inundações em caves e alguns ramos partidos eram as únicas preocupações para as corporações de bombeiros do Grande Porto. [...] De Valongo chegam notícias dando conta das dificuldades na linha de caminho de ferro, em Susão. De acordo com as fontes da CP, desde as 15 horas que a linha se encontra inundada, passando as composições com alguma dificuldade."

Chuvas inundam muitas residências (JN, 7/01/94)

" As inundações provocadas pelas chuvas foram outros dos efeitos do temporal que tem assolado o país, e provocaram prejuízos e incómodos significativos a muitas famílias. [...]Em Valongo, na zona da Estação, onde o caudal de água foi tal que inundou o rés-do-chão de muitas residências."

Temporal no Porto (JN, 10/01/94)

" Muita chuva e vento forte fustigaram durante todo o dia de ontem a cidade do Porto e os concelhos limítrofes (...)."

Carros "desaguam" em riacho de Sobrado" (JN, 12/01/94)

" Desta vez, um pequeno carro que invertia a marcha foi abalroado por um "furgão" que seguia no mesmo sentido, em ultrapassagem, e ambos caíram ao *riacho, que nesta altura mais parece um rio, tal o volume do caudal*."

Temporal desfeito desabou sobre o Porto e arredores (JN, 6/11/94)

" O mau tempo também chegou ao Porto. Felizmente sem a gravidade que tem estado a atingir outras cidades europeias mas ainda assim de forma a criar algumas situações de angústia e até de pânico, sobretudo nas zonas mais degradadas da cidade e em algumas zonas da periferia."

Chegada do tempo outonal provocou situações caóticas (JN, 25/10/95)

" De súbito, o mau tempo, expresso em ventos fortes e com rajadas, chuva intensa com copiosas bátegas e agitação no mar. [...] De Norte a Sul, alguns prejuízos e muitos incómodos. Depois de meses secos, o "dilúvio". Poderia até considerar-se um "excelente tempo" não fosse o desconforto de algumas ocorrências como inundações, aluimentos, queda de árvores (...)".

Lençol de água na Via Rápida causa despiste mortal (JN, 23/12/95)

" Pelo menos um morto e dois feridos, inúmeras colisões sem gravidade e grandes congestionamentos, casas ameaçadas por sarjetas entupidas e túneis quase impraticáveis são alguns dos resultados das chuvadas de ontem na área do Porto."

Bombeiros e autoridades foram insuficientes (JN, 26/12/95)

" Em muitos locais da Área Metropolitana do Porto a água formou lençol e causou sérios embaraços a peões e automobilistas; noutros deu origem a enxurradas que provocaram a deslocação de pedras e terras para algumas vias e que, por isso, tiveram que ser cortadas ao trânsito, ainda que temporariamente. [...] Em Ermesinde, os bombeiros locais também não tiveram mãos a medir. Desde a meia-noite, garagens, caves de habitações e alguns estabelecimentos ficaram alagados, e os pedidos de ajuda foram uma constante. "

Ponte obstruída por entulho causa inundações em Rio Tinto (JN, 30/12/95)

" O mau tempo dos últimos dias – associado a deficiências no sistema de drenagem na Rua do Padre Joaquim das Neves, em Rio Tinto (Gondomar) bem como a obstrução de uma ponte local, provocou a inundação de diversas habitações. [...] "O que o rio trouxe não se põe em cartilha", comentava um morador. "É claro que a corrente lavou as margens, trazendo tudo na enxurrada, mas também há muita falta de civismo, por parte das pessoas, no que toca ao lixo. E com uma ponte assim, ficou aí tudo. A água começou a subir do outro lado, e naquelas casas, ninguém teve Natal. [...] A queda de água foi tal que o rio Leça teve de sair do leito e invadiu campos e casas provocando bastantes prejuízos ".

Chuva "entupiu" telefones dos bombeiros do Porto" (JN, 19/10/97)

" A chuva intensa, acompanhada de fortes rajadas de vento, provocou, ontem, no Porto e Gaia diversos estragos. [...] Pequenas inundações, caleiras e sarjetas entupidas, obrigaram os bombeiros a andar numa "roda-viva"."

Norte sem comboios devido às trovoadas (JN, 2/9/99)

" O mau tempo (trovoada, chuva, vento e granizo) que ontem à tarde se abateu sobre todo o Norte e Centro do país, provocou estragos e lançou a confusão: inundações, incêndios, transportes parados, telefones e sistema informáticos cortados. Os comboios da linha do Douro e Minho estiveram parcialmente paralizados devido a descargas eléctricas (...) Os troços mais afectados foram entre Valongo e S. Bento e entre S. Romão e Ermesinde."

Chuvas torrenciais provocam o caos (JN, 22/10/99)

" O temporal que, durante o dia de ontem, se fez sentir no Grande Porto, provocou prejuízos incalculáveis, um pouco por toda a região. As chuvas intensas e o vento, que soprou forte, obrigaram a diversos cortes de estradas, nomeadamente devido às condutas que rebentaram ou às árvores que caíram. [...] Um veículo todo-o-terreno foi surpreendido pelas águas do ribeiro de Balsinho, em Ermesinde. O condutor terá pensado que era possível ultrapassar o ribeiro, mas não contou com o aumento do caudal, devido à chuva intensa. O veículo capotou e foi arrastado pelas águas durante alguns metros."

Mau tempo provoca estragos em série (JN, 13/11/00)

" Chuva intensa e algumas rajadas de vento muito forte voltaram a fustigar a Área Metropolitana do Porto, durante todo o dia de ontem. Ruas alagadas, casas inundadas, carros arrastados e jogos de futebol interrompidos compuseram um cenário de invernia que não deu descanso aos bombeiros."

Mau tempo atacou e veio para ficar (JN, 6/12/00)

" Área Metropolitana do Porto despertou, ontem, com fortes chuvadas e rajadas de vento, que provocaram vários incidentes. [...] Mais uma vez choveram telefonemas nas diversas corporações de bombeiros, para que estas acorressem a inundações, sarjetas entupidas e árvores caídas, entre outras ocorrências. Matosinhos, Gaia, Porto e Gondomar foram as cidades mais afectadas pelo mau tempo, que começou a manifestar-se ontem à noite."

Rio cumpre ameaça em dia de temporal (JN, 6/01/01)

" A chuva intensa que continua a fustigar o Norte do país e a descarga de grandes quantidades de água das barragens fez com que o nível das águas fosse aumentando durante todo o dia. [...] Mas nem só os rios fizeram estragos. O mau tempo espalhou um rasto de destruição. A chuva intensa e o vento forte que se fizeram sentir durante toda a madrugada provocaram a queda de árvores, de alguns postes de alta tensão e acidentes rodoviários, na Área Metropolitana do Porto."

Subida das águas do Douro apanhou o Porto de surpresa (JN, 27/01/01)

" O rio Douro voltou, ontem à tarde, a galgar as suas margens nas zonas ribeirinhas do Porto e de Gaia, deixando atrás de si uma onda de desespero e impotência. Os rios Leça e Ferreira também inundaram casas, fábricas e estabelecimentos."

Leça causou estragos na Maia e em Valongo (JN, 27/01/01)

" O rio Leça e os seus afluentes galgaram as margens e provocaram ontem uma série de inundações em casa e estabelecimentos da Maia, Valongo e Gondomar. [...] Campos e videiras estavam completamente submersos pelo rio Leça. Em Ermesinde, na zona da Travagem (Valongo), 32 garagens (...) ficaram alagadas, bem como o restaurante Churrasqueira do Norte."

Temporal violento causou prejuízos (JN, 14/11/02)

" Um forte temporal abateu-se, ontem, ao final da manhã, sobre o Grande Porto. [...] Provocou inundações e infiltrações em casa particulares e edifícios públicos, vias alagadas, corte de electricidade e também queda de dezenas de árvores, um pouco por toda a Área Metropolitana do Porto."

Chuvada provocou confusão no Porto (JN, 25/12/02)

" Em toda a área metropolitana multiplicaram-se inundações em habitações, garagens e estradas. A chuva torrencial que caiu durante toda a noite de ontem na zona do Grande Porto provocou centenas de inundações em habitações e em diversas ruas, o que causou grandes dificuldades de circulação automóvel. [...] Em Gondomar, o Rio Tinto galgou as suas margens e alagou dezenas de residências."

Rio Leça desalojou 20 famílias na Maia (JN, 27/12/02)

" O temporal que atingiu o Grande Porto desalojou, ontem, cerca de 20 famílias no concelho da Maia. As marcas do mau tempo são extensivas a toda a Área Metropolitana (AMP). [...] Garagens e arrecadações foram apanhadas pelo rio [Leça], os campos eram como a sua continuação, as casas térreas também não escaparam e houve mesmo quem tivesse ficado preso dentro da própria casa, num primeiro andar. [...] Em Ermesinde os bueiros com detritos originaram enchentes. Ali há casos de pessoas que viram os seus carros ficarem submersos."

Estradas cortadas no Porto (JN, 27/12/02)

" Estradas alagadas, deslizamentos de terras, quedas de árvores, de andaimes, de postos de electricidade são outras consequências do mau tempo, responsáveis por vários despistes, capotamentos e colisões e pelo corte de diversas estradas, na Área Metropolitana do Porto."

A análise global dos artigos pesquisados permite-nos tecer algumas considerações. O interesse dos média para com os fenómenos de precipitação intensa parece que se intensificou, preocupam-se em descrever as suas consequências mas também as características do fenómeno em causa. O facto das consequências dos fenómenos pluviométricos intensos terem-se intensificado nos últimos anos poderá ter contribuído, um pouco, para "aguçar" o seu interesse.

As descrições da intensidade dos episódios pluviométricos coincidiram com o quantitativo realmente ocorrido na estação do Porto-Serra do Pilar, a descrição jornalística esta de acordo com a relevância do fenómeno pluviométrico. Não existe uma grande discrepância entre o acontecimento percepcionado e o real.

Grande parte dos artigos jornalísticos retrata comportamentos e modos de vida que reflectem a ausência de uma cultura de cheia. "A cultura de cheia consiste num conjunto de processos de adaptação que se traduzem em modos de vida e de actuação especificas em caso de desastre, características dos edifícios e aglomerados, usos e práticas agrícolas

adequados às características das cheias, formas de organização e solidariedade da comunidade, [...]"[38].

Não é apenas ausência dessa cultura que está bem patente nos artigos jornalísticos descritos anteriormente, estes também transmitem, de uma forma indirecta, crença no poder humano face às forças da natureza e a reduzida valorização dos eventos climáticos, nomeadamente os pluviométricos.

Mas será que o comportamento pluviométrico é assim tão previsível e "domesticável" como o Homem actualmente pensa? Será que as características do suporte biogeofísico e a sua influência no comportamento pluviométrico podem ser menosprezadas pelo Homem?

Pensamos que não, cada espaço tem as suas características, as suas particularidades, as quais devem ser respeitadas e não menosprezadas pelo Homem. O Homem deve esforçar-se em compreender melhor a dinâmica de cada espaço. Nesse sentido, propusemo-nos estudar a Bacia Hidrográfica da Ermida, o seu comportamento perante diferentes episódios pluviométricos, bem como a forma do Homem ocupa esse espaço.

[38] SARAIVA, Maria da Graça Magalhães, *O Rio como Paisagem. Gestão de corredores fluviais, Risco de Cheias e Ordenamento do Território*, ISA, Lisboa, 1995, p. 275.

GRUPO II

1. A BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DA ERMIDA

1.1. Estudo de caso

Como referimos anteriormente, a Bacia Hidrográfica da Ermida foi a área que seleccionamos como área de estudo. Se enquadrarmos a Bacia Hidrográfica do ponto de vista administrativo, podemos afirmar que esta se situa no concelho de Valongo (este integra a Área Metropolitana do Porto), mais precisamente, na freguesia de Sobrado.

O nosso estudo incidirá sobre o elemento climático precipitação. Tentaremos responder às seguintes questões-problema: existirão contrastes pluviométricos entre a nossa área de estudo e a estação do Porto-Serra do Pilar? Qual será a influência do comportamento pluviométrico no escomento superficial da Bacia Hidrográfica da Ermida?

Nesse sentido, procuraremos conhecer o comportamento pluviométrico da área onde se insere a nossa bacia hidrográfica e compara-lo-emos com o da estação do Porto-Serra do Pilar. Pretendemos também conhecer o comportamento da nossa bacia hidrográfica perante os diferentes episódios pluviométricos, estes ocorridos entre Julho de 2003 e Dezembro de 2004.

Para concretizarmos os referidos objectivos de estudo monitorizamos as precipitações ocorridas próximo da Bacia Hidrográfica da Ermida, bem como as alturas hidrométricas da Ribeira da Ermida e do rio Ferreira. A monitorização das precipitações ocorreu diariamente em cinco postos, situados próximo da bacia (em Sobrado). Por seu lado, a monitorização das alturas hidrométricas ocorreu, sempre que possível, quinzenalmente.

Procuraremos também, estudar diferentes episódios de cheias, no sentido de começar a conhecer um pouco melhor o comportamento das cheias em pequenas bacias hidrográficas de regime não torrencial. A não ocorrência de cheias ao longo do nosso estudo (os anos hidrológicos 2003/04 e 2004/05 foram anos de reduzida pluviosidade) inviabilizou a

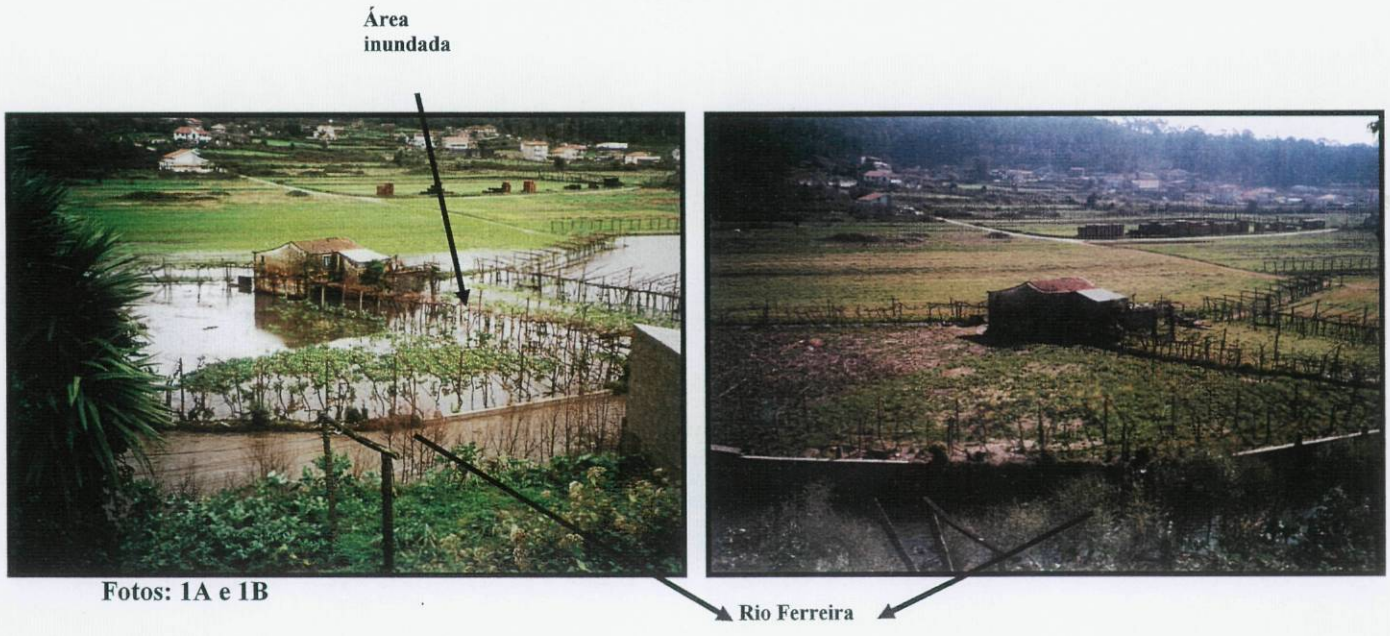
concretização do nosso objectivo. Tentamos ainda encontrar registos históricos, mas a procura revelou-se infrutífera.

É de referir que o nosso interesse em estudar diferentes episódios de cheia foi despoletado pela observação in locu de várias situações de cheia em Sobrado (área onde se insere a nossa bacia), entre elas a ocorrida no ano hidrológico 2002/03. Esta foi a última cheia ocorrida antes do início do nosso estudo.

Realizamos um registo fotográfico do referido episódio de cheia/inundação perto da Bacia Hidrográfica da Ermida, mais concretamente na planície de Sobrado perto do Rio Ferreira. Não fizemos qualquer medição porque ainda não tínhamos seleccionado a nossa área de estudo. Esse episódio será descrito seguidamente de forma sucinta, tentaremos conhecer quais os quantitativos pluviométricos que deram origem às inundações ocorridas na baixa de Sobrado nos dias 26 e 27 de Dezembro de 2002. Como referimos anteriormente, nos anos hidrológicos 2003/04 e 2004/05 não ocorreram cheias e inundações na baixa de Sobrado.

Nos dias 26 e 27 de Dezembro de 2002 ocorreram precipitações intensas em Sobrado, bem como na Área Metropolitana do Porto (AMP). Na estação do Porto-Serra do Pilar registaram-se 80,9 mm de precipitação no dia 26 e 23,7 mm no dia 27. A precipitação máxima registada em 1 hora no dia 26 de Dezembro foi de 12,4 mm e no dia 27 foi de 9,4 mm. É de salientar que não possuímos registos de Sobrado porque iniciamos a sua monitorização apenas em Março de 2003.

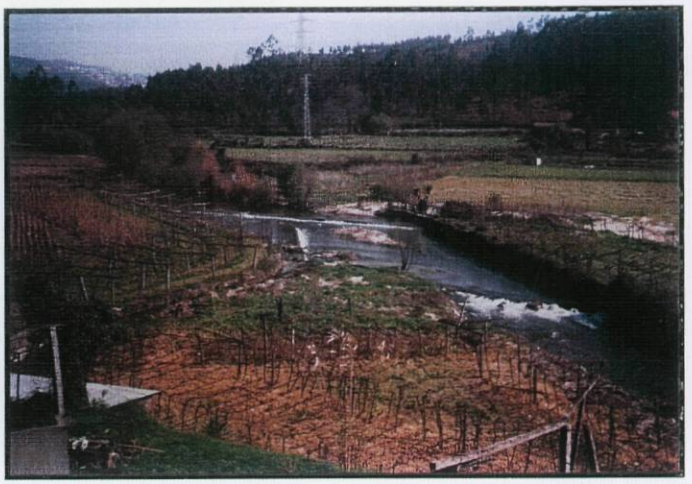
As fotografias que passamos a apresentar ilustram o referido episódio de cheia do Rio Ferreira[39].



Fotos: 1A e 1B

[39] Consultar Fig. Anexa 2.

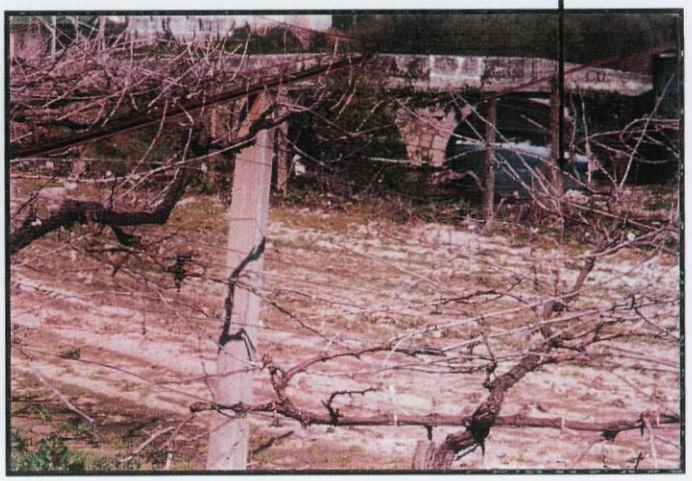




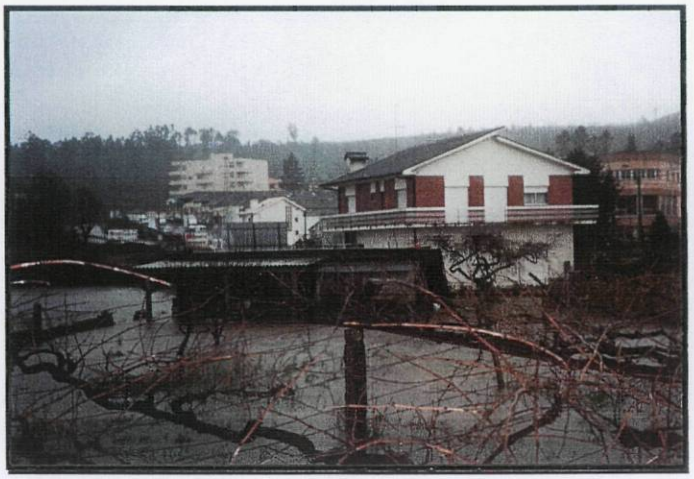
Fotos: 2A e 2B

Rio Ferreira





Fotos: 3A e 3B





Fotos: 4A e 4B

O Rio Ferreira não é visível na fotografia, posiciona-se mais para o lado esquerdo.





Fotos: 5A e 5B **Percurso normal do Rio Ferreira** **Leito de Cheia do Rio Ferreira** **Área representada na fotog. 5A**

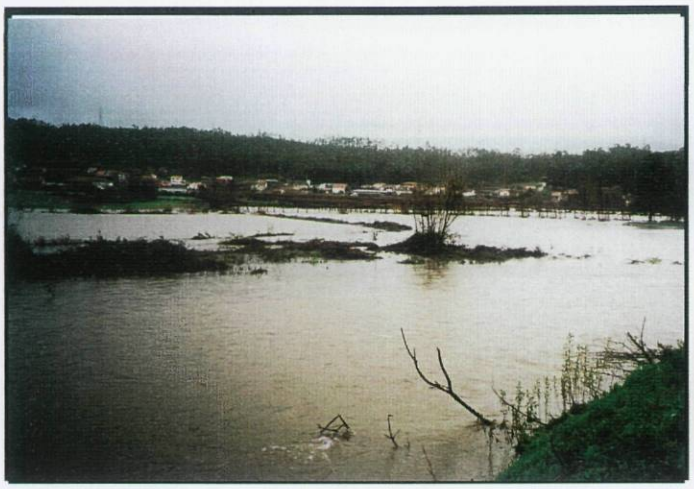


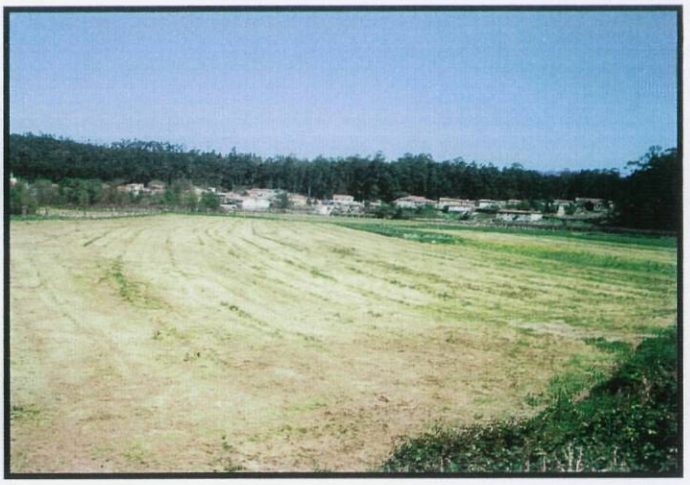
Foto: 5C





Fotos: 6A e 6B





Fotos: 7A e 7B

Fotografias 1 - Inundações ocorridas na baixa de Sobrado nos dias 26 e 27 de Dezembro de 2002.

As fotografias ilustram o Rio Ferreira em dois momentos distintos: em momento de cheia e no seu curso normal, após a cheia. As várias imagens mostram-nos os impactes da cheia, o rio galgou as suas margens e inundou campos de cultivo, afectando também áreas urbanizadas. É de salientar o facto das fotografias 5A e 5B se complementarem, apesar de retratarem a mesma áreas. A fotografia 5A pretende mostrar que a área inundada é considerável, por seu lado, a fotografia 5B pretende mostrar o leito de cheia do Rio Ferreira. Na imagem 7A é nítida a dimensão da área inundada.

A urbanização dos vales acentua as consequências das inundações, como é o caso de Sobrado. A ocupação das áreas inundáveis demonstra que em Sobrado, tal como em todo o território português, ainda não existe uma "Cultura de Cheia", as populações ainda não adoptaram padrões culturais e sociais que minimizem os efeitos das cheias. É fundamental apostar na correcta "gestão da ocupação do solo nas imediações das linhas de água"[40].

"As cheias constituem um dos riscos naturais mais ameaçadores para a sociedade, associados a processos naturais do ciclo hidrológico e à proximidade de cursos de água, em face dos perigos e danos que ameaçam pessoas e bens localizados em zonas vulneráveis a esse tipo de desastre, geralmente coincidentes com o leito de cheia do curso de água em causa"[41].

Segundo Maria da Graça Magalhães Saraiva" [a]ctualmente, abordagem ao problema das cheias [e das inundações] requer um carácter eminentemente pluridisciplinar, a Hidrologia, a Hidraúlica e a Geografia Física têm feito a sistematização geofísica das causas

[40] ROCHA, João Soromenho, *Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios em zonas inundáveis*, "Territorium", 2, Minerva, Coimbra, 1995, p. 13.

[41] SARAIVA, Maria da Graça Magalhães, *O Rio como Paisagem. Gestão de corredores fluviais, Risco de Cheias e Ordenamento do Território*, ISA, Lisboa, 1995, p. 255.

das cheias e das condições de intensificação. Por seu lado, a Engenharia Civil, a Geologia, a Hidrogeologia, a Geotecnia debruçam-se sobre as actuações estruturais, controlo e defesa. As Ciências Sociais, por exemplo, a Economia, a Geografia Humana, a Sociologia, têm abordado a avaliação de prejuízos e danos, bem como, as intervenções não-estruturais."[42]

Opinião semelhante, mas mais abrangente tem Jorge Olcina Cantos, segundo este investigador "[o] estudo dos riscos naturais deve ter um carácter multidisciplinar, o conhecimento das causas dos eventos excepcionais necessita dos contributos das Geologia, da Geografia Física, da Biologia, ..., e o estudo dos efeitos/impactes nas actividades humanas necessita do contributo da Sociologia, da Geografia Humana, da Psicologia, ...".[43]

1.2. As características físicas e a ocupação do solo

A Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida é um dos espaços do Noroeste Português.

"No Noroeste as fortes precipitações diárias são importantes, frequentes e apresentam uma "larga" repartição anual"[44]. Estas características pluviométricas são um dos elementos responsáveis pela existência, no Noroeste, de uma rede hidrográfica bastante densa (Fig. 6). Esta elevada densidade não é unicamente típica desta área, mas também de toda a região Norte de Portugal.

Orlando Ribeiro traçou vários conjuntos climáticos (com limites pouco rigorosos) para o País, entre eles do Noroeste de Portugal até aos areais da Ria de Aveiro ou ao baixo vale do Mondego, "constitui a área onde a tonalidade atlântica do clima se imprime com maior vigor. Temperatura média mais baixa (menos de 15º), temperatura de Verão moderada (menos de 20º), amplitude de variação anual reduzida (menos 12º), precipitação geralmente superior a 1000 mm, apenas dois meses (ou mesmo um só) com chuva inferior a 30 mm, humidade relativa sempre alta"[45].

Nas montanhas do Minho podem cair chuvas abundantes em qualquer período do ano, provocando cheias brutais das torrentes, quedas de pedras e deslizamentos nas vertentes, o noroeste é o "único espaço português que escapa realmente à típica secura do

[42] Idem, p. 257.
[43] CANTOS, Jorge Olcina, AYALA-CARCEDO, Francisco (editores), *Riesgos Naturales*, Ariel Ómega, Barcelona, 2001, p.49.
[44] DAVEAU, Suzanne, *Répartition Géographique dês Pluies Exceptionnellement Fortes au Portugal.* "Finisterra", Lisboa, CEG, 7 (13), 1972, p. 20.
[45] RIBEIRO, Orlando, LAUTENSACH, Hermann, DAVEAU, Suzanne, *Geografia de Portugal – O Ritmo Climático e a Paisagem*, vol. II, Lisboa, Edições João Sá da Costa, 1994 p.383/384.

Verão mediterrâneo".[46] Embora escape à típica secura estival, o Noroeste e, consequentemente, a Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida enquadra-se, tal como o restante Portugal continental, dentro dos climas mediterrânicos, cuja característica fundamental é a presença de duas estações contrastadas, tanto do ponto de vista pluviométrico como do ponto de vista térmico. O Verão tende a ser quente e com pouco precipitação e o Inverno com temperaturas suaves e bastante pluvioso.

No noroeste as altitudes não ultrapassam os 2000 metros, predominam as altitudes inferiores a 600 metros (Fig. 7) e à medida que nos afastamos do mar a altitude vai aumentando progressivamente.

A Bacia Hidrográfica da Ermida está um pouco afastada do mar, insere-se depois da primeira barreira montanhosa, de altitude superiores a 100 metros. Essa barreira (a sudoeste da Bacia) é constituída pela Serra de Santa Justa, pela Serra do Castiçal e pela Serra de Pias. A Serra da Murta e a Serra da Agrela são as duas áreas montanhosas mais próximas da área de estudo. As vertentes que integram a bacia a oeste pertencem à Serra da Murta, as de este à Serra da Agrela[47]. Todas estas serras exercem uma forte influência no acréscimo da condensação e, consequentemente, nos quantitativos pluviométricos registados.

No presente estudo iremos analisar uma das "váriáveis" do sistema bacia hidrográfica. Cada bacia hidrográfica comporta-se como um complexo sistema, no qual intervêm um conjunto de variáveis. "Segundo Schumm (1965) as variáveis do sistema são as seguintes: o tempo, a geometria do relevo inicial, a geologia (litologia e estrutura), o clima, a cobertura vegetal, o volume da bacia, os escoamentos e a erosão específica, a morfologia da rede de drenagem, os caudais liquídos e sólidos afluentes à rede de drenagem e aos meios receptores, a geometria dos canais e as características do material sólido transportado, a morfologia da zona de deposição e as características dos sedimentos (do fundo) "[48]. O clima é uma das variáveis que mais condiciona a dinâmica de uma bacia hidrográfica, sendo o elemento climático precipitação o principal "input" do sistema.

Centraremos a nossa atenção no "input" " precipitação, além de tentarmos conhecer os seus valores, tentaremos estimar os correspondentes escoamentos superficiais (output). A estimativa dos escoamentos superficiais basear-se-à em medições realizadas. Assim, estudaremos os excedentes pluvimétricos que desencadeiam o escoamento superficial e não a repartição da água pelo escoamento superficial e pela infiltração.

[46] Idem, p. 404.
[47] Consultar Fig. Anexa 3.
[48] QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984, p. 755.

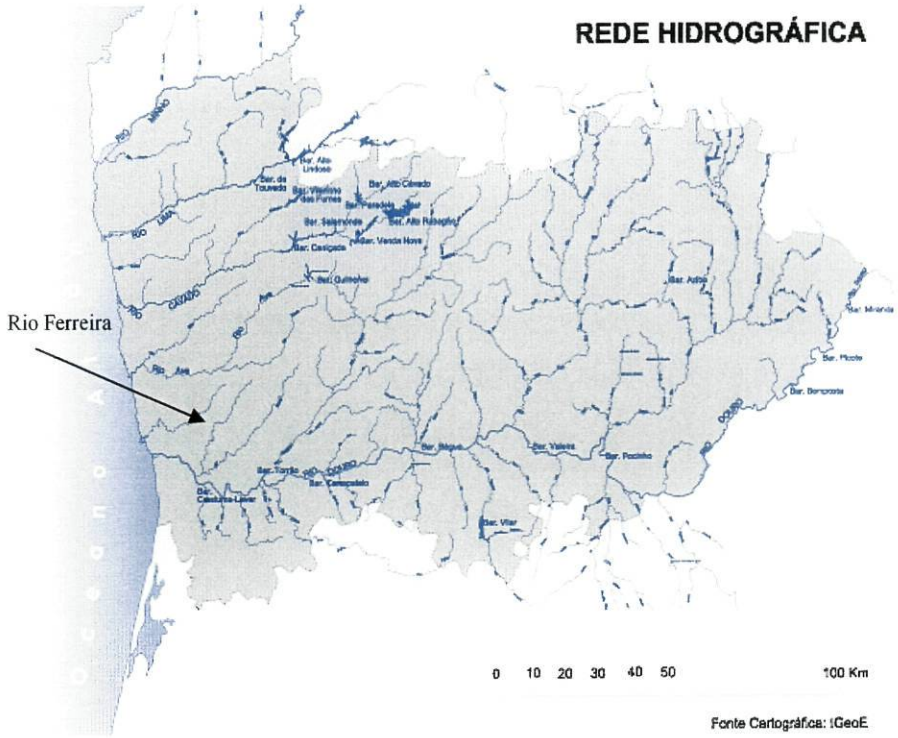


Fig. 6 - Rede Hidrográfica do Norte de Portugal.

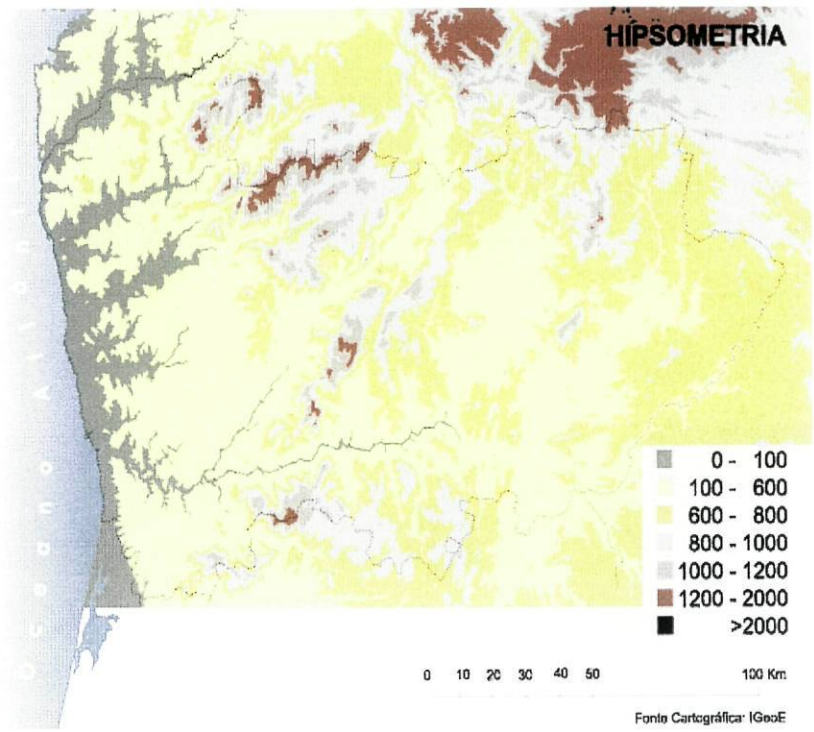


Fig. 7 - Hipsometria do Norte de Portugal.

Analisaremos também as principais características da Bacia da Ermida que condicionam a sua "resposta" aos episódios pluviométricos.

O comportamento de uma bacia hidrográfica ao "input" pluviométrico é condicionado por variados factores. A rede hidrográfica, a topografia da bacia hidrográfica, as suas características geométricas (área, forma, ...) influenciam a velocidade de escoamento e, consequentemente, o tempo de concentração das águas. As características litológicas, o tipo de solo e a sua ocupação determinam o grau de permeabilidade dos terrenos, influenciam a capacidade de infiltração e de retenção dos solos, bem como a propensão para o escoamento superficial.

Segundo Leopold, Wolman e Miller (1964) "the drainage area may be defined as the area wich contributes water to a particular channel or set of channels. [...] It provides a limited unit of earth surface within wich a balance can be struk in terms of inflow and outflow of moisture and energy".[49]

1.2.1. A rede fluvial e a morfometria

A Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida é uma das sub-bacias que integra a Bacia Hidrográfica do Rio Ferreira, na margem direita da mesma (Fig. 6, Fig. 8[50]). A bacia hidrográfica possuí uma pequena dimensão, tem 7,3 km^2 de área, um perímetro de 15,9 km e o curso de água principal tem 4,2 km de comprimento. A Bacia tem um comprimento máximo de 3,8 km e, aproximadamente, 3 km de largura (máxima). O ponto de maior altitude situa-se a 365 m e o de menor a 112 m.

A ribeira da Ermida conflui com o Rio Ferreira a uma altitude de 112 metros. Apresenta um declive reduzido, tal como demonstra o seu perfil longitudinal (Fig. 9), bem como, a sua inclinação média[51] (5 %).

"Os perfis longitudinais dos leitos dos cursos de água mais importantes de uma bacia hidrográfica influem fortemente no comportamento da bacia, sobretudo em relação às cheias. (...) Os declives dos leitos condicionam as velocidades do escoamento".[52] No caso da ribeira da Ermida podemos individualizar três partes distintas, sendo de salientar o

[49] LEOPOLD, Luna B., WOLMAN, M. Gordon, MILLER, John P., *Fluvial Processes in Geomorfology*, San Francisco, Freeman and Company, 1964, p. 131.

[50] Na Fig. Anexa 1 também está destacada a confluência da Ribeira da Ermida com o Rio Ferreira..

[51] Inclinação média do leito = $\frac{\Delta H}{L}$ em que L corresponde ao comprimento do curso de água, em metros e ΔH à diferença entre a altitude da nascente e a altitude junto à foz.

[52] QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984, p. 536.

contraste entre o curso superior e o curso inferior da ribeira (declive moderado a montante e muito suave próximo da foz).

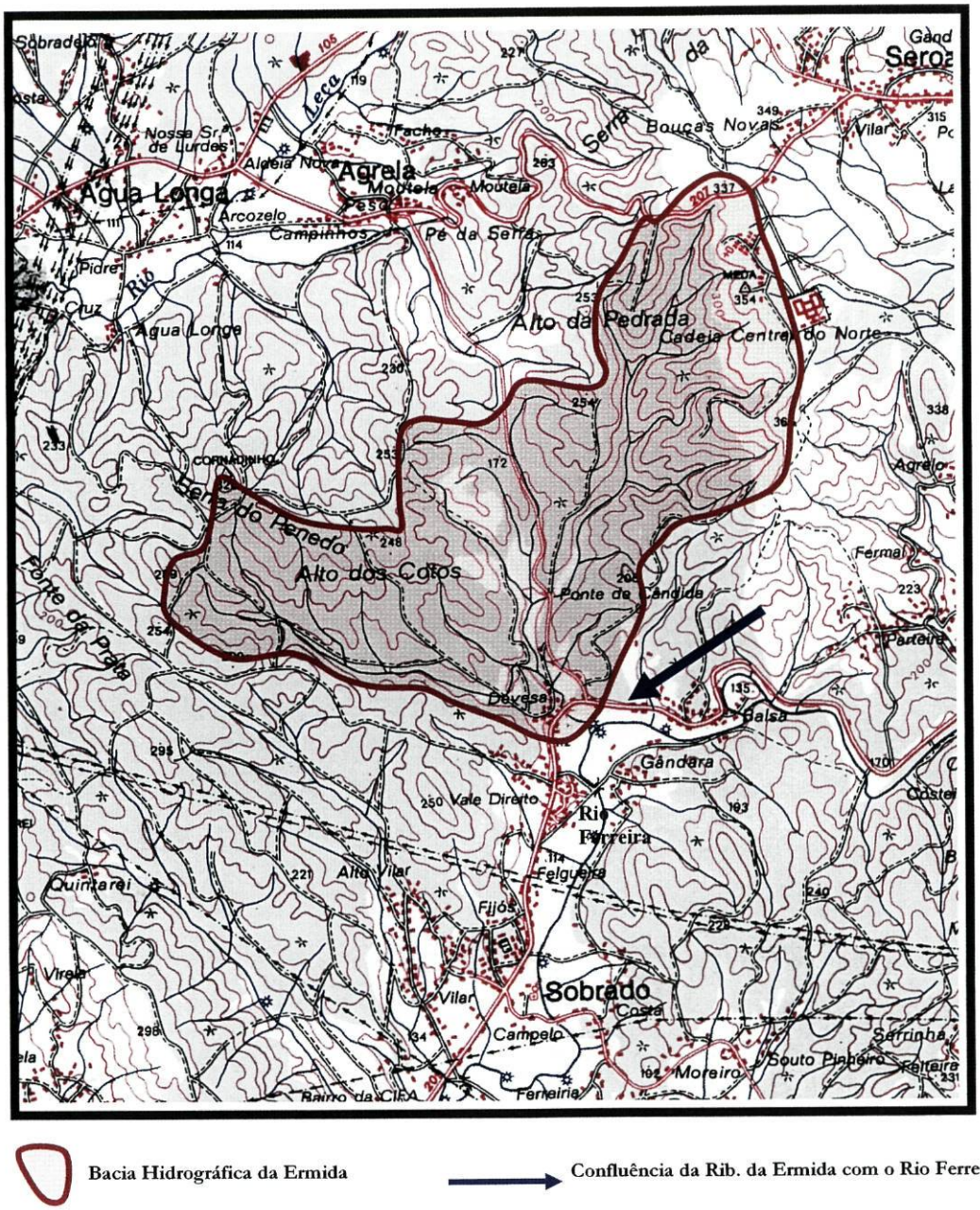


Fig. 8 - Bacia Hidrográfica da Ermida (excerto da carta 1/50 000).

Bacia Hidrográfica da Ermida	
Área	7,3 km²
Perímetro	15,9 km
Comprimento do curso de água principal	4,2 km
Ponto mais alto/ponto mais baixo	365 m/112 m

Quadro 1 - Características da Bacia Hidrográfica da Ermida.

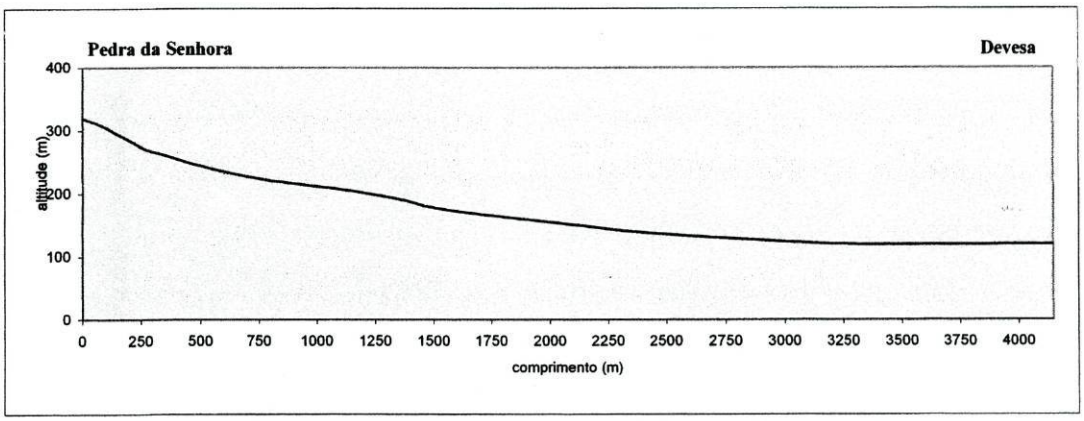


Fig. 9 - Perfil longitudinal da Ribeira da Ermida.

Na rede hidrográfica da Ribeira da Ermida (Fig. 10) podemos individualizar três sub-bacias distintas: uma com direcção Noroeste (aprox.); outra Norte (aprox.) e, ainda uma terceira ramificação, a mais alongada, com direcção Nordeste (aprox.). A rede de drenagem é homogénea, não se consegue identificar áreas onde esta é muito mais densa.

Apesar de pequena, a ribeira da Ermida apresenta vários afluentes, é um curso de água perene, com um regime fluvial natural, contrariamente ao que acontece com a maioria dos rios portugueses, "em Portugal os principais rios já não têm um regime natural".[53] A sua alimentação está directamente relacionada com a precipitação, pelo que o regime fluvial é fortemente condicionado pelo regime pluviométrico (característica essa que será aprofundada no grupo III, capítulo 3).

Apresenta um padrão de drenagem dendrítico, "também designado como arborescente, porque o seu desenvolvimento assemelha-se à configuração de uma árvore, (...) da mesma maneira como nas árvores, os ramos formados pelas correntes tributárias distribuem-se em todas as direcções sobre a superfície do terreno (...)."[54] Quando falamos em padrão de drenagem referimo-nos "... ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que

[53] RAMOS, Maria Catarina, *Condições Geomorfológicas e Climáticas das cheias da Ribeira de Têra e do Rio Maior (Bacia Hidrográfica do Tejo)*, Lisboa, Universidade de Lisboa, 1994.
[54] CHRISTOFOLETTI, António, *Geomorfologia*, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1980, p.103.

podem ser influenciados em sua actividade morfogenética, pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declive e pela evolução geomorfológica da região"[55]. A Bacia da Ermida, toda ela, desenvolve-se sobre o xisto, com declives pouco acentuados. As características litológicas influenciam não só os padrões de drenagem mas também a estrutura do solo, a capacidade de infiltração de água e a constituição de reservas subterrâneas que alimentam os cursos de água nos períodos sem precipitação. No caso da Bacia da Ermida o xisto, e a camada superficial de argila (película impermeabilizante), impossibilitam a infiltração da água, consequentemente o aparecimento de reservas subterrâneas.

A abordagem quantitativa das bacias de drenagem permitiu, segundo Christofoletti (1980), que as análises das bacias hidrográficas apresentassem um carácter mais objectivo. Os vários índices e parâmetros, que surgiram ao longo do tempo, possibilitaram que a análise areal, linear e hipsométrica da bacia hidrográfica se tornasse mais objectiva.

Segundo Leopold, Wolman e Miller "quantitative descriptions of various aspects of drainage organization have expanded the number and the character of simple relationships"[56].

Iniciamos a caracterização quantitativa da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida pela análise morfométrica da rede fluvial[57].

Primeiramente, ordenamos os cursos de água, com a finalidade de estabelecer a hierarquização fluvial. "A hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objectivo os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas"[58] Surgiram diferentes critérios de ordenação dos cursos de água, entre eles o de Horton e o de Strahler. Neste trabalho da bacia hidrográfica da Ermida optamos por aplicar o critério de Strahler (Quadro 2), optamos por este critério porque é mais global e não dá uma grande importância ao contributo de um curso de água específico, como realizamos medições muito próximo da foz o comportamento global é o que devemos privilegiar, não pretendemos avaliar o contributo de cursos de água específicos, mas sim o comportamento de toda a rede hidrográfica. "... [É] o mais amplamente utilizado, em virtude do carácter descritivo e do relacionamento

[55] Idem, p.103

[56] LEOPOLD, Luna B., WOLMAN, M. Gordon, MILLER, John P., *Fluvial Processes in Geomorfology*, San Francisco, Freeman and Company, 1964, p. 132.

[57] "Morphometry is the measurement of shape, and it is one of the most important types of quantification in hydrology and geomorphology. The great virtue of measuring shape, as opposed to simply describing it in words, is the precision that can be gained; one can compare the contrast different river basins (...). One of the first aims of fluvial morphometry was to establish a hierarchy of streams ranked according to order." (cit. GOUDIE, Andrew, *The Nature of the Environment*, Oxford, Wiley, 2001, p. 456).

[58] CHRISTOFOLETTI, António, *Geomorfologia*, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1980, p.106.

com as leis da composição da drenagem"[59] O critério de Horton dá importância à rede hidrográfica de primeira ordem desde o topo até à base da bacia hidrográfica, consideramos que não é o critério mais adequado, de acordo com os nossos objectivos, consideramos que devemos privilegiar igualmente todas as ordens.

Através da aplicação do critério de Strahler[60] constatamos que na Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida existem apenas cinco ordens (Fig. 10), o que reflecte a reduzida dimensão da bacia e predominam os cursos de água de ordem 1. Procedemos à contagem do número de segmentos de cada ordem, a partir da qual determinamos a relação de bifurcação ou de confluência (Quadro 3). A referida relação permite-nos concluir que o número de troços/segmentos de ordem N é sempre maior que o número de troços de ordem N+1. É de salientar o facto da relação de bifurcação não decrescer continuamente; da ordem 1/2 para a ordem 2/3 ocorre um aumento, entre a ordem 3/4 e a ordem 4/5 a relação mantém-se idêntica, factos que deverão estar relacionados com a forma da rede hidrográfica e com a variação do declive. No topo da bacia hidrográfica os declives são menores (relação de bifurcação 4,3), depois as vertentes tornam-se mais inclinadas (e aí regista-se um aumento da relação de bifurcação, visto a maior inclinação originar uma maior concentração dos afluentes), até que na base da Bacia a inclinação das vertentes torna a diminuir (o que influenciará o valor 2 da relação de bifurcação). Os valores da relação de bifurcação demonstram-nos que a parte superior da Bacia Hidrográfica apresenta características diferentes da parte inferior.

Medimos, também, os comprimentos dos segmentos das várias ordens para determinarmos a relação de comprimento (Quadro 3). Concluímos que os segmentos de ordem N têm um comprimento total superior ao de ordem N+1.

"Os valores característicos da relação de confluência situam-se segundo Strahler, citado por Gregory and Walling (1973) entre 3,0 e 5,0 nas bacias em que a estrutura geológica não exerce influência dominante no padrão de drenagem"[61], no caso da Bacia da Ermida verifica-se que na ordem 2/3 a relação de confluência está muito próxima de cinco, e nas ordens 3/4 e 4/5 alcança-se o mínimo valor teoricamente possível, dois. Os valores obtidos relativamente à relação de comprimento são semelhantes, não há uma grande variação entre diferentes ordens.

---

[59] Idem, p.109.

[60] " Many systems have been developed, but that of one of Horton's followers, A. N. Strahler, is objective and straightforward. According to Strahler's system, fingertip tributaries at the head of a stream system are designated as first-order streams, two first order streams join to form a second-order stream, two-second order streams form a third-order stream, and so on." (cit. GOUDIE, Andrew, *The Nature of the Environment*, Oxford, Wiley, 2001, p. 456).

[61] LOURENÇO, Luciano - *O Rio Alva*, Coimbra, Instituto de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, 1989,p. 72.

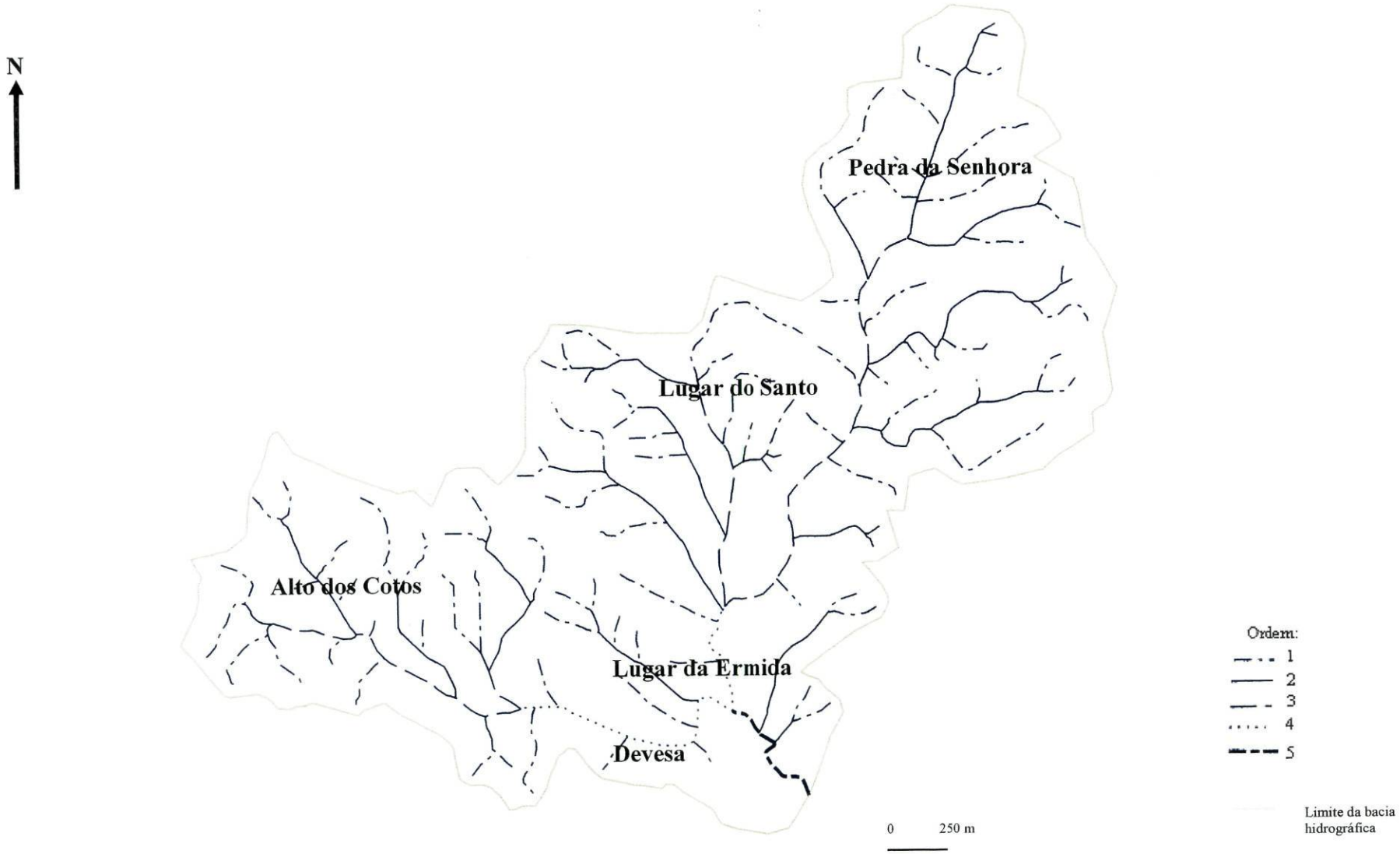


Fig. 10 - A rede hidrográfica da Bacia da Ermida, hierarquização segundo o método de Strahler.

Finalizada a hierarquização da rede fluvial, calculamos alguns índices, a saber: relação de bifurcação (referida anteriormente), densidade de drenagem, densidade hidrográfica, coeficiente de torrencialidade que nos permitiram aprofundar a análise morfométrica da rede fluvial, estando os valores sistematizados no Quadro 3.

Ordem	Nº Segmentos	Comprimento (m)
1	90	23165
2	21	10977
3	4	4953
4	2	1731
5	1	643

Quadro 2 - Hierarquização fluvial da Bacia Hidrográfica da Ermida, segundo Strahler.

Ordem	Relação de Bifurcação
1/2	4,3[62]
2/3	5,3
3/4	2
4/5	2

Ordem	Relação de Comprimento
2/1	0,47[63]
3/2	0,45
4/3	0,35
5/4	0,37

Densidade de drenagem (km/km²)	5,6
Densidade hidrográfica (N1/ km²)	12,3
Coeficiente de torrencialidade	68,9

Quadro 3 - Índices relacionados com a análise morfométrica da rede fluvial da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida.

A Bacia da Ermida apresenta uma densidade de drenagem de 5,6 km/km^2. Segundo Strahler, a densidade de drenagem é baixa quando apresenta um valor inferior a 7,5. A densidade de drenagem é certamente uma das características mais úteis "...na medida em que pode ser perspectivada quer como a resposta do sistema aos "estímulos" da precipitação, quer como a expressão visível resultante da interacção de características físicas como o tipo de rocha, os solos e seus usos."[64] A densidade de drenagem influencia a forma das cheias e o escoamento anual, "por dela depender o percurso do escoamento superficial sobre o terreno e, portanto, a maior ou menor oportunidade para a infiltração e para a

[62] Ordem 2 é inferior ao de ordem 1.
[63] Ordem 2 tem um comprimento total inferior ao da ordem 1.

[64] VELHAS, Edite, *A Bacia Hidrográfica do Rio Leça. Estudo Hidroclimático*, Porto, FLUP, 1991, p.78.

evapotranspiração".[65] O armazenamento e a capacidade de transporte da rede hidrográfica influenciam sobretudo as cheias.

Assim, a densidade de drenagem, que relaciona o comprimento de todos os segmentos com a área da bacia, influencia a eficiência do escoamento fluvial. "Em um mesmo ambiente climático, o comportamento hidrológico das rochas repercute-se na densidade de drenagem. Nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade há condições melhores para o escoamento superficial e, como consequência, densidade de drenagem mais elevada." [66] No caso da Bacia da Ermida, o seu substrato xistoso dificulta a infiltração, originando assim uma densidade de drenagem mais elevada.

Como "rios compridos e pouco numerosos podem dar, para uma mesma superfície, a mesma densidade de drenagem que os rios curtos e muito numerosos é necessário considerar também a densidade hidrográfica".[67] A densidade hidrográfica dá-nos a conhecer o número de canais de ordem um, por quilómetro quadrado de superfície, no caso da Bacia da Ermida por cada km^2 existem 12 canais de ordem 1, a densidade hidrográfica não é muito reduzida.

A torrencialidade[68] da Bacia da Ermida é reduzida, tal como mostra o valor do coeficiente de torrencialidade. A torrencialidade reduzida parece estar associada ao facto do declive das vertentes ser pouco acentuado (Fig. 11)."A torrencialidade, tanto maior quanto menor for o valor obtido, é, sem dúvida, um dos índices de maior cunho geográfico e de particular significado em pequenas bacias".[69]

A Bacia da Ermida apresenta declives pouco acentuados, raramente ultrapassa os 20°. Embora não apresente uma grande heterogeneidade, no que diz respeito aos declives, facilmente constatamos que há diferenças, o sector superior da bacia a nordeste apresenta maiores declives. Estes também podem ser encontrados, embora ocupando uma área muito mais reduzida, no limite noroeste da bacia.

Das várias características geométricas de uma bacia, a área e a forma da bacia hidrográfica são as mais importantes, tendo uma forte influência na formação das cheias e, portanto, nos valores específicos do caudal de ponta de cheia e pequena influência no valor do escoamento anual. De todas as características morfológicas, as que mais influenciam o processo de escoamento são a forma da bacia hidrográfica e o relevo. A forma da bacia hidrográfica tem sobretudo influência nas cheias, pois a sua reacção à ocorrência de precipitações intensas será diferente consoante a forma for alongada ou arredondada. As

[65] QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984, p. 526.
[66] CHRISTOFOLETTI, António, *Geomorfologia*, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1980, p.116.
[67] LOURENÇO, Luciano - *O Rio Alva*, Coimbra, Instituto de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, 1989,p. 77.
[68] O conceito torrencialidade está relacionado com a velocidade com que a água se desloca, quanto maior for a velocidade mais torrencial é um curso de água; quanto mais torrencial um curso de água for mais rápida será a concentração das águas junto à foz. A torrencialidade é tanto maior quanto menor for o valor obtido no coeficiente de torrencialidade.
[69] LOURENÇO, Luciano - *O Rio Alva*, Coimbra, Instituto de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, 1989, p. 78.



Fig. 11 - Mapa de declives da Bacia Hidrográfica da Ermida

bacias de forma arredondada tendem a favorecer a concentração do escoamento superficial, originando cheias de maior ponta. A Bacia da Ermida apresenta uma forma alongada.

"A fim de eliminar a subjectividade na caracterização da forma das bacias, foram propostos vários (...) "[70] índices, entre eles, o índice de Gravelius ou coeficiente de compacidade[71], o índice de circularidade[72] (proposto por Miller).[73] No estudo da forma da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida, além de fazermos uma análise qualitativa, aplicamos os índices que acabamos de referir (Quadro 4).

A Bacia Hidrográfica da Ermida apresenta uma forma alongada e um pouco irregular, tal como retratam os diferentes índices de forma. O índice de circularidade quanto mais próximo de um for mais circular será a bacia, no caso da Ermida é de 0,36. O coeficiente de compacidade mínimo é um e corresponde a uma bacia circular, quanto maior for o coeficiente menor é a compacidade, isto é, mais irregular é a bacia, "o que implica uma concentração das águas mais lenta, na foz, durante a cheia."[74]

Não podemos esquecer que a forma das bacias condiciona fortemente o tempo de concentração das águas, que corresponde ao tempo que a água demora, desde da parte mais afastada da bacia hidrográfica, a atingir a sua desembocadura, a partir do momento em que se iniciou a precipitação.

"A noção de tempo de concentração interessa particularmente para a determinação dos caudais de cheia que ocorrem quando uma chuvada mais intensa se abate sobre uma bacia durante um período de tempo igual ou superior ao tempo de concentração".[75] Para calcular o tempo de concentração da Bacia da Ermida (Quadro 4) aplicamos a fórmula de Giandotti[76], esta é muito utilizada neste tipo de estudos e a que segundo diversos investigadores se aproxima mais da realidade. Assim, o valor obtido foi de 2 horas e 8 minutos, será uma primeira aproximação ao valor do tempo de concentração.

Para o estudo hipsométrico da Bacia Hidrográfica da Ermida calculamos o volume rochoso ainda existente, ou seja, a integral hipsométrica. Calculamos ainda o coeficiente de massividade[77] (proposto por E. de Martonne) e o coeficiente orográfico[78], altura média da

[70] CHRISTOFOLETTI, António, *Geomorfologia*, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1980, p.114.
[71] O coeficiente de compacidade compara a forma de uma bacia com a de um círculo. Assim, o coeficiente varia com a forma da bacia e é tanto maior quanto mais irregular for a bacia. A maior irregularidade leva a uma concentração das águas mais lenta na foz, durante uma cheia.
[72] Tal como o coeficiente de compacidade também tem como referência o círculo (elemento de comparação). O valor máximo do índice de circularidade é 1, corresponde a bacias circulares.
[73] Os índices que referimos estão entre os mais utilizados. Consultar nos anexos a sua fórmula de cálculo.
[74] LOURENÇO, Luciano - *O Rio Alva*, Coimbra, Instituto de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, 1989,p. 59.
[75] Idem, p. 54.
[76] A fórmula de Giandotti encontra-se nos anexos.
[77] O coeficiente de massividade corresponde à relação entre a altura média da bacia e a superfície da mesma. Geralmente apresenta valores elevados em pequenas bacias com acentuados desníveis e valores reduzidos em bacias extensas e com suaves declives.

bacia (Quadro 5). Todos estes cálculos (cujas fórmulas de cálculo estão explicitadas nos anexos) permitem-nos conhecer a distribuição da altitude.

Coeficiente de compacidade ou índ. de Gravelius	1,65
Índice de circularidade	0,36
Tempo de concentração	2 horas e 8 min

Quadro 4 - Índices relativos à forma da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida.

O estudo hipsométrico não deve ser apenas quantitativo, este deve ser complementado com uma perspectiva espacial da variação altimétrica, pelo que elaboramos o mapa hipsométrico/modelo digital de terreno (Fig. 12). O referido mapa permite-nos verificar, rapidamente, que a Bacia Hidrográfica da Ermida apresenta um contraste, não muito acentuado, entre o sector superior e o inferior relativamente às características hipsométricas. O valor de bifurcação (Quadro 3) obtido ajuda a corroborar esses contrastes. Aproximadamente 50% da bacia encontra-se a uma altitude que oscila entre os 160 e os 240 metros (27% entre 160-200m; 23% entre os 200-240m), apenas 16% dos lugares estão acima dos 280m (11% entre 280-320; 5% superior a 320m).

As altitudes mais elevadas encontram-se no rebordo superior da bacia, mas não em todo. A nordeste predominam as altitudes mais elevadas.

A Bacia Hidrográfica da Ermida apresenta uma altitude máxima de 365 m e mínima de 112 m. A integral hipsométrica é de 0,3999, e a altura média situa-se nos 101,2 m. O coeficiente de massividade não apresenta um valor elevado devido à bacia hidrográfica ser pequena, não apresentando fortes desníveis/declives.

Coeficiente de massividade do relevo	13,86
Coeficiente orográfico	1402,6
Integral hipsométrica	0,3999
Altura média da bacia	101,2

Quadro 5 - Índices relacionados com a análise hipsométrica da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida.

[78] Como "o coeficiente de massividade pode apresentar valores semelhantes, em bacias com características diferentes, (...) Fournier para melhor quantificar o relevo teve necessidade de introduzir outro índice, o coeficiente orográfico." (cit. Rio Alva, p. 70). Coeficiente orográfico=altura média da bacia*coeficiente de massividade.

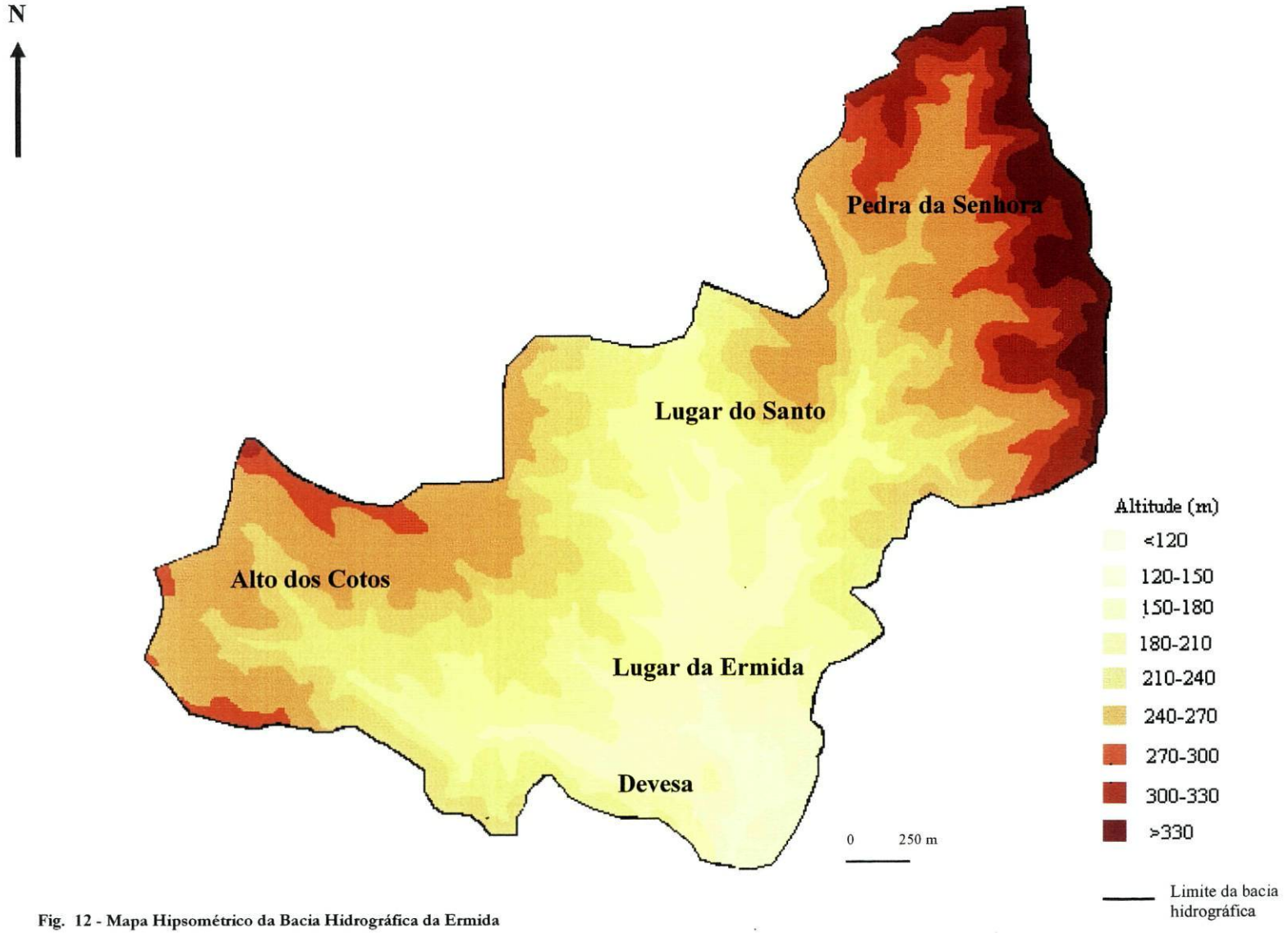


Fig. 12 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica da Ermida

A análise quantitativa das Bacias Hidrográficas, tal como afirma Lourenço (1989)[79], permite a comparação das bacias de drenagem, particularmente quando situadas em regiões muito diferenciadas. O mesmo investigador refere ainda que " mais do que o seu interesse momentâneo, por não ser possível extrair grandes conclusões, apresentam a possibilidade de, futuramente, poderem ser utilizadas, em estudos comparativos de rios portugueses, cujas bacias se desenvolvam sobre materiais geológicos diferentes e com precipitações semelhantes, ou sobre materiais geológicos análogos e precipitações diversas, pois estas variáveis parecem ser fundamentais para explicar as diferenças nas redes de drenagem em Portugal."[80] Por seu lado, Quintela (1984) refere que têm sido definidos numerosos índices para traduzir quantitativamente algumas características morfológicas, "os quais em geral não têm significado em si próprios, mas podem ser úteis para comparar características morfológicas de bacias"[81]. Assim, os valores obtidos para a bacia hidrográfica da Ermida tornar-se-ão mais "significativos" quando forem objecto de comparação com os valores obtidos noutras bacias hidrográficas de dimensão semelhante.

Face ao que acabamos de referir, a comparação da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida com outras bacias de pequena dimensão já estudadas permitirá complementar o estudo realizado. A Bacia Hidrográfica da Ribeira de Picotos e da Ribeira da Junqueira, sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Leça estudadas por Edite Velhas, apresentam uma reduzida dimensão, tal como a Ermida. As referidas bacias estão próximas da Bacia da Ermida, nomeadamente a Bacia Hidrográfica da Ribeira da Junqueira. A Bacia da Ribeira da Ermida e a Bacia da Junqueira têm um substrato predominantemente xistoso, por seu lado, a Bacia da Ribeira de Picotos tem um substrato predominamtemente granítico.As três bacias hidrográficas integram-se no mesmo contexto climático.

A comparação entre as três bacias está sistematizada no Quadro 6. É de salientar, relativamente à densidade de drenagem, a discrepância entre a Bacia Hidrográfica da Ribeira de Picotos e a Bacia da Junqueira e da Ermida, esta deverá estar fortemente relacionada com as diferenças litológicas anteriormente referidas.

A Bacia da Ribeira da Farinha Podre, afluente do rio Alva, estudada por Lourenço (1989), apresenta uma dimensão semelhante à da Ermida, a litologia sob a qual se situam ambas as bacias também é semelhante, ambas sobre xisto. Na Bacia Hidrográfica da Rib. da Farinha Podre predominam altitudes inferiores a 200m. A comparação entre as duas bacias hidrográficas está sistematizada no Quadro 7.

---

[79] Ao longo deste capítulo referimos diversas vezes o estudo de Luciano Lourenço "O Rio Alva" pois o autor faz uma análise detalhada de várias sub-bacias hidrográficas (do rio Alva), sendo algumas delas de reduzida dimensão e apresentam uma área muito semelhante à da Bacia Hidrográfica da Ermida. Recordemos que em Portugal os estudos relativos a pequenas bacias hidrográficas são em número muito reduzido.

[80] LOURENÇO, Luciano - *O Rio Alva*, Coimbra, Instituto de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, 1989,p. 71.

[81] QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984, p. 531.

	Bacia Hidrográfica da Rib. da Ermida	Bacia Hidrográfica da Ribeira de Picotos	Bacia Hidrográfica da Ribeira da Junqueira
Área (km^2)	7,3	9,47	5,3
Perímetro (km)	15,9	17,3	12,6
Comprimento máximo (km)	3,8	5,06	5,38
Altura média da bacia (m)	101,2	84	154
Coef. Compacidade (Gravelius)	1,65	1,57	1,54
Densidade de drenagem	5,6	1,12	5,96
Tempo de concentração (horas)	2,12	2,71	1,74

Quadro 6 - Índices relativos à Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida (sub-bacia do Rio Ferreira), da Ribeira de Picotos (sub-bacia do Rio Leça) e da Ribeira da Junqueira (sub-bacia do Rio Leça).

	Bacia Hidrográfica da Rib. da Ermida	Bacia Hidrográfica da Rib. da Farinha Pôdre
Área (km^2)	7,3	6,88
Perímetro (km)	15,9	11,9
Comprimento máximo (km)	3,8	4,4
Largura máxima (km)	3	2,4
Coef. Compacidade (Gravelius)	1,65	1,27
Coef. Circularidade (Miller)	0,36	0,61
Densidade de drenagem (km/km^2)	5,6	6,25
Densidade hidrográfica (N1/ km^2)	12,3	21,95
Coef. de Torrencialidade	68,9	137,19

Quadro 7 - Índices relativos à Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida (sub-bacia do Rio Leça) e da Ribeira da Farinha Podre (sub-bacia do Rio Alva).

1.2.2. A influência dos declives, da litologia e da ocupação do solo no escoamento superficial

"Os factores que influenciam o escoamento numa secção de um curso de água podem classificar-se em dois grupos: climáticos e fisiográficos (CHOW)."[82].

Os factores climáticos englobam os factores relativos à precipitação (forma, intensidade, duração e distribuição no tempo e no espaço) e os factores condicionantes da evaporação e da transpiração (temperatura, radiação solar, vento, humidade do ar, pressão

[82] QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984, p. 524.

atmosférica, natureza da superfície evaporante, teor de água do solo e espécie e distribuição da vegetação).

Os factores fisiográficos resultam das características morfológicas da Bacia Hidrográfica (área, forma, relevo, orientação e densidade de drenagem) e físicas (uso e tipo do solo, cobertura vegetal e condições geológicas) e das características da rede hidrográfica (armazenamento e capacidade de transporte). Não nos podemos esquecer da forte interdependência entre os diferentes factores de escoamento. "A forma da precipitação, a intensidade, a duração e a distribuição no tempo e no espaço determinam, em associação com os restantes factores climáticos e fisiográficos, a repartição entre a água infiltrada e a água do escoamento superficial, e a disponibilidade de água para evaporação e transpiração."[83]

Relativamente ao escoamento superficial da Bacia da Ermida, analisamos anteriormente alguns dos factores fisiográficos que influenciam o escoamento, nomeadamente as características da rede hidrográfica e as características morfológicas. Abordaremos, de seguida, outros factores que condicionam o escoamento superficial, nomeadamente os declives das vertentes, a litologia e a ocupação do solo.

De todas as características morfológicas, tal como referimos anteriormente, as que mais influenciam o processo de escoamento são a forma da bacia hidrográfica e o relevo. A Bacia da Ermida, tal como descrevemos anteriormente, apresenta uma forma irregular e alongada, o que atenua uma concentração muito rápida do escoamento superficial. A Bacia apresenta uma amplitude altimétrica de 253 metros, os contrastes altimétricos não são muito acentuados, tal como deixava antever o mapa hipsométrico (Fig.12). Aproximadamente 50% da bacia encontra-se a uma altitude que oscila entre os 160 e os 240 metros (27% entre 160-200m; 23% entre os 200-240m) e apenas 16% da área está acima dos 280m (11% entre 280-320; 5% superior a 320m).

As vertentes apresentam declives pouco acentuados (Fig. 11). O declive das vertentes influencia a maior ou menor oportunidade de infiltração nos solos da bacia, determina também a velocidade a que se processa o escoamento superficial, influenciando assim o tempo de concentração das águas nos leitos fluviais da rede de drenagem. Ao condicionar os tempos de concentração, afecta, obviamente, a grandeza das pontas de cheia.

Contudo, as características litológicas da bacia poderão assumir um papel mais importante do que os declives das vertentes no controlo do escoamento superficial, na medida em que influenciam as características topográficas da bacia, controlam as taxas de escoamento superficial e os movimentos da água nos maciços rochosos. As características

[83] Idem, p. 525.

litológicas influenciam não só os padrões de drenagem mas também a estrutura do solo, a capacidade de infiltração de água e a constituição de reservas subterrâneas que alimentam os cursos de água nos períodos sem precipitação.

Quando estamos perante uma rocha com reduzida permeabilidade e porosidade, como é o caso do xisto, o escoamento superficial intensifica-se e, consequentemente, a densidade de drenagem é elevada. A Bacia da Ermida é toda ela uma área xistenta, daí a sua reduzida permeabilidade e capacidade de infiltração. Há uma forte homogeneidade litológica, na Bacia predomina o xisto[84], apenas numa pequena faixa, na parte Este da bacia, encontramos os xistos mosqueados. A homogeneidade litológica pode ser uma das razões que justifica o facto da rede de drenagem ser muito homogénea, não se consegue identificar áreas onde esta é mais ou menos densa.

As características topográficas e declives das vertentes, a litologia, as densidades de drenagem fazem com que a Bacia da Ermida não apresente áreas com características contrastantes, não sendo possível identificar áreas diferenciadas.

Tal como noutras bacias hidrográficas, o uso do solo na Bacia da Ermida (Fig. 13) está em constante mutação, já que a área florestal tem diminuído devido à desflorestação motivada pela expansão urbana, pela construção de novas vias de comunicação e pelos incêndios. Recentemente, a desflorestação intensificou-se devido à construção do IC24.

O principal efeito das florestas traduz-se no destino que imprimem à água precipitada, "a infiltração da água da chuva ou da neve [esta não existe na nossa bacia hidrográfica], no solo da floresta é muito maior do que para outra forma de ocupação."[85]As florestas, de entre as suas várias funções, têm um papel importante como reguladoras do caudal dos rios. A infiltração e a detenção superficial da água na manta morta e na parte superior da zona radicular promovem a redução das pontas de cheia e a recarga dos aquíferos (este efeito só poderá ocorrer se as formações geológicas suportarem os aquíferos), que irão manter o caudal nos rios nas épocas sem precipitação. Na Bacia da Ermida a área florestal tem vindo a diminuir e as áreas ardidas/desflorestadas têm aumentado rapidamente. Os fogos florestais potenciarão a erosão das vertentes, o aumento do escoamento superficial e o assoreamento dos cursos de água. A vegetação tem como "função" interceptar parte da água precipitada, retardar o escoamento superficial, dando-lhe mais tempo para se infiltrar, e proteger o solo do impacto das gotas de chuva e as raízes permitem que o solo se torne mais permeável à infiltração da água.

A redução da vegetação e o aparecimento de um solo nu dão origem ao aumento da irregularidade do caudal dos rios. "Chuvadas fortes podem produzir sobre o solo nu

[84] Consultar Fig. Anexa 4.
[85] QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984, p. 527.

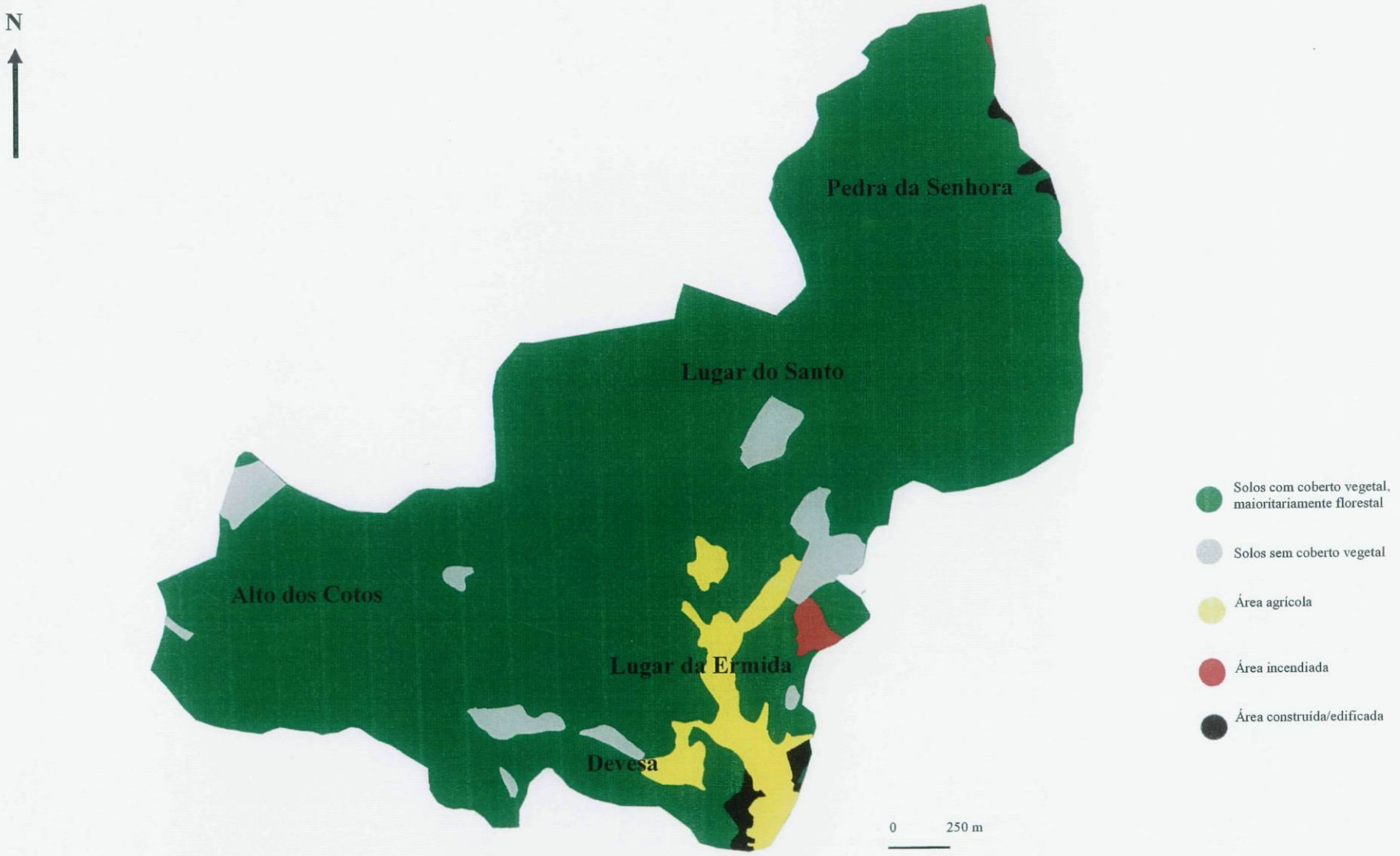


Fig. 13 – Ocupação do solo na Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida

escoamento que se concentra rapidamente, dando lugar a cheias com hidrogramas de pontas altas. Por outro lado, a erosão aumenta, a menos que sejam tomadas disposições convenientes, como o cultivo segundo curvas de nível".[87] Quando as áreas florestais são convertidas em campos agrícolas assistimos, em geral, ao aumento do escoamento e à diminuição da evapotranspiração. Na Bacia da Ermida a área agrícola é bastante heterogénea. A actividade agrícola tem perdido importância e as áreas agrícolas têm vindo a ser ocupadas por estruturas urbanas, industriais e viárias.

A urbanização implica a impermeabilização de vastas áreas (habitação, equipamentos sociais, rede viária, ...), o que origina a redução da retenção superficial e da infiltração. Um dos efeitos mais importantes do crescimento urbano sobre os caudais prende-se com o aumento das pontas de cheia. A expansão urbana na Bacia da Ermida ocorre a um ritmo lento, mas tenderá a intensificar-se com a concretização do IC24. A Bacia Hidrográfica apresenta um povoamento reduzido e disperso, a rede viária também é pouco densa, estando esta a sofrer modificações devido à construção do IC.

A progressiva impermeabilização do solo com estruturas urbanas, industriais e viárias deverá promover uma modificação do comportamento hidrológico da bacia, em princípio, o tempo de concentração da bacia deverá diminuir e o escoamento superficial deverá intensificar-se devido à diminuição da infiltração da água no solo. O número e a magnitude dos picos de cheia deverão acentuar-se, em especial próximo da foz, sendo aí que se situam as áreas mais planas.

Uma Bacia Hidrográfica que apresenta as características que descrevemos, como reagirá aos diferentes episódios pluviométricos? Será que o efeito das precipitações intensas na magnitude das cheias depende da forma, da dimensão da Bacia? Será que o comportamento pluviométrico na Bacia da Ermida e sua área envolvente é semelhante ao que ocorre na estação do Porto-Serra do Pilar?

[87] QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984, p. 529.

GRUPO III

1. REGIME PLUVIOMÉTRICO DA ESTAÇÃO DO PORTO-SERRA DO PILAR (1930/31-2002/03)

" O NW português (...) é muito influenciado pela disposição do relevo que corporiza o primeiro obstáculo ao fluxo de oeste após um longo trajecto sobre o oceano Atlântico. Estando na zona de influência de duas massas de ar muito distintas – polar e tropical – e na área de impacte dos efeitos das ondulações da superfície frontal bem como à mercê dos efeitos da vizinhança do anticiclone dos Açores e da passagem próxima da corrente quente do golfo, o NW português assiste a uma grande variedade de tipos de tempo. O efeito das situações sinópticas típicas, ao longo do ano, traduzem-se nesta área, ao nível do solo, num regime térmico de fracas amplitudes térmicas anuais (...) e precipitação irregularmente distribuída ao longo do ano. [...] O número e a diversidade de mosaicos termopluviométricos existente assim que nos afastamos as primeiras dezenas de metros da linha de costa e caminhamos para o interior, é enorme."[88] É neste espaço, com características peculiares, que se localiza a Serra do Pilar.

A estação climatológica da Serra do Pilar[89] situa-se no concelho de Vila Nova de Gaia, na margem esquerda do Rio Douro, a uma altitude de 93 metros. É uma estação secular, apresenta longas e consistentes[90] séries climatológicas. Recebe uma precipitação total anual média entre 1000-1200 mm (Fig. 14), face a todo o noroeste é uma das áreas que recebe menor precipitação.

A estação Porto-Serra do Pilar será a nossa estação de referência. Iremos analisar a série de precipitação total diária (0-24 horas) de 1930/31-2002/03. Optamos por este período por considerarmos que já é uma série suficientemente longa, e elucidativa da

[88] MONTEIRO, Ana (coord.), Atlas Agroclimatológico de Entre Douro e Minho, Relatório Fevereiro 2002/Janeiro 2003.
[89] Consultar Fig. Anexa 1.
[90] O estudo hidroclimático realizado por Edite Velhas: "*Bacia Hidrográfica do Rio Leça. Estudo Hidroclimatológico*", em 1991, demonstra que as séries pluviométricas da estação climatológica/meteorológica da Serra do Pilar são consistentes. No referido estudo, Edite Velhas aplicou um teste de consistência das médias amostrais, segundo o método de Sanson-Carette. Esta investigadora referiu que os resultados evidenciaram uma tendência para a estabilização das médias a partir de uma duração de cerca de 30 anos.
Ana Monteiro na sua dissertação de doutoramento," O Clima Urbano do Porto", também recorreu aos dados da estação climatológica da Serra do Porto-Serra do Pilar.
Estes estudos que consultamos permitiram-nos confirmar a consistência das séries pluviométricas.

estabilidade dos dados. Na análise do regime da precipitação tomamos como referência o ano hidrológico, isto é entre 1 de Outubro e 30 de Setembro[91].

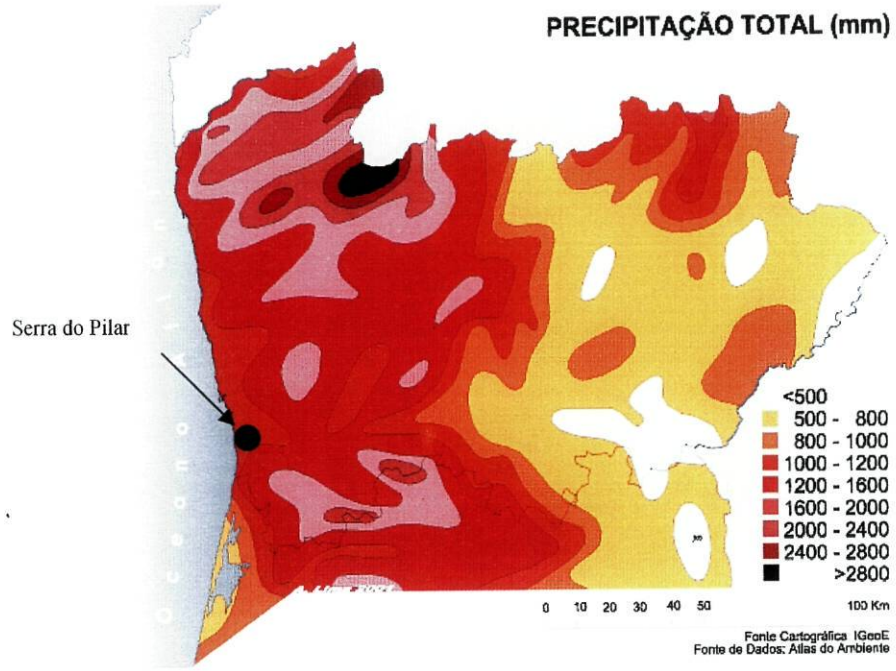


Fig. 14 - A precipitação total (mm) na região norte de Portugal.

1.1. A variabilidade interanual da precipitação

De 1930/31 a 2002/03[92] a precipitação anual, tal como seria de esperar, registou fortes oscilações, apresentou um comportamento muito irregular (Fig. 15), tal como demonstra a tendência (média móvel). Parece-nos possível identificar, ainda que com alguma subjectividade, cinco períodos distintos nessa evolução: de 1930/31 a 1944/45

[91] Na análise do regime da precipitação não se tomou como referência o ano civil mas o ano hidrológico, com início em 1 de Outubro. Como refere Catarina Ramos " na análise do regime da precipitação não é normalmente considerado o ano civil, dado que este corta a meio o semestre mais chuvoso. Utiliza-se, por isso o "ano climatológico", com início a 1 de Setembro, porque é neste mês que se dá habitualmente o recomeço das chuvas, após a época estival. Contudo, o ano climatológico não parece ser o mais indicado para o estudo dos regimes fluviais, dado que o escoamento, resultante das primeiras chuvas de Setembro, é escasso" (cit. RAMOS, Maria Catarina, *Condições Geomorfológicas e Climáticas das cheias da Ribeira de Téra e do Rio Maior (Bacia Hidrográfica do Tejo)*, Lisboa, Universidade de Lisboa, 1994, p. 26.). Catarina Ramos, refere ainda, que o autor A. Quintela verificou que a correlação entre o escoamento e a precipitação eram mais fortes para o ano iniciado a 1 de Outubro. O presente estudo integra, assim, a análise do regime pluviométrico, mas também, a análise da relação precipitação/escoamento fluvial, facto que motivou a escolha do ano hidrológico como referência.

[92] No estudo das precipitações, a Organização Meteorológica Mundial recomendou que as normais climatológicas englobassem, no mínimo, um período de 30 anos. " Este limite de 30 anos foi estabelecido em função dos climas temperados, em que a variabilidade é bastante mais reduzida do que nas nossas regiões. Embora escassa para permitir a estabilização, esta duração permite uma amostragem suficientemente representativa das características da série".(Cit. VENTURA, José, *As Precipitações no Sul de Portugal: ritmo e distribuição espacial*, Lisboa, 1994, p. 4)
Neste trabalho procuramos que a série climatológica fosse extensa, no sentido de permitir uma maior estabilização dos parâmetros estatísticos e uma tendência relativamente segura, assim, na análise do regime pluviométrico da Serra do Pilar a série climatológica tem uma duração de 73 anos (série utilizada: 1930/31 a 2002/03), já que era inviável estender a análise ao período anterior a 1930 devido a existirem lacunas de dados. Não integramos o ano 2003/04 na série devido aos dados ainda estarem a ser recolhidos, facto que impossibilitava o início da análise estatística da série climatológica. Não queríamos excluir o referido ano pois, na análise dos riscos naturais, além de conhecer o enquadramento pluviométrico histórico, devemos conhecer o comportamento pluviométrico actual, assim, optamos por analisar o ano 2003/04 de forma individualizada.

(registou-se um acréscimo seguido de um decréscimo); de 1945/46 a 1962/63 (tendência de acréscimo); de 1963/64 a 1976/77 (tendência de decréscimo); de 1977/78 a 1990/91 (continua a tendência de decréscimo) e de 1991/92 a 2002/03 (tendência de acréscimo). Nos últimos anos percebe-se que os contrastes pluviométricos interanuais e intraanuais se acentuaram.

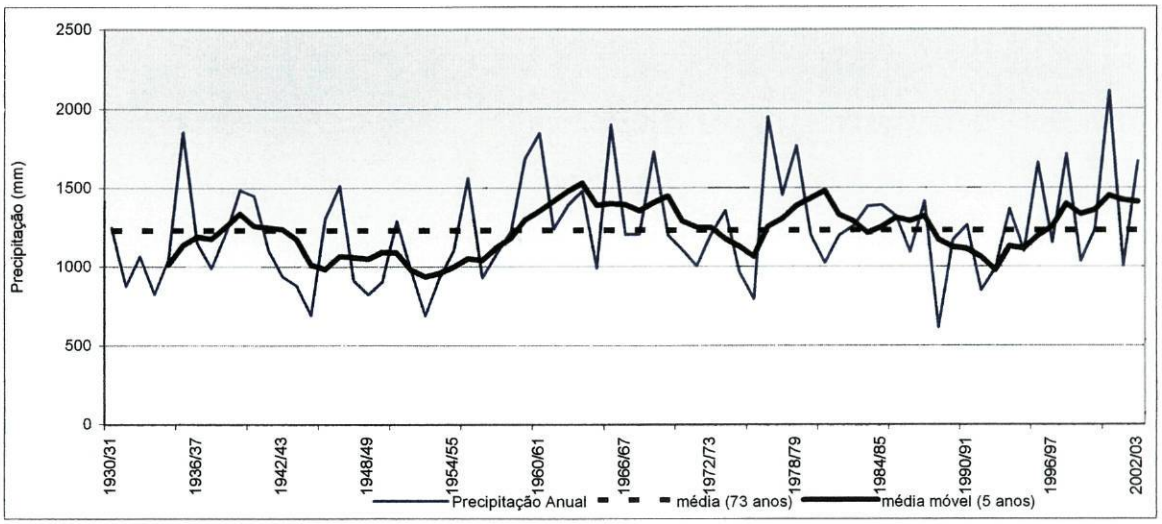


Fig. 15 - A variação da precipitação no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Neste período (1930/31-2002/03) a precipitação máxima foi de 2111,5 mm, em 2000/01 e a mínima foi de 616,1 mm, em 1988/89. O valor médio anual para o período em análise foi de 1229,9 mm, esta revela que a distribuição dos valores é ligeiramente assimétrica (Quadro 8).

A variabilidade interanual da precipitação é significativa, como comprovam os coeficientes de variação e de flutuação[93] obtidos, 26% e 3,4 respectivamente (Quadro 8). O valor do coeficiente de assimetria (0,6) mostra que a série é ligeiramente assimétrica, havendo uma maior ocorrência de precipitações anuais superiores à média.

Assim, no comportamento da precipitação (Fig. 15) não encontramos nenhum padrão, nem conseguimos delimitar um longo período em que a precipitação se tenha mantido sempre superior ou inferior à normal. Podemos sim encontrar pequenos períodos em que a precipitação é inferior à normal (por exemplo, entre 1941/42 e 1944/45, em que a precipitação foi 26,5 % inferior à normal), e outros em que é superior (por exemplo, entre 1958/59 e 1963/64, em que a precipitação foi 24,4% superior à normal). Enquanto antes

[93] Consiste na razão entre a precipitação máxima e a precipitação mínima.

da década de 90 conseguimos individualizar estes períodos homogéneos com alguma facilidade, a partir daí a variabilidade parece ter-se intensificado, já que a um ano de valor inferior à normal sucede um outro ano de valor muito superior.

A "variabilidade interanual das precipitações é forte em todo o Portugal"[94], e não é uma característica específica do noroeste português.

Uma das metodologias que nos ajuda a analisar de forma mais aprofundada as características da variabilidade interanual das precipitações é o método dos quintis (Quadro 9), que permite classificar os anos em cinco categorias, de muito secos a muito chuvosos, consoante os valores das precipitações anuais se incluem em cada um dos cinco grupos definidos pelos quintis da série de 1930/31-2002/03.

Média	Mediana	Valor Máximo	Valor Mínimo	Coef.. Variação	Coef. Flutuação	Coef. Assimetria	Interv. Interquartil
1229,9	1199,1	2111,5	616,2	0,26	3,4	0,60	402,2

Intervalo interquartil = quartil máximo – quartil mínimo

Coeficiente de assimetria = momento central de ordem 3/desvio padrão elevado ao cubo

Quadro 8 - Parâmetros característicos da série de valores anuais de precipitação no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Classificação	Precipitação	Quintil
Muito seco	0-20%	Inferior ao valor do 1°
Seco	20-40%	Entre o 1° e o 2°
Normal.	40-60%	Entre o 2° e o 3°
Húmido	60-80%	Entre o 3° e o 4°
Muito chuvoso	80-100%	Superior ao valor do 4°

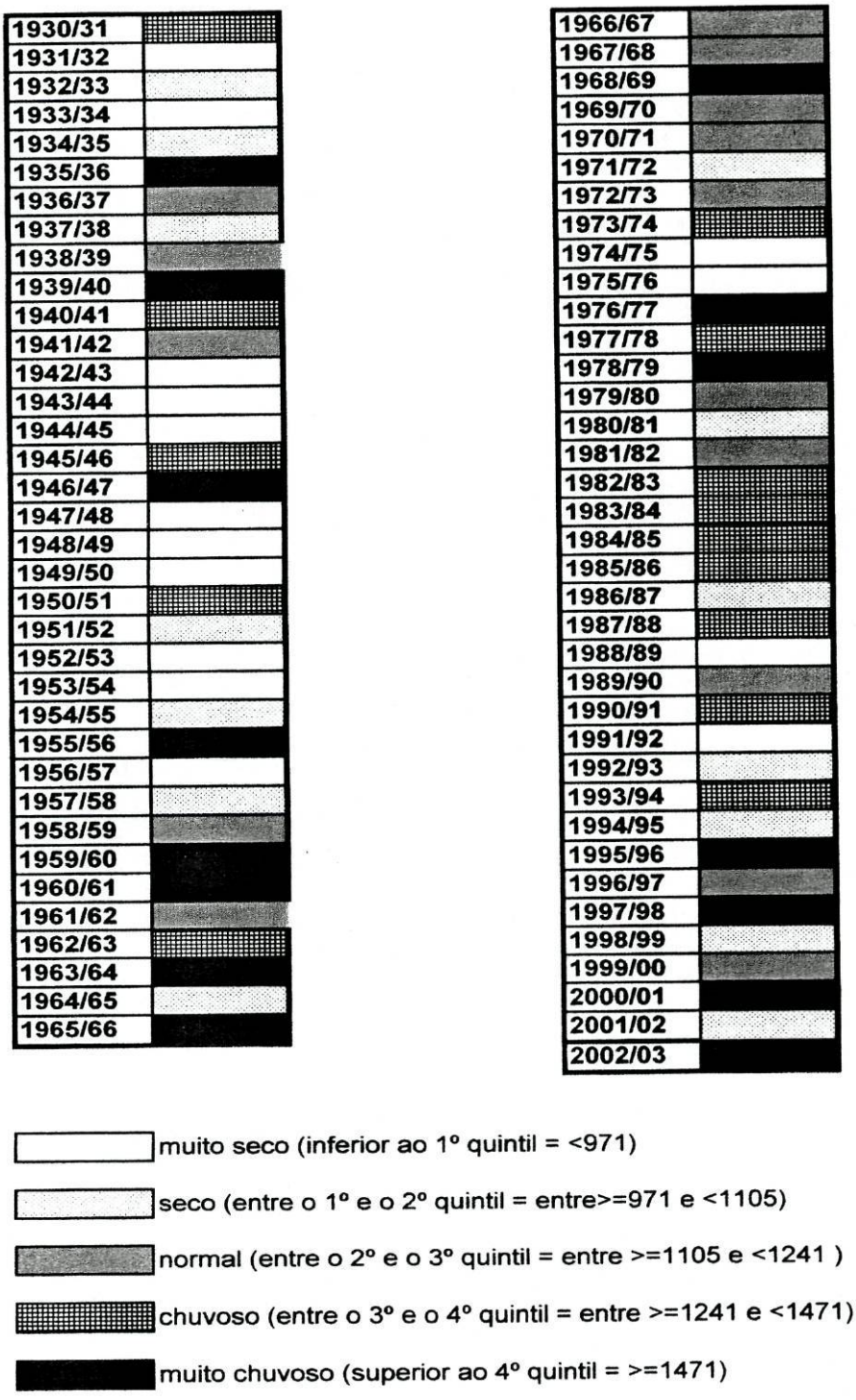
Quadro 9 - Método dos Quintis.

A aplicação deste método à área de estudo (Quadro 10) permite concluir que a variabilidade interanual é significativa, mas a percentagem de anos muito secos (20,5%), secos (19,2%), normais (20,5%), chuvosos (19,2%) e muito chuvosos (20,5%), face aos setenta e três anos observados, é bastante semelhante. Ao analisarmos de forma mais pormenorizada os anos muito chuvosos e os anos muito secos[95] verificamos que nos anos muito pluviosos choveu 40,5 % acima do valor da normal, enquanto que nos anos muito secos choveu 31,7 % abaixo do valor da normal.

[94] DAVEAU, Suzanne – Répartition Geographique des pluies exceptionellement fortes au Portugal. "Finisterra", Lisboa, CEG, 7 (13), 1972, p. 2.

[95] Conjunto de anos muito pluviosos:
1935/36;1939/40;1946/47;1955/56;1959/60;1960/61;1963/64;1965/66;1968/69;1976/77;1978/79;1995/96;1997/98;2000/01;2002/03.
Conjunto de anos muito secos: 1931/32; 1933/34;1942/43 a 1944/45;1947/48 a1949/50;1952/53;1953/54;1956/57;1974/75 a 1975/76; 1988/89;1991/92.

Nos setenta e três anos da série, apesar da significativa variabilidade interanual, parecem ressaltar algumas sequências de anos consecutivos com comportamentos pluviométricos semelhantes (Quadro 10): de 1942/43 a 1944/45 e de 1947/48 a 1949/50 sequência de anos muito secos, de 1959/60 a 1963/64 quase todos os anos foram pluviosos, de 1982/83 a 1985/86 todos os anos foram chuvosos.



Quadro 10 – Definição de anos muito chuvosos, chuvosos, normais, secos e muito secos no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

A irregularidade do elemento climático precipitação, tal como dos outros elementos climáticos, não nos permite identificar padrões de comportamento mas, desde 1990/91 constatamos que, parece haver uma tendência para os anos muito húmidos serem precedidos de anos secos ou muito secos, originando a intensificação dos contrastes interanuais (característica esta que a Fig. 15 também já deixava antever).

Poderemos compreender um pouco melhor a referida variabilidade do elemento climático precipitação se conhecermos melhor o que ocorreu em cada década (Quadro 12). Verificamos que a década de 60 é a que regista a precipitação média mais elevada (1419 mm), e um dos menores valores do coeficiente de variação (22%), pois até a precipitação mínima, 989,9 mm, é a mais elevada de todas as décadas analisadas. Registou um acréscimo de 15,4 % em relação à normal, e nela ocorreu o maior número de anos muito chuvosos (4 em 10), e não ocorreu nenhum ano muito seco. Estas características comprovam que a década de 60 foi a mais húmida e uma das menos irregulares, em termos de quantitativos anuais.

	Anos muito pluviosos (1930/31-2002/03)								**Anos muito secos (1930/31-2002/03)**							
	Valores anuais				**Valores de Outubro - Março**				**Valores anuais**				**Valores de Outubro - Março**			
	P	Nº D P=0	Nº D P>0,1	Nº D P≥10	Prec.	Nº D P=0	Nº D P>0,1	Nº D P≥10	Prec.	Nº D P=0	Nº D P>0,1	Nº D P≥10	Prec.	Nº D P=0	Nº D P>0,1	Nº D P≥10
Média	1728,6	177	182	64	1350,3	55	121	51	839,8	212	151	28	608,7	85	95	21
% da normal %	140,5	94,1	106,4	133,3	153,4	79,7	110,0	134,2	68,3	112,8	88,3	58,3	69,1	123,2	86,4	55,3
Var. (%)	40,5	-5,9	6,4	33,3	53,4	-20,3	10,0	34,2	-31,7	12,8	-11,7	-41,7	-30,9	23,2	-13,6	-44,7

Var. (%) – Variação em relação à normal (%). Refere-se à percentagem face à média dos 73 anos (1930/31-2002/03).

Nº D P=0 – número de dias sem precipitação (exemplo)

Quadro 11 – Parâmetros estatísticos referentes aos anos muito pluviosos e aos anos muito secos (Porto-Serra do Pilar, entre 1930/31-2002/03).

	1930	**1940**	**1950**	**1960**	**1970**	**1980**	**1990**
Média cada década	1175,7	1053,1	1146,9	1419,0	1280,8	1187,4	1237,0
Mínima	826,6	691,0	690,1	989,9	794,8	616,1	851,7
Máxima	1854,7	1513,5	1684,8	1901,5	1950,5	1416,5	1715,5
Desvio Padrão	304,9	279,7	302,4	311,8	361,6	239,9	279,0
Coeficiente de variação (%)	25,9	26,6	26,4	22,0	28,2	20,2	22,6

Quadro 12 - Parâmetros estatísticos dos valores de precipitação anual na estação Porto-Serra do Pilar, por década.

[96] Percentagem da normal refere-se à percentagem face à média dos 73 anos (1930/31-2002/03).

Por seu lado, a década de 40 registou um decréscimo de 14,4 % em relação à normal. A secura que se fez sentir de forma mais intensa na década de 40 está espelhada no valor médio (1053,1 mm), o mais reduzido de todas as décadas, a precipitação máxima (1513,5 mm) também é das mais reduzida. Apresenta um dos coeficientes de variação mais elevados de todas as décadas, o que demonstra a irregularidade dos valores anuais nesta década. Foi nesta década que ocorreu o maior número de anos muito secos (6), a tendência de secura também se prolongou para a década de 50. A década que apresenta a maior variação em torno do valor médio é a de 70.

Se considerarmos a precipitação total anual média entre a década de 30 e a de 90 (1214,3 mm), constatamos que a maioria das décadas possui uma precipitação média abaixo do valor médio do conjunto das décadas (Fig. 16). Apenas as décadas de 60, 70 e 90 é que apresentam uma precipitação anual média superior a 1214,3 mm (precipitação média das sete décadas).

No sentido de complementar esta análise, efectuamos os somatórios acumulados dos desvios dos valores anuais da precipitação em relação à média (Fig. 17).[97] Este procedimento permite conhecer a tendência geral das variações pluviométricas, nomeadamente as flutuações, sendo possível definir no conjunto dos 73 anos em análise, os períodos pluviométricamente deficitários (inferiores à normal) e excedentários (superiores à normal). Os principais períodos pluviométricos deficitários são: 1931/32 a 1934/35; 1941/42 a 1944/45; 1947/48 a 1954/55 (com excepção 1950/51); 1969/70 a 1975/76; e 1987/88 a 1992/93. Por seu lado, de 1938/39 a 40/41; de 1958/59 a 1963/64; 1965/66 a 1968/69; de 1976/77 a 1978/79 ocorreram os principais períodos excedentários. Desde 1993/94 até 2002/03 é forte intercalação de períodos excedentários e deficitários. Se compararmos os períodos excedentários e deficitários, parece destacar-se a tendência dos períodos deficitários, mais longos, ocorrerem com maior frequência até final dos anos 50.

A localização da estação Porto-Serra do Pilar junto ao litoral e o seu posicionamento em latitude são dois factores importantes para justificar os quantitativos pluviométricos registados ao longo do período em estudo. As características pluviométricas desta área são fortemente influenciadas pelos "... factores da dinâmica atmosférica influentes nas regiões temperadas mediterrâneas, onde se destaca a maior frequência das perturbações de oeste e das situações depressionárias, aliadas à presença dos fluxos

[97] No cálculo do desvio em relação à média aplicamos a seguinte fórmula: $\sum \frac{xi - \bar{x}}{\bar{x}}$

marítimos que mantêm ainda as suas propriedades higrométricas nesta área próxima do oceano".[98]

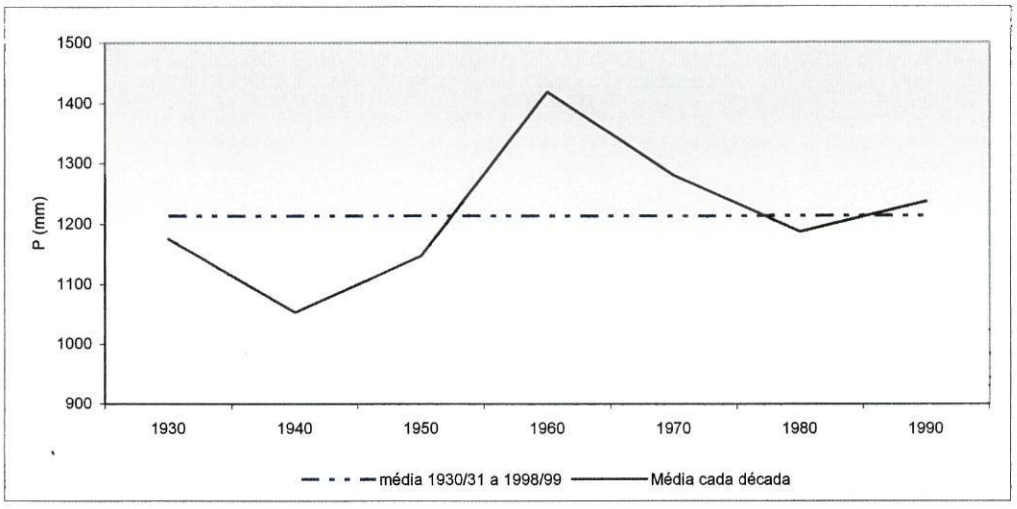


Fig. 16 - Evolução das precipitações médias anuais, por década, na estação do Porto-Serra do Pilar, desde a década de 30 até à década de 90.

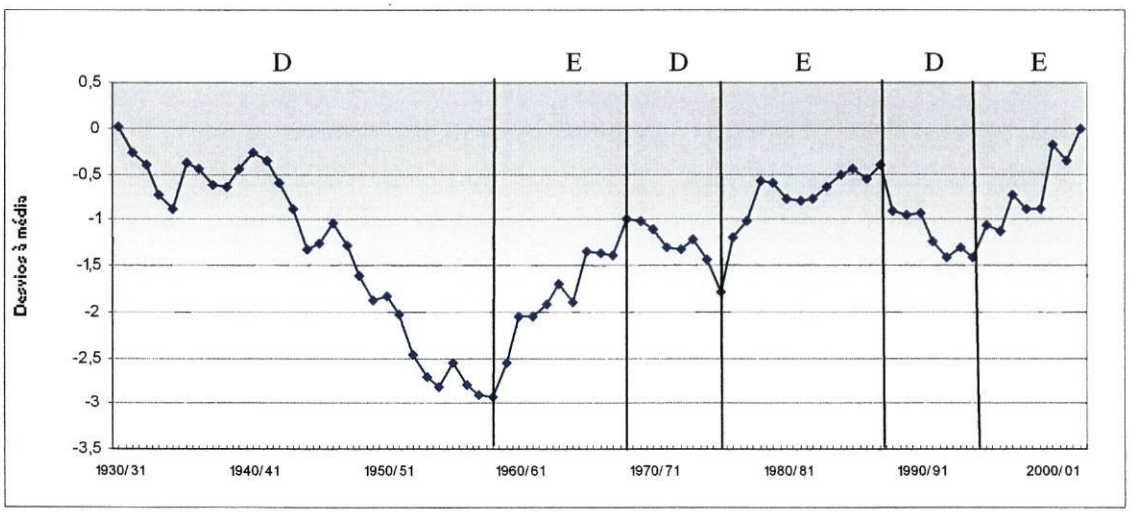


Fig. 17- Curva integral dos desvios da precipitação em relação ao valor médio (Porto-Serra do Pilar 1930/31-2002/03).

[98] VELHAS, Edite, *A Bacia Hidrográfica do Rio Leça. Estudo Hidroclimático*, Porto, FLUP, 1991p. 12.

1.2. O Ritmo Intra-anual da Precipitação

Ao debruçarmo-nos sobre as séries mensais e sazonais da estação do Porto-Serra do Pilar constatamos que, comparativamente com os valores anuais, estas espelham uma maior variabilidade pluviométrica. "A forte irregularidade interanual da precipitação não é, a bem dizer, senão o reflexo amplificado de outro tipo de irregularidade, de ritmo muito mais curto, a intra-anual".[99]

1.2.1. As séries pluviométricas sazonais e mensais

"Em todo o País o ano pluviométrico divide-se em duas estações muito contrastadas, separadas por períodos de transição. A estação chuvosa é muito irregular internamente, é caracterizada pela caprichosa alternância dos períodos secos e chuvosos".[100]

Para conhecer de forma mais pormenorizada o ritmo intra-anual da precipitação na Serra do Pilar debruçarmo-nos sobre as séries semestrais e sobre as mensais.

Dividimos as séries anuais em dois semestres Outubro-Março (semestre mais pluvioso) e Abril-Setembro (semestre com tendência mais seca) e constatamos que o semestre Outubro-Março é o que mais influencia os quantitativos pluviométricos anuais, já que tem um "peso" de 71,6% no total anual (Quadro 13).

Como seria de esperar o semestre Abril-Setembro é o que possui a maior percentagem de dias sem precipitação (66,1%), por seu lado o semestre Outubro-Março é o que apresenta um maior número de dias com precipitação igual ou superior a 10 mm, em média 38. O carácter mais pluvioso do primeiro semestre está expresso nos valores obtidos, no total de dias observados 61,5% foram pluviosos, 34,5% dos quais com pluviosidade igual ou superior a 10 mm. No semestre Abril-Setembro em apenas 33,9% dos dias ocorreram precipitações, predominando as precipitações inferiores a 10 mm. O comportamento pluviométrico entre os dois semestres está longe de ser homogéneo, é

[99] RIBEIRO, Orlando, LAUTENSACH, Hermann, DAVEAU, Suzanne, *Geografia de Portugal – O Ritmo Climático e a Paisagem*, vol. II, Lisboa, Edições João Sá da Costa, 1994,p. 418.
[100] RIBEIRO, Orlando, LAUTENSACH, Hermann, DAVEAU, Suzanne, *Geografia de Portugal – O Ritmo Climático e a Paisagem*, vol. II, Lisboa, Edições João Sá da Costa, 1994, p.402-403.

clara a tendência para uma menor frequência de ocorrência de precipitação no segundo semestre.

	Precipitação (mm)		Frequência					
	Média	% anual	nº md p=0	%	nºmd p>0,1	%	nº md p≥ 10	% dp
Serra do Pilar								
Outubro-Março	880,5	71,6	69	38,5	110	61,5	38	34,5
Abril- Setembro	350,8	28,5	119	66,1	61	33,9	10	16,4

nºmd= nº médio dias

% - % do total médio de dias com e sem precipitação (por semestre)

%dp - % face ao total médio de dias com precipitação (por semestre)

Quadro 13 - Parâmetros caracterizadores das séries semestrais de precipitação na estação Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Poderemos comprender de forma mais detelhada estas tendências pluviométricas de cada semestre (ao longo da série estudada: 1930/31-2002/03) se a complementarmos com a análise mensal da frequência de dias em que ocorreu ou não episódios pluviométricos (Fig. 18, Fig. 19). Assim, facilmente podemos verificar que na realidade não existe apenas o contraste semestre mais pluvioso/semestre mais seco, este também está presente no seio de cada semestre. Embora Outubro-Março seja nitidamente mais pluvioso, constatamos que a forte predominância dos dias com precipitação verifica-se apenas entre Novembro e Fevereiro. Por seu lado, no semestre Abril-Setembro o forte domínio dos dias sem precipitação verifica-se apenas entre Junho e Agosto.

Apesar do número de dias com precipitação diminuir substancialmente entre Junho e Agosto, em nenhum desses meses não se registou, em média, menos de 5 dias de chuva (embora seja uma época em que se espera menor pluviosidade). Os dias com precipitações inferiores a 10 mm são uma realidade ao longo de todo o ano. Outra situação interessante relaciona-se com o facto das precipitações intensas (P≥10 mm), características do semestre Outubro-Março, também marcarem presença no semestre Abril-Setembro, exceptuando o mês de Julho (Fig. 19). Novembro apresenta um comportamento inverso ao do mês de Julho no que diz respeito às precipitações intensas, é neste mês que estas precipitações se fazem sentir mais frequentemente.

É também de salientar o facto de em Outubro ser muito semelhante o número médio de dias com e sem precipitação, este comportamento deverá dever-se ao facto de estarmos no início da estação pluviosa.

Quer o semestre mais pluvioso, quer o semestre com tendência para uma maior secura não apresentam um comportamento homogéneo ao longo da série, sofrem grandes variações interanuais, especialmente quando a anos muito pluviosos sucedem anos muito secos (ou vice-versa).

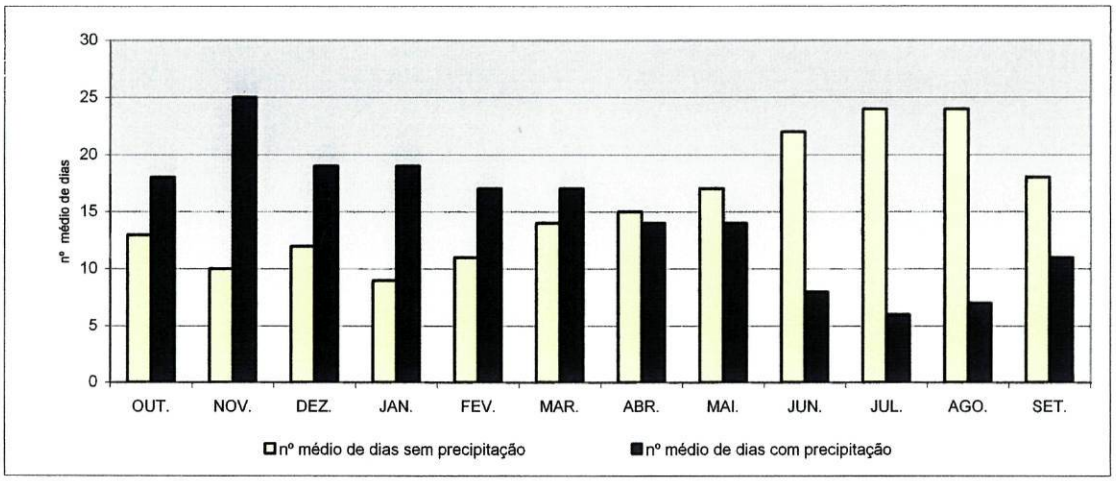


Fig. 18 - Frequência mensal dos dias com e sem precipitação, na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

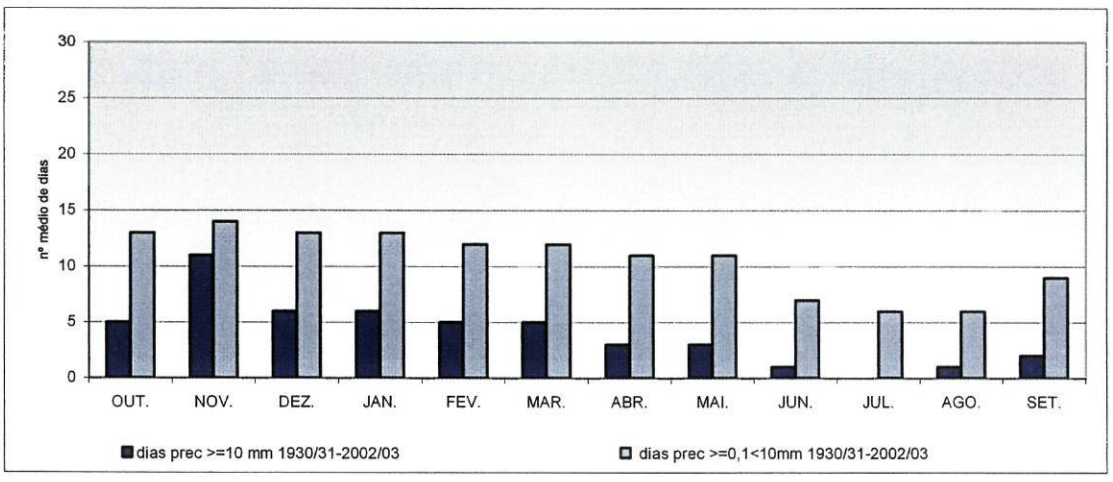


Fig. 19 - Frequência mensal dos dias com precipitação inferior a 10 mm e igual ou superior a 10 mm, na estação Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

No Quadro 11 estão sistematizados os contrastes pluviométricos em relação à normal ocorridos nos anos muito pluviosos e nos anos muito secos (referentes ao período 1930/31-2002/03).

Nos anos muito pluviosos a precipitação ocorrida no semestre Outubro-Março corresponde a 153,4% da normal, regista-se um aumento médio de mais de 50% face à normal, a frequência de dias de chuva também sofreu um aumento de 10 %. Nos anos muito secos, no mesmo semestre (Outubro-Março), regista-se um decréscimo médio de 30,9% face à normal, a frequência dos dias de chuva também sofre um decréscimo (de 13,6%).

Como seria de esperar, nos anos muito pluviosos o número médio de dias com precipitação igual ou superior a 10 mm é bastante mais elevado do que nos anos muito secos (64 versus 28), tendo-se verificado nos anos muito chuvosos um acréscimo de 33,3% face ao valor da normal e nos anos muito secos um decréscimo de 41,7 % face ao valor da normal. Estes contrastes anuais dos anos muito secos e dos muito pluviosos face à normal que acabamos de referir são mais esbatidos quando consideramos os dias com precipitação pouco intensa ($P \geq 0,1$ mm) e mesmo os dias sem precipitação.

Se compararmos o número médio de dias com e sem precipitação verificamos que nos anos muito pluviosos as diferenças anuais são reduzidas mas no semestre Outubro-Março são bastante significativas (Fig. 20,Quadro 11). Por seu lado, nos anos muito secos ocorre o oposto, ao longo do semestre Outubro-Março não se verificou uma grande discrepância entre a frequência de dias com e sem precipitação, sendo de salientar que apenas em Janeiro a frequência de dias sem precipitação foi um pouco superior à dos dias com precipitação (Fig. 21). Poderíamos esperar que o predomínio dos dias sem precipitação se fizesse sentir num maior número de meses.

Por outro lado, nos anos muito pluviosos e nos anos muito secos o semestre Abril-Setembro não apresenta contrastes tão acentuados, em geral predominam os dias sem precipitação.

Os dados demostram, claramente, que é no semestre Outubro-Março que se concentram os dias com precipitação e mesmo em anos muito secos o número médio de dias com precipitação é, nesta época do ano, bastante significativo (Quadro 11, Fig. 20 e Fig. 21). Daí que o semestre Outubro-Março deve ser sempre considerado húmido, esteja ele integrado num ano muito pluvioso ou muito seco. Os resultados obtidos (no Quadro 11) parecem indicar que nos anos muito secos as variações, no que se refere ao número médio de dias com e sem precipitação, relativamente à normal são maiores do que nos anos muito húmidos.

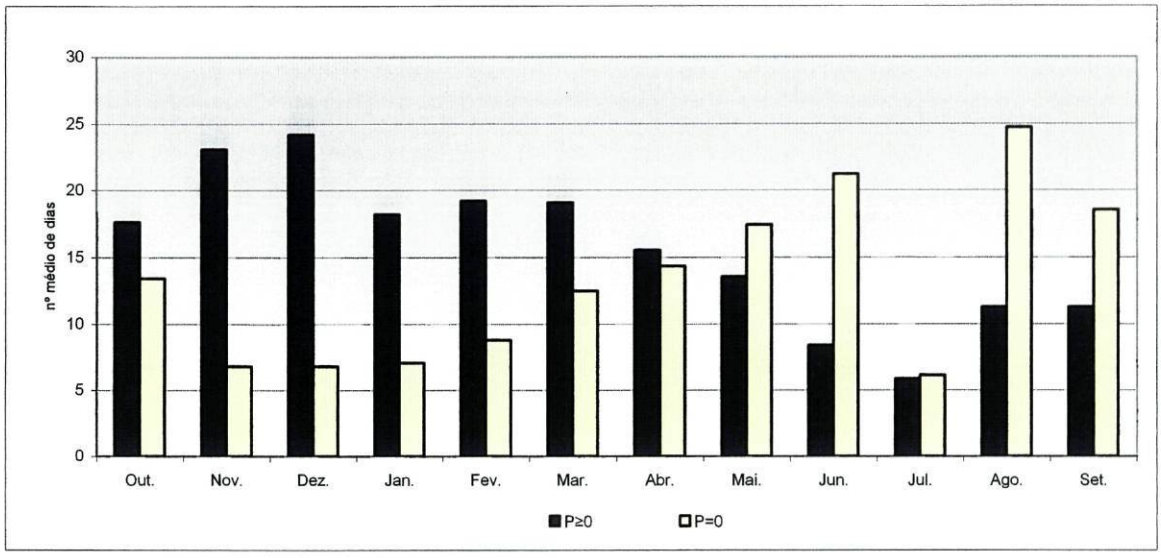


Fig. 20 - Frequência mensal dos dias com e sem precipitação ocorridos nos anos muito pluviosos, na estação do Porto-Serra do Pilar (série 1930/31-2002/03).

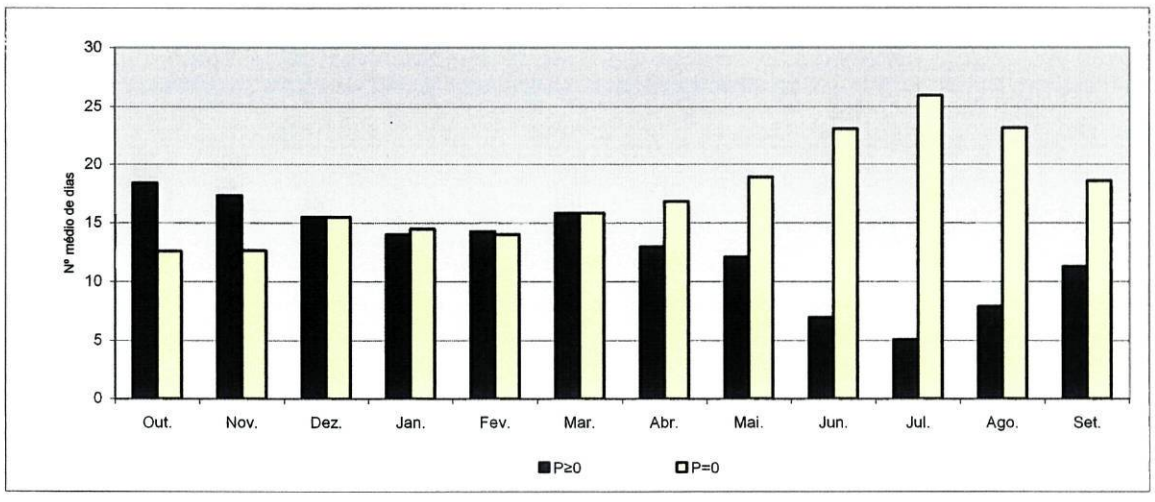


Fig. 21 – Frequência mensal dos dias com e sem precipitação ocorridos nos anos muito secos, na estação do Porto-Serra do Pilar (série 1930/31-2002/03).

Esta forte variabilidade intra-anual, seja ao nível dos quantitativos observados, seja ao nível das frequências de ocorrência, influencia a delimitação temporal da estação pluviosa em cada ano.

Assim, desde 1930/31 a 2002/03, os meses de Dezembro e Janeiro foram os meses que mais frequentemente se afirmaram como os meses mais pluviosos, com 16 e 19 %,

respectivamente (Fig. 22), e os que registaram a intensidade pluviométrica mais elevada (confrontar Quadro 14). Dezembro, apesar de ter registado o valor médio mais elevado (174,7 mm), nem sempre foi o mês mais chuvoso do ano, ao longo da série em análise.

No extremo oposto, estão os meses de Julho e Agosto que nunca foram o mês mais pluvioso e apresentaram um menor número de dias com precipitação (6, e 7, respectivamente).

Junho, apesar de apresentar um número reduzido de dias com precipitação, esta, quando ocorre ainda atinge valores significativos (precipitação média 44,1 mm), em 27% dos anos registam-se valores totais superiores a 51mm. Em 8% dos anos (estes enumerados no Quadro 15) atingiram-se valores superiores a 100 mm. Parece poder concluir-se que Junho não pode ser classificado como um mês de pouca precipitação.

As precipitações médias mais reduzidas e os mínimos de precipitação mensal registam-se em Julho e Agosto (Quadro 16); estes meses apesar de apresentarem quantitativos e frequências de ocorrência das mais baixas no conjunto dos doze meses, têm um comportamento pluviométrico muito irregular, bem demonstrado nos elevadíssimos valores dos coeficientes de variação. Na maioria dos anos registaram totais mensais de precipitação baixos, mas em alguns anos ultrapassaram os 50 mm.

Os meses de Outono e Inverno (Quadro 14) são os que mais frequentemente se evidenciam como meses mais pluviosos, com os quantitativos pluviométricos mais elevados e mais intensos. Apresentam uma variabilidade pluviométrica menor, mas sempre presente. No sentido de ilustrar o que acabamos de referir (salientado períodos de reduzidos quantitativos pluviométricos), decidimos construir o Quadro 17.

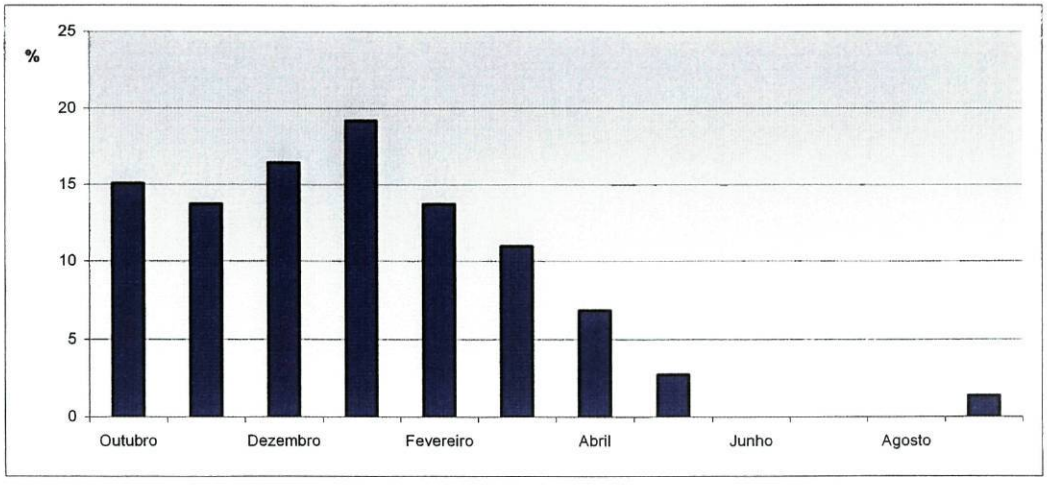


Fig. 22 - Meses mais pluviosos nos anos hidrológicos 1930/31-2002/03 no Porto-Serra do Pilar (percentagem de frequência).

	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
P (mm) média	125,6	154,5	174,7	168,3	131,2	126,1	101,9	90,9	44,1	19,7	26,8	67,3
% dias com precipitação	58	66	62	67	60	54	48	44	28	20	23	39
nº médio dias P≥0,1 mm	18	25	19	19	17	17	14	14	8	6	7	11
intensidade média[101]	7,0	6,2	9,1	8,9	7,7	7,5	7,4	6,4	5,5	3,3	3,9	6,1
total de dias	2263	2190	2263	2263	2055	2263	2190	2263	2190	2263	2263	2190
% dias com dados[102]	99,2	99,1	99,5	92,4	100,0	100,0	98,5	100,0	99,6	97,6	100,0	98,3

Quadro 14 - Valores mensais da quantidade, frequência (em número de dias) e intensidade média das precipitações no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Ano	**Junho**
1935	111,8
1958	164,3
1970	128,4
1971	105,6
1974	253,2
1988	105,8

Quadro 15 - Anos em que o total mensal de precipitação no mês de Junho ultrapassou os 100 mm na estação da Serra do Pilar (1930/31 - 2002/03).

	Máximo	**Mínimo**	**Média**	**Mediana**	**Desvio padrão**	**Coef. variação %**
Outubro	420,1	7,8	125,6	109,1	87,3	69,5
Novembro	478,9	1,6	154,5	134,2	99,3	64,3
Dezembro	626,8	2,7	174,7	144,6	118,1	67,6
Janeiro	391,1	2,9	168,3	154,1	102,1	60,7
Fevereiro	486,8	4,0	131,2	93,1	106,0	80,8
Março	567,4	0,2	126,1	109,0	94,4	74,8
Abril	402,6	6,1	101,9	86,1	74,3	72,9
Maio	243,8	2,5	90,9	90,0	56,0	61,6
Junho	253,2	1,0	44,1	38,3	42,0	95,3
Julho	93,7	0,0	19,7	11,4	21,4	108,3
Agosto	131,5	0,0	26,8	19,7	24,4	91,1
Setembro	180,9	1,0	67,3	61,7	50,3	74,8

Quadro 16 - Parâmetros estatísticos das séries de precipitação mensal (1930/31-2002/03).

[101] Intensidade média =quantidade de precipitação/número de dias de chuva

[102] A série estudada tem algumas lacunas devido a avarias, mas estas correspondem a um percentagem muito reduzida (inferior a 2%) face ao total de observações, daí que não influenciam o rigor das análises.

Ano	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
1931		2,7		
1932				13,4
1934				4
1935			2,9	
1938				24,9
1943				20,6
1952				19,6
1953				24,7
1958	8,9			
1973	16			
1981	1,6		4,5	
1983			17,4	
1988		18,3		
1993				17,4
2001	2,4	9		

Quadro 17 - Anos em que o total mensal de precipitação nos meses de Novembro a Fevereiro não ultrapassou os 25 mm, na estação da Serra do Pilar (1930/31 a 2002/03)[103].

A leitura dos coeficientes de variação para cada série mensal também demonstra, indiscutivelmente, a forte variabilidade das precipitações em qualquer dos meses (Quadro 16), mesmo nos mais pluviosos. O período de Junho até Agosto foi o período com maior irregularidade, com valores superiores a 90%. Julho destacou-se como o mês mais irregular, por oposição ao mês de Janeiro, em que se registou a menor variabilidade relativa. Entre Junho e Agosto as precipitações raramente ultrapassam os 50 mm, mas em alguns anos excepcionais esse valor foi ultrapassado, originando assim o elevado valor do coeficiente de variação.

Se conjugarmos a referida leitura com a análise da distribuição de frequências (Quadro 18) compreendemos melhor a forte variabilidade mensal. Vemos que entre Outubro e Março a ocorrência das classes de totais mensais de precipitação 1-50 mm, 51-100 mm, 101-150 mm, 151-200 mm, 201-250 mm é semelhante. Nos meses de Inverno, comparativamente com os restantes meses do ano, a classe de totais mensais de precipitação entre 1 e 50 mm tem menos expressão, assim como a classe dos 0-0,9 mm.

Em Junho, Julho e Agosto não esperaríamos que a classe de totais mensais de precipitação entre 51 e 100 mm ainda registasse uma frequência significativa. Por outro lado, Julho e Agosto são os únicos meses que apresentam totais pluviométricos muito

[103] Ana Monteiro, na sua dissertação de doutoramento, realizou o mesmo estudo no período 1900-1989

reduzidos (0-0,9 mm). Estes constrastes pluviométricos comprovam a forte variabilidade destes meses.

Julho e Agosto registaram na maioria dos anos reduzidos totais mensais de precipitação, embora em alguns anos tenham sido ultrapassados os 50 mm. Em Julho, o máximo mensal de precipitação foi de 94 mm (em 1941), em Agosto foi de 131,5 mm (em 1999).

P(mm)	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
0 - 0,9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	6	0
1-50	13	10	8	11	22	15	17	22	53	59	54	31
51-100	20	15	14	10	16	18	27	22	14	7	12	27
101-150	19	14	16	15	7	12	13	18	4	0	1	8
151-200	8	15	9	11	11	13	10	7	1	0	0	7
201-250	6	9	8	8	5	9	3	4	0	0	0	0
251-300	3	3	10	8	5	3	2	0	1	0	0	0
301-350	2	2	4	6	3	0	0	0	0	0	0	0
351-400	1	4	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0
401-450	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
>451	0	1	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0

Quadro 18 - Distribuição de frequência (absoluta) dos totais mensais de precipitação na estação da Serra do Pilar (1930/31-2002/03). A azul estão realçadas as classes com representatividade relativa mais elevada para cada um dos meses do ano.[104]

Tal como referiu Edite Velhas, a variabilidade " ... deve-se ao facto de, em determinados anos de Invernos secos, as chuvas primaveris se prolongarem até ao início do Verão, e no caso de Julho e Agosto por serem os meses que apresentam maior frequência de precipitações reduzidas ou nulas"[105]. A forte variabilidade pluviométrica que também se regista nos outros meses, em especial na estação fria, pode ser "detectada" no facto de esses meses não se incluírem unicamente no grupo dos meses pluviosos, podem pertencer aos meses pluviosos como aos meses secos.

O que acabamos de afirmar pode ser comprovado pela análise da Fig. 23. Classificamos os meses em seis grupos, segundo a precipitação recebida em cada ano, incluindo um grupo relativo à ausência de precipitação. Aplicamos a metodologia dos quintis (esta aplicada anteriormente à série anual), este método permite classificar os meses em cinco categorias, de muito secos a muito chuvosos, consoante os valores das

[104] Ana Monteiro, na sua dissertação de doutoramento, realizou o mesmo estudo no período 1900-1989.
[105] VELHAS, Edite, *A Bacia Hidrográfica do Rio Leça. Estudo Hidroclimático*, Porto, FLUP, 1991,p. 25.

precipitações registadas em cada ano se incluem em cada um dos cinco grupos definidos pelos quintis da respectiva série.

Alguns meses apresentaram um comportamento pluviométrico muito variável ao longo dos setenta e três anos em estudo e distribuíram-se pelos cinco grupos (meses muito secos, secos, normais, chuvosos e muito chuvosos) de forma relativamente semelhante. Setembro é um desses meses, face ao total de observações, foi classificado em 33% dos anos como mês muito seco, em 22% dos anos como mês seco, em 22% dos anos como mês normal, em 11% dos anos como mês chuvoso e em 12% dos anos como mês muito chuvoso.

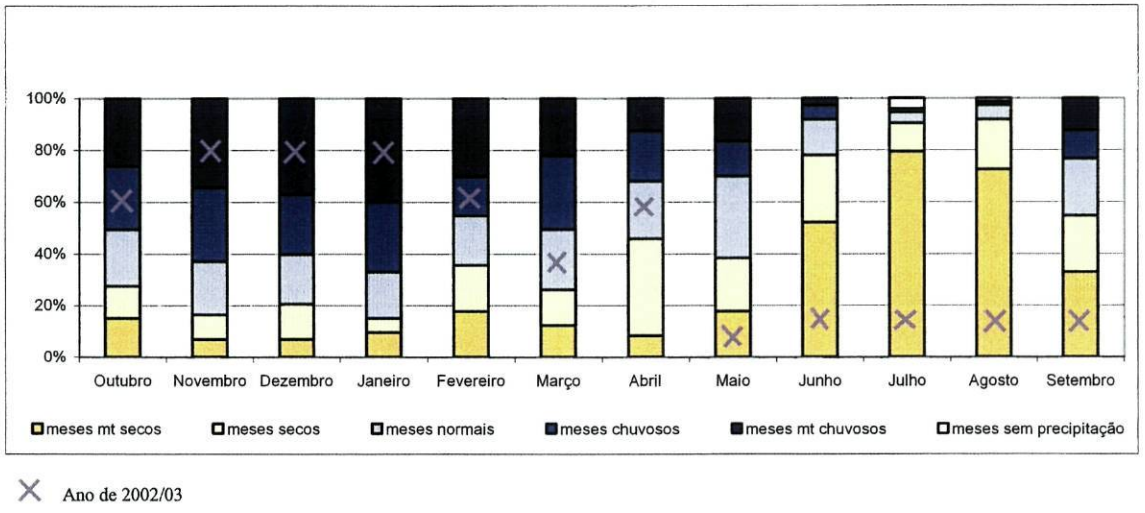


Fig. 23 - Meses classificados segundo a precipitação recebida, por ano hidrológico.

Pelo contrário, outros meses demonstram comportamentos pluviométricos menos variáveis, predominando a sua inclusão num dos seis grupos. No conjunto dos meses pluviosos Janeiro foi o que apresentou um comportamento relativamente menos variável, sendo 40% das vezes classificado como mês muito chuvoso e apresenta o coeficiente de variação mais reduzido (61%). Se considerarmos os meses secos, Julho e Agosto foram, respectivamente em 79% e 73% das vezes, classificados como meses muito secos, sendo de salientar que ambos os meses foram os únicos que se integraram no grupo dos meses sem precipitação (Julho 3 vezes e Agosto1 vez).

É ainda de referir que o mês de Julho nunca foi considerado um mês muito húmido e que o mês de Agosto nunca foi considerado um mês húmido (apenas uma vez

muito húmido). Os elevados coeficientes de variação obtidos nestes dois meses (108 e 91%, respectivamente) resultam do facto de estes meses serem maioritariamente considerados meses secos/muito secos, mas também poderem apresentar-se, embora numa percentagem muito reduzida, como meses sem precipitação, normais e chuvosos ou muito chuvosos. Todas estas características permitem-nos detectar dentro da forte variabilidade intra-anual alguns meses menos variáveis. Como referimos anteriormente, a forte variabilidade interanual e intra-anual dificulta a delimitação temporal das estações chuvosa e seca de uma forma exacta. O "núcleo duro" da estação pluviosa parece ocorrer entre Novembro e Março e Abril e Maio tendem a apresentar características de transição bem marcadas. Em alguns anos, fruto da variabilidade pluviométrica, a estação pluviosa pode estender-se de Outubro a Maio. O Verão, estação seca, também apresenta uma duração variável de ano para ano, mas parecem individualizar-se os meses de Julho e Agosto como o "núcleo" de maior secura. Esta delimitação temporal coincide com a que foi proposta por Edite Velhas na sua tese de mestrado relativa à Bacia Hidrográfica do Rio Leça.

"A coexistência destes dois traços climáticos, Verão sem chuvas e precipitação devida à passagem de depressões atlânticas noutras estações, a doçura das estações intermédias, que decorrem tanto tempo envoltas em massas de ar húmido e morno, a moderação do Inverno, quer no rigor quer na duração, levam às vezes a falar de um «clima português», que na realidade não existe dentro da classificação climática mais corrente (Köppen) ...".[106]

1.2.2. As precipitações máximas anuais e mensais para duração de 24 horas e períodos de retorno

" La variabilidad de las precipitaciones es un factor de riesgo adicional por la aparicíon de valores extremos máximos, que se traducen en inundaciones y avenidas en determinadas zonas y épocas del año"[107]. Perante a influência que a forte variabilidade pluviométrica pode ter no aparecimento de quantitativos pluviométricos extremos máximos, consideramos importante debruçarmo-nos um pouco mais sobre as precipitações máximas ocorridas na estação Porto-Serra do Pilar, visto o ritmo pluviométrico interanual e intra-anual desta estação meteorológica ser relativamente irregular. Os extremos

[106] RIBEIRO, Orlando, LAUTENSACH, Hermann, DAVEAU, Suzanne, *Geografia de Portugal – O Ritmo Climático e a Paisagem*, vol. II, Lisboa, Edições João Sá da Costa, 1994, p. 372.
[107] FERNÁNDEZ GARCIA, Felipe - *Manual de Climatologia Aplicada*, Madrid, Editorial Sintesis, 1995, p. 120.

pluviométricos máximos, fenómenos específicos de cada região, são um importante elemento no desencadear do risco hidrológico, daí a importância de conhecermos melhor o seu comportamento à escala local no sentido de mitigar os seus possíveis efeitos.

Anteriormente já descrevemos o comportamento dos valores máximos de precipitação anual e mensal (Quadro 8,Quadro 12,Quadro 16), seguidamente iremos aprofundá-lo.

Ao longo dos 73 anos em análise (1930/31 – 2002/03), os valores máximos anuais de precipitação em 24 horas (Fig. 24) ocorreram mais frequentemente nos meses de Outubro, Novembro e Janeiro, sendo de salientar que em Julho nunca ocorreu nenhum desses máximos. Os máximos anuais de precipitação em 24 horas raramente ocorreram nos meses de Março a Agosto (a frequência registada oscilou entre 1 e 5%).

Ao contrário do que seria de esperar os valores pluviométricos máximos anuais em 24 horas não ocorrem apenas nos meses de Inverno. Apesar de estes se concentrarem na referida estação, ainda podemos encontrar na Primavera e no Outono uma frequência ainda significativa. Por exemplo, em seis anos Setembro foi o mês que registou a precipitação máxima anual em 24 horas. Por outro lado, em Julho isso nunca ocorreu. Estes valores dão-nos, assim, informação sobre os meses onde o risco climático de precipitações intensas parece ter maior probabilidade de ocorrer.

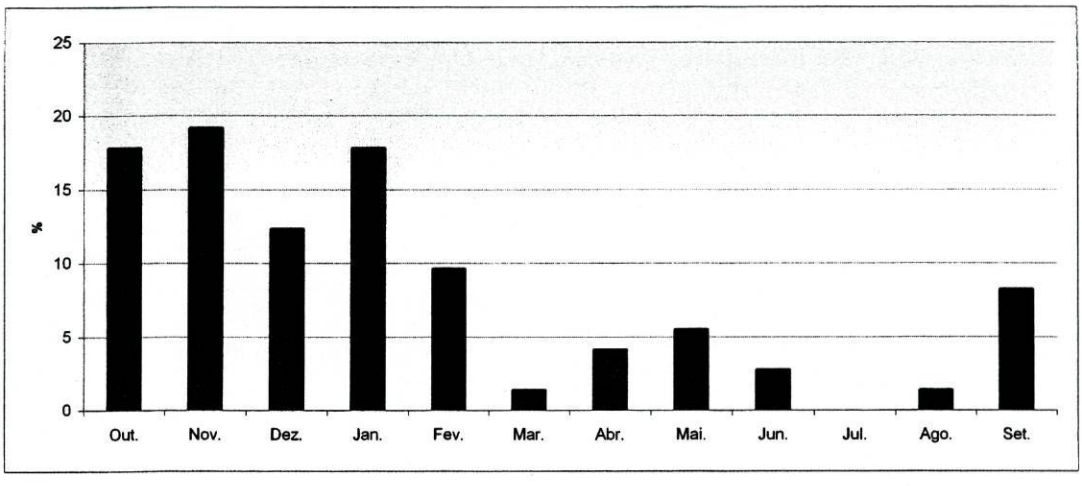


Fig. 24 - Distribuição mensal dos valores máximos anuais de precipitação em 24 horas, no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

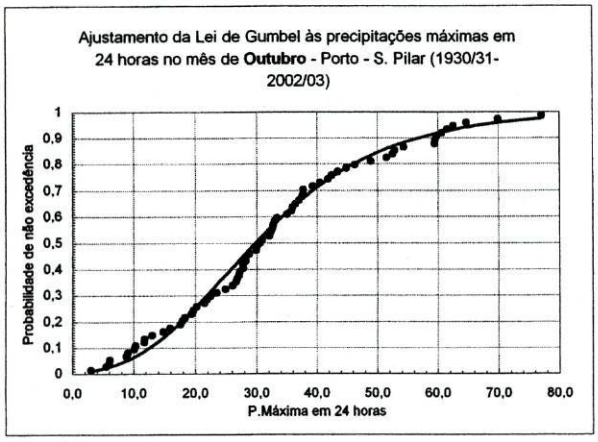
Consideramos, também, importante analisar as características da precipitação máxima mensal em 24 horas (ocorridas na Serra do Pilar, entre 1930/31 e 2002/03), as quais estão sistematizadas no Quadro 19. Continua a existir um contraste entre os valores

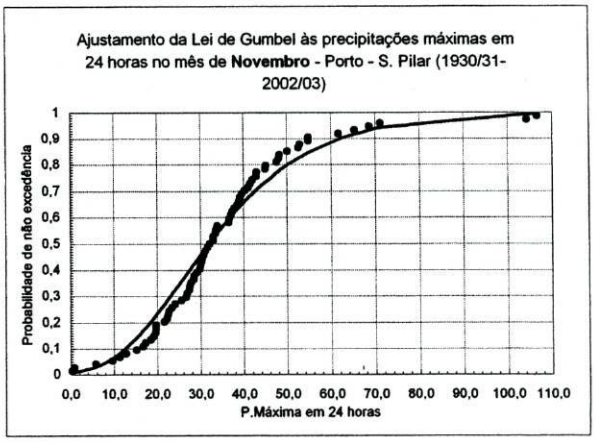
estivais e os que ocorrem no Outono e Inverno. Os máximos médios de Julho e Agosto não ultrapassam os 15mm, enquanto que de Novembro a Janeiro são superiores a 34 mm. O mês Novembro foi o que registou o intervalo de variação mais elevado: a precipitação máxima de 106,7 mm (que foi a mais elevada face aos restantes meses) e a mínima de 0,3 mm. Os extremos mínimos máximos são relativamente semelhantes, oscilam entre 0 e 3 mm, pelo contrário os máximos extremos sofrem grandes oscilações. A quantidade pluviométrica mais elevada ocorrida na estação da Serra do Pilar, em 24 horas, foi de 106,7 mm e verificou-se em Novembro, para além deste que referimos, os valores superiores a 90 mm ocorreram em Dezembro e em Setembro, o que demonstra que não parece existir uma tendência dos máximos pluviométricos (ocorridos em 24 horas) ocorrerem apenas no Inverno.

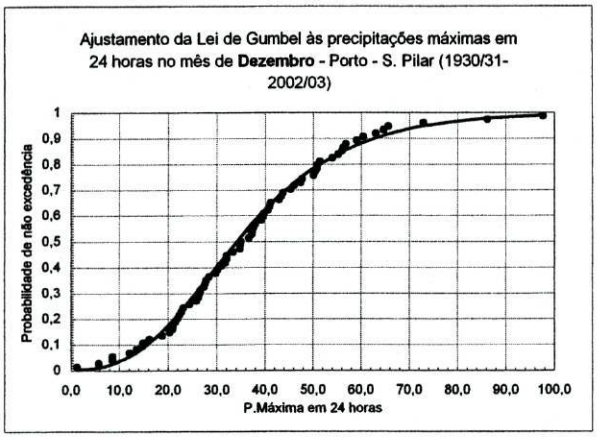
	Máximo	Mínimo	Intervalo de variação	Desv. Padrão	Coef. de variação(%)
Outubro	77,1	3,0	74,1	16,99	52,3
Novembro	106,7	0,3	106,4	18,83	53,8
Dezembro	97,7	1,2	96,5	18,18	49,2
Janeiro	77,7	1,2	76,5	16,92	49,3
Fevereiro	64,8	2,5	62,3	13,95	50,3
Março	80,7	0,1	80,6	15,33	56,0
Abril	67,9	0,0	67,9	13,67	52,9
Maio	66,7	2,0	64,7	14,64	56,9
Junho	67,4	0,6	66,8	13,52	80,3
Julho	50,6	0,0	50,6	10,10	109,1
Agosto	59,8	0,0	59,8	13,73	96,9
Setembro	92,6	0,6	92,0	21,09	79,1

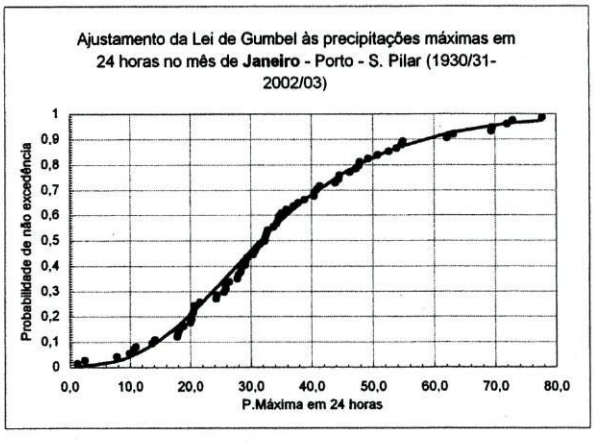
Quadro 19 - Parâmetros estatísticos da precipitação máxima mensal em 24 horas, ocorrida na Serra do Pilar (1930/31-2002/03)

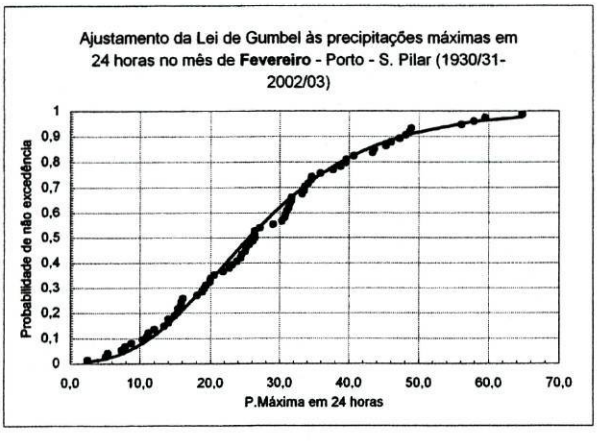
Gumbel, em 1934, obteve uma função de distribuição ideal para valores extremos com um espectro muito alargado, incluindo a sua aplicação à análise da precipitação. Ao aplicarmos a distribuição de Gumbel aos valores de precipitação máxima em 24 horas, verificamos que os gráficos seguintes (Fig. 25) demonstram que o ajustamento da Lei de Gumbel às precipitações máximas em 24 horas no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03) é bom. Permitem-nos constactar rapidamente a probabilidade de não excedência de um dado quantitativo pluviométrico máximo ocorrido em 24 horas.











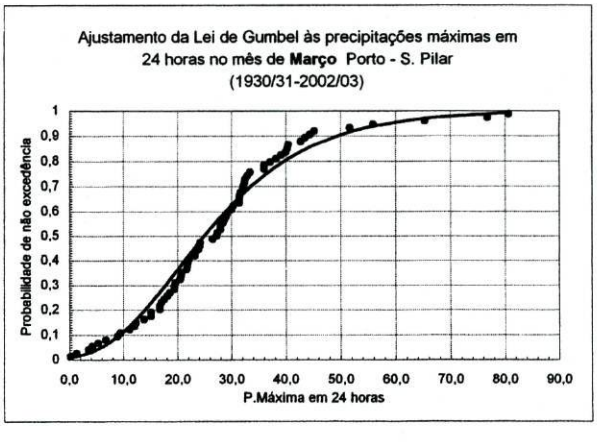
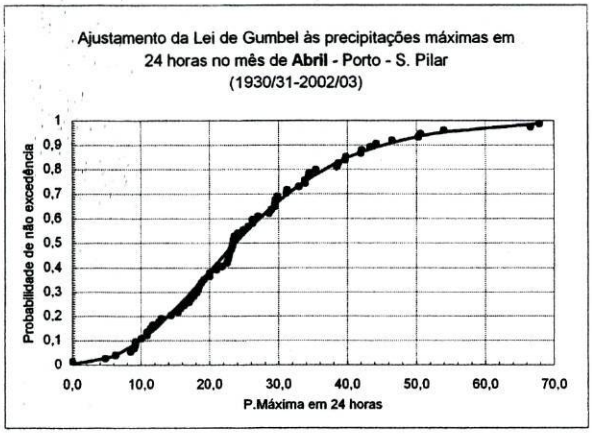
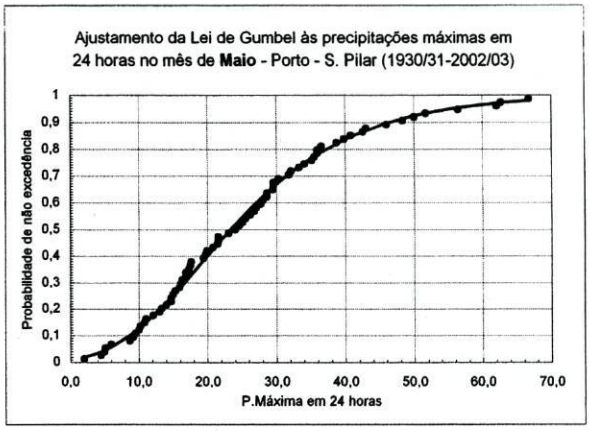
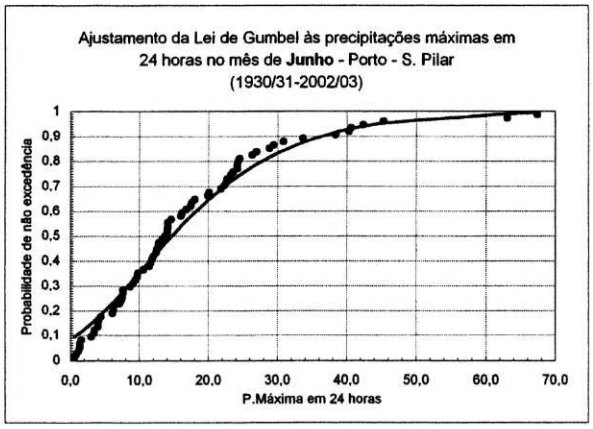
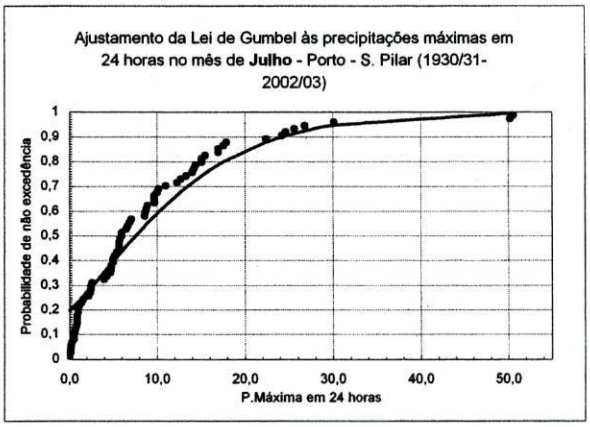


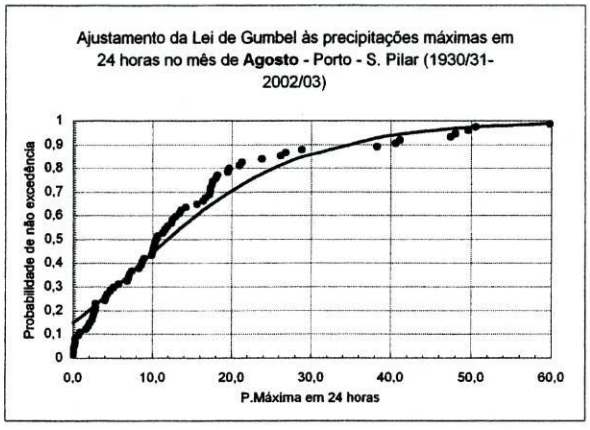
Fig. 25 - Ajustamento da Lei de Gumbel às precipitações máximas em 24 horas, na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).











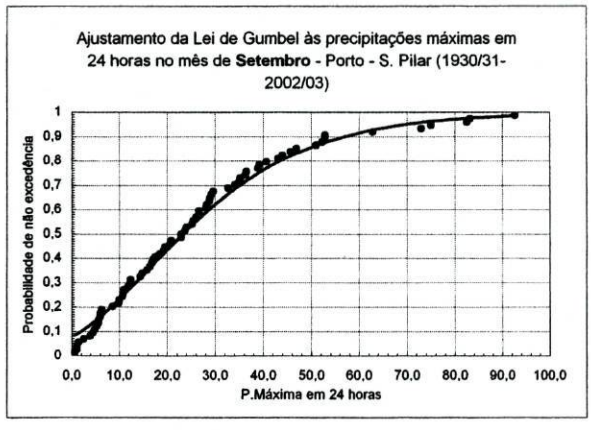


Fig. 25 (cont.) - Ajustamento da Lei de Gumbel às precipitações máximas em 24 horas, na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Pretendemos determinar a probabilidade de ocorrência de precipitações extremas anuais e mensais para duração de 24 horas acima de valores pré-definidos (Quadro 20), assim como os períodos de retorno (Quadro 21) e estimar os valores de precipitação máxima em 24 horas para determinados períodos de retorno (Quadro 22). Os valores obtidos devem ser analisados com algumas reservas, pois correspondem a probabilidades (extremas).[108]

No Porto-Serra do Pilar a probabilidade de excedência de valores máximos anuais em 24 horas superiores 60 mm é bastante elevada, quase 45%. Se considerarmos valores superiores a 80 mm, estes, pelo contrário, registam uma reduzidíssima probabilidade de excedência. Entre 1930/31-2002/03, no Porto-Serra do Pilar, o máximo valor anual ocorrido em 24 horas foi de 106,7 mm, em Novembro de 1974, tendo este um período de retorno (provável) de 81 anos. Se considerarmos períodos de retorno mais reduzidos, por exemplo 10 anos, estimamos que o valor máximo de precipitação anual em 24 horas deverá ser de 80,7 mm, o que nos transmite a ideia que, mesmo em reduzidos períodos de retorno, o valor máximo anual em 24 horas estimado tenderá a ser elevado.

A probabilidade de ocorrência de precipitações mensais em 24 horas superiores a 20 mm é muito elevada em quase todos os meses (Quadro 20, Fig. 25), com excepção dos meses Julho e Agosto, o que seria de esperar porque estes dois meses constituem o "núcleo duro" da estação seca. Quando avançamos para a probabilidade de ocorrência de precipitações mensais em 24 horas superiores a 40 mm, já não se verifica uma elevada probabilidade de ocorrência em qualquer mês, são apenas os meses de Outubro a Janeiro que registam uma probabilidade mais elevada (superior a 27%). Á medida que consideramos quantitativos pluviométricos mensais mais elevados (superiores a 60 mm, a 80 mm, etc.) a sua probabilidade de ocorrência é cada vez mais reduzida, os eventos serão cada vez mais paroxismos pluviométricos. Por exemplo, entre Outubro e Janeiro a ocorrência de precipitações (máximas em 24 horas) superiores a 60 mm tem uma probabilidade de não excedência de 90% (Fig. 25).

Ao analisarmos os períodos de retorno (Quadro 21) constatamos que os máximos mensais observados em 24 horas têm um período de retorno bastante elevado. Novembro é um dos casos exemplificativos. Verifica-se o máximo de precipitação em 24 horas, 106,7 mm, e o período de retorno é um dos mais elevados, 236 anos. Mas, podemos detectar alguns casos excepcionais, em que o período de retorno é mais reduzido, como por exemplo Janeiro, cujo máximo de precipitação em 24 horas foi de 77,7 mm, e que corresponde um período de retorno de 48 anos.

[108] As fórmulas que aplicamos (para o caso estatístico de ordem máxima) estão referidas nos anexos.

Prec. Máxima 24 horas	>60 mm	>80 mm	>100 mm	>120 mm
anual	43,7	10,5	2,1	0,4

Mês	>10 mm	>20 mm	>40 mm	>60 mm	>80 mm	>100 mm
Outubro	95,3	76,4	27,3	6,8	1,5	0,3
Novembro	95,4	78,9	32,9	9,7	2,6	0,7
Dezembro	97,7	84,4	36,4	10,5	2,7	0,7
Janeiro	97,1	81,0	30,6	7,7	1,7	0,4
Fevereiro	94,3	68,1	16,6	2,8	0,5	0,1
Março	90,9	64,6	17,7	3,6	0,7	0,1
Abril	91,6	62,1	13,8	2,3	0,4	0,1
Maio	89,2	60,4	14,8	2,7	0,5	0,1
Junho	65,9	34,1	6,1	0,9	0,1	0,02
Julho	40,0	13,4	1,1	0,1	0,01	0,00
Agosto	56,3	27,8	4,9	0,8	0,1	0,02
Setembro	78,7	56,9	22,1	7,1	2,2	0,7

Quadro 20 - Probabilidades de excedência de valores de precipitação máximos anuais e mensais em 24 horas, no Porto- Serra do Pilar (1930/31- 2002/03).

	Máximo valor anual em 24 h	Probabilidade de excedência associada (‰)	Período retorno (anos)
anual	106,7	1,2	81

Mês	Máximo valor mensal[109]	Probabilidade de excedência associada (‰)	Período retorno (anos)
Outubro	77,1	1,9	52
Novembro	106,7	0,4	236
Dezembro	97,7	0,8	130
Janeiro	77,7	2,1	48
Fevereiro	64,8	1,8	54
Março	80,7	0,6	155
Abril	67,9	1,1	93
Maio	66,7	1,5	65
Junho	67,4	0,5	215
Julho	50,6	0,3	340
Agosto	59,8	0,8	127
Setembro	92,6	1,0	99

Quadro 21 - Períodos de retorno (anos) para as precipitações máximas anuais e mensais em 24 horas, no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

[109] Máximo valor mensal em 24 horas (1930/31 a 2002/03).

As estimativas dos valores máximos de precipitação anual e mensal em 24 horas, relativos aos diferentes períodos de retorno apresentam-se no Quadro 22. Se considerarmos um período de retorno reduzidos, que são os que mais nos poderão afectar, por exemplo 5 anos, verificamos que as estimativas dos máximos de precipitação em 24 horas entre Outubro e Janeiro são superiores a 45 mm, mas entre Fevereiro e Abril ainda poderão ocorrer elevados máximos, estes não se concentram unicamente no Inverno.

Período retorno	2 anos	5 anos	10 anos	20 anos	25 anos	50 anos	100 anos
Anual	57,7	71,5	80,7	89,4	92,2	100,8	109,3

Mês	2 anos	5 anos	20 anos	50 anos	100 anos
Outubro	29,7	44,7	64,2	76,5	85,8
Novembro	31,9	48,5	70,1	83,8	94,0
Dezembro	34,0	50,0	70,9	84,1	94,0
Janeiro	31,5	46,5	65,9	78,2	87,4
Fevereiro	25,4	37,8	53,7	63,9	71,5
Março	24,8	38,4	56,0	67,1	75,4
Abril	23,6	35,7	51,3	61,3	68,7
Maio	23,3	36,2	53,0	63,7	71,6
Junho	14,6	26,6	42,1	51,9	59,3
Julho	7,6	16,5	28,1	35,4	40,9
Agosto	11,9	24,0	39,8	49,8	57,2
Setembro	23,2	41,8	66,0	81,3	92,8

Quadro 22 - Estimativas dos valores máximos de precipitação anual e mensal em 24 horas, em função do período de retorno, no Porto-Serra do Pilar.

Se considerarmos períodos de retorno mais longos (Fig. 26) os quantitativos pluviométricos máximos mensais em 24 horas que poderão ser atingidos vão aumentando à medida que aumenta o período de retorno, mas este aumento não é tão acentuado como seria de esperar. Se considerarmos um período de retorno de 20 anos a precipitação máxima mensal esperada é de 70,9 mm (em Dezembro) num período de retorno de 50 anos deverão ser esperados 84,1 mm (também em Dezembro) e num período de retorno de 100 anos deverão ser esperados 94 mm (em Novembro e Dezembro).

Como seria de esperar os valores máximos de precipitação mensal em 24 horas concentram-se no semestre mais pluvioso de Outubro-Março. Se atendermos aos valores máximos mais elevados, verificamos que os meses de Novembro e Dezembro apresentam comportamentos muito semelhantes, quer se trate de um período de retorno de 20 anos, de 50 anos ou de 100 anos. Por seu lado, se atendermos aos valores máximos menos elevados verificamos que os meses de Junho e Agosto também apresentam um comportamento muito semelhante.

O mês que deverá receber os valores máximos mais reduzidos será Julho, facto que está associado ao que referimos anteriormente: parecem individualizar-se os meses de Julho e Agosto como o "núcleo" de maior secura.

Os valores máximos mensais em 24 horas esperados para Agosto são muito diferentes dos esperados para Setembro, para compreendermos estes contrastes deveremos recordarmos que o mês de Setembro poderá coincidir com o início da estação chuvosa. Nos outros meses parece que não se verificam contrastes tão acentuados como os que acabamos de descrever.

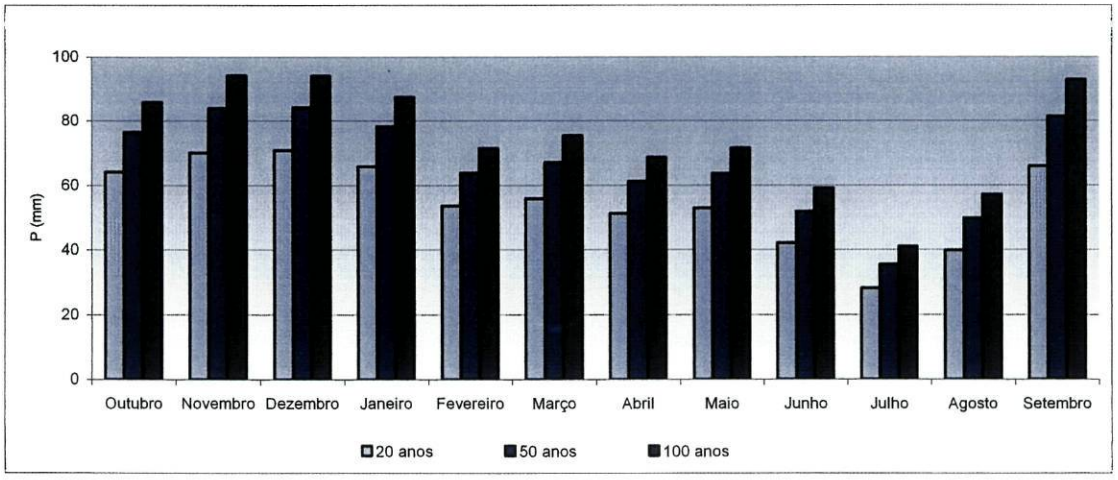


Fig. 26 - Estimativa dos valores máximos de precipitação mensal em 24 horas para um período de retorno de 20, 50 e 100 anos, no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Cada vez é maior o esforço de investigação e análise na tentativa de compreender e prever (melhor) os riscos climáticos, incluindo as precipitações intensas, para depois promover medidas de defesa e mitigação ajustadas ao contexto/área que foi afectada pelo evento climático extremo. "*Análise de Fenómenos Extremos Precipitações Intensas em Portugal Continental*" (de Cláudia Brandão, Rui Rodrigues, Joaquim Pinto da Costa) é um dos estudos elaborados, pela Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, com dois grandes

objectivos, entre eles, caracterizar a precipitação, pois é um importante elemento de apoio para projectistas de obras hidráulicas, para técnicos do planeamento e gestão dos recursos hídricos, para os agentes da Protecção Civil e do público em geral. Desse estudo resultou a elaboração de nova cartografia relativa às precipitações intensas à escala nacional. Entre os vários mapas elaborados, seleccionamos os seguintes, relativos às precipitações associadas a um período de retorno de 100 anos para das durações de 6 e 24 h, que nos permitem integrar o comportamento pluviométrico da Serra do Pilar no contexto nacional (Fig. 27).

Ao analisarmos o mapa relativo às precipitações máximas prováveis em 24 horas, para um período de retorno de 100 anos, verificamos que os valores prováveis que sugerem para a estação do Porto-Serra do Pilar não são muito diferentes dos valores máximos mensais e anuais em 24 horas que calculamos para um período de retorno de 100 anos (segundo a distribuição de Gumbel). Segundo os nossos cálculos, para um período de retorno de 100 anos, o máximo valor anual de precipitação estimado em 24 horas é de 109,3 mm, o estudo da Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos sugere 99 a 124 mm. As estimativas mensais (que nós calculamos) para o mesmo período de retorno não ultrapassam os 95 mm. É de referir o facto do estudo realizado à escala nacional não ter em consideração os dados recolhidos na estação do Porto-Serra do Pilar.

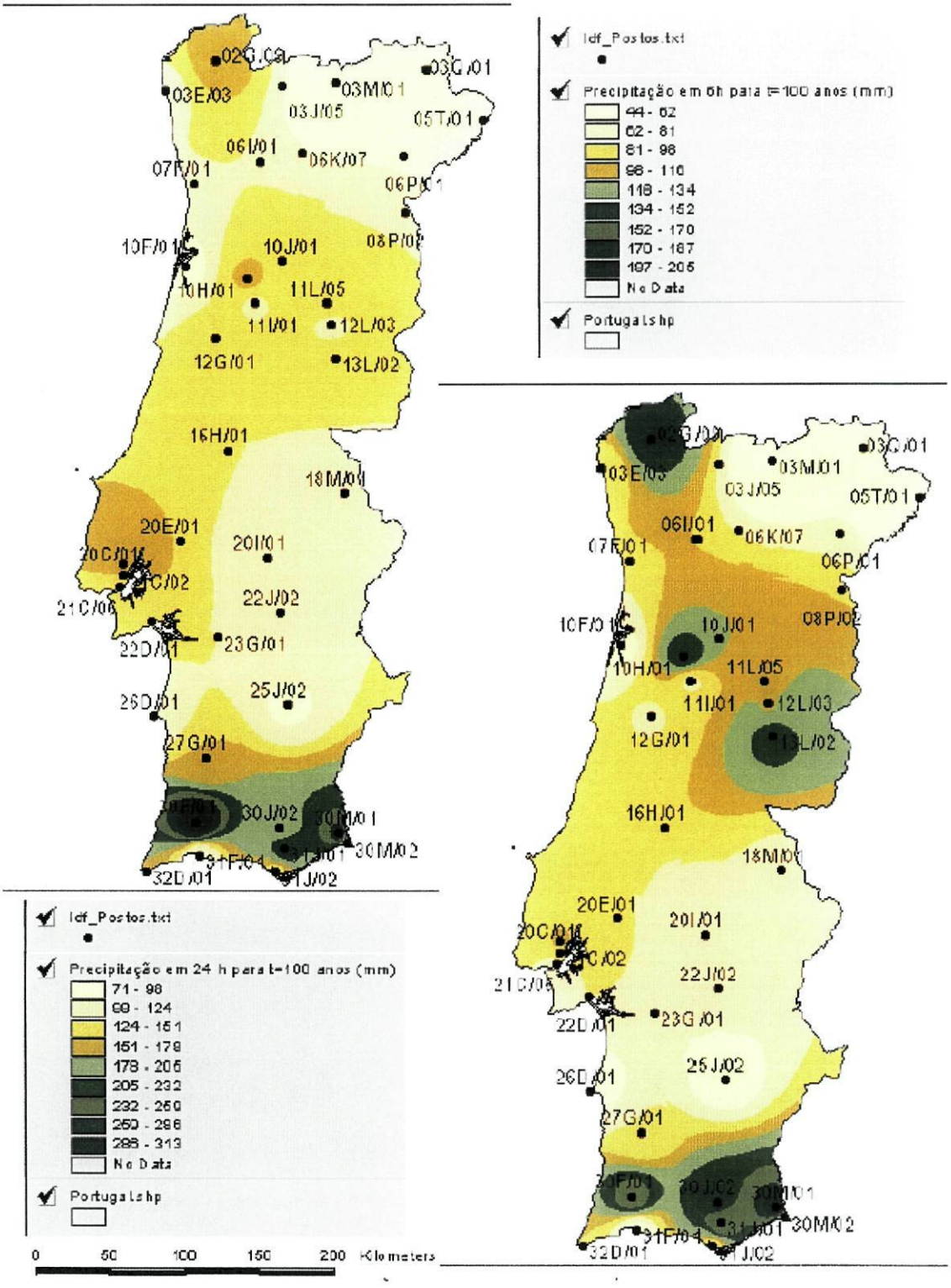


Fig. 27 Isolinhas das precipitações associadas ao período de retorno de 100 anos para das durações de 6 e 24 h, considerando a série udográfica analisada (Adaptado de: Análise de fenómenos extremos precipitações intensas em Portugal Continental, Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos).

1.2.3. Os períodos secos anuais

Os episódios de precipitações intensas não são os únicos eventos climáticos extremos relacionados com o elemento climático precipitação. Estes também abrangem os períodos prolongados de ausência de precipitação.

No sentido de complementar a análise dos eventos climáticos (associados à precipitação) ocorridos no Porto-Serra do Pilar entre 1930/31 e 2002/03, iremos analisar os períodos de ausência de precipitação. Primeiramente analisaremos a distribuição de frequência dos dias sem precipitação (1930/31 – 2002/03) e posteriormente o número máximo de dias sem precipitação registado mensalmente (1930/31-2002/03) assim como os meses que mais frequentemente se afirmaram como os meses mais secos ao longo dos 73 anos analisados.

Uma análise global da distribuição mensal da frequência de dias sem precipitação (Quadro 23) permite-nos rapidamente constatar que em alguns meses verifica-se a predominância de um período seco longo ou de reduzida duração, enquanto que outros meses apresentam um comportamento muito irregular ao longo dos 73 anos analisados. Um desses meses é o Outubro, a frequência de períodos secos com duração de 6 a 10 dias, de 11 a 15 e de 16 a 20 é muito semelhante (aproximadamente 30%). Esta irregularidade mais acentuada está nitidamente presente até Abril.

De Novembro a Fevereiro ocorrem mais frequentemente períodos secos de duração igual ou inferior a 15 dias. No que se refere aos períodos secos de duração muito reduzida (1 a 5 dias), estes concentram-se especialmente em Janeiro e Fevereiro (30% e 25 %, respectivamente), apresentando uma frequência muito reduzida em Março e Abril (5%)

Por seu lado, e com já era de esperar, em Junho, Julho e Agosto são mais frequentes períodos mais longos sem precipitação (21 ou mais dias sem precipitação), salientando-se do grupo o Julho, com uma frequência de 89% de mais de 21 dias sem precipitação. Nestes meses (e mesmo em Maio e Setembro) há uma ausência de períodos secos de duração muito reduzida (1 a 5 dias). Esta elevada frequência dos períodos secos de longa duração vêm mais uma vez corruburar a tendência que referimos anteriormente do "núcleo" de maior secura ocorrer em Julho e Agosto.

Setembro, por sua vez, apresenta uma posição mediana, ou seja, não apresenta frequentemente períodos secos de longa ou curta duração, são mais frequentes períodos

entre 16 a 20 dias sem precipitação (45%). A distribuição de frequência que apresenta está relacionada com o facto de Setembro se apresentar como o período de transicção entre a estação seca e a estação chuvosa.

O período seco mais longo que Setembro registou (entre 1930/31-2002/03) teve uma duração de 29 dias e ocorreu no ano hidrológico 1954/55 (Quadro 24). É de salientar que este máximo não coincidiu com as quatro vezes que Setembro foi considerado o mês mais seco do ano (Quadro 25).

Por seu lado Novembro e Fevereiro nunca foram considerados o mês mais seco. Numa situação totalmente oposta está o Julho, visto ter sido considerado o mês mais seco em quase metade dos anos analisados[110]. É de salientar que em Julho de 1966 e em Agosto de 1998 todos os dias registaram ausência de precipitação. Esta situação de ausência mensal de precipitação não ocorreu em nenhum outro mês (ao longo dos 73 anos analisados). Agosto, tal como Julho, foi considerado muito frequentemente o mês mais seco.

Outubro, Dezembro, Janeiro, Março e Abril foram uma vez apenas considerados o mês mais seco. Em Outubro e Abril não coincidiu o ano em que se registou o período seco mais longo e o momento em que foram considerados o mês mais seco (Outubro foi considerado o mês mais seco em 1970/71, enquanto que o período seco mais longo (24 dias) ocorreu em 1957/58; Abril foi considerado o mês mais seco em 1979/80, enquanto que o período seco mais longo (24 dias) ocorreu em 1937/38). Em Dezembro, Janeiro e Março coincidiram temporalmente ambos os momentos (Quadro 24,Quadro 25)

		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev	Mar.	Abr.	Mai.	Jun	Jul.	Ago.	Set
dias sem precip.	1 a 5	8	21	11	30	25	5	5	0	0	0	0	0
	6 a 10	29	30	34	26	19	30	15	7	0	0	1	7
	11 a 15	27	30	26	26	29	26	26	36	7	3	0	19
	16 a 20	29	14	21	7	15	16	32	33	30	8	18	45
	21 a 25	7	5	5	8	12	18	22	18	44	40	48	23
	mais 25	0	0	3	3	0	4	0	7	19	49	33	5

Quadro 23 - Distribuição de frequência (relativa) dos dias sem precipitação na estação do Porto-Serra do Pilar (série 1930/31-2002/03). A amarelo estão realçadas as classes com mais representatividade para cada um dos meses do ano.

[110] Nos 73 anos (1930/31-2002/03) analisados Julho foi considerado um mês seco em 32 anos.

	Número máximo dias sem precipitação	Momento de ocorrência (ano hidrológico)
Outubro	24	1957/58
Novembro	23	2001/02
Dezembro	28	1931/32
Janeiro	28	1934/35; 1943/44
Fevereiro	25	1992/93
Março	29	1996/97
Abril	24	1937/38
Maio	28	1990/91
Junho	28	1942/43; 1961/62; 1967/68; 1972/73
Julho	31	1965/66
Agosto	31	1997/98
Setembro	29	1954/55

Quadro 24 – Duração máxima mensal dos períodos secos e seu ano de ocorrência na estação do Porto-Serra do Pilar (série 1930/31-2002/03).

	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
1930/31										26		
1931/32			28									
1932/33											30	
1933/34										26		
1934/35										29		
1935/36											29	
1936/37											28	
1937/38											28	
1938/39								25				
1939/40											30	
1940/41											23	
1941/42										29		
1942/43									28			
1943/44				28								
1944/45									26			
1945/46										25		
1946/47									30			
1947/48									27			
1948/49										27	27	
1949/50										23	23	23
1950/51									24	24		
1951/52										25		
1952/53											27	
1953/54										30		
1954/55										30		
1955/56									25			
1956/57										26		
1957/58										26		

	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
1958/59										29		
1959/60										25		
1960/61											27	
1961/62									28			
1962/63											27	
1963/64										29		
1964/65											26	
1965/66										31		
1966/67										29		
1967/68									28			
1968/69										29		
1969/70										24		
1970/71	24											
1971/72										28		
1972/73									28			
1973/74											28	
1974/75											26	
1975/76								27	27			
1976/77										24	24	
1977/78										28		
1978/79										26		
1979/80							23					
1980/81											28	
1981/82											26	
1982/83									24			
1983/84											24	
1984/85												26
1985/86										27		
1986/87								26				
1987/88												26
1988/89										27		
1989/90								25		25	25	
1990/91								28				
1991/92										29		
1992/93										29		
1993/94										27		
1994/95									27			
1995/96									27			
1996/97						29						
1997/98											31	
1998/99										27		
1999/00											27	
2000/01									25			
2002/03										27		
												24

24 Número de dias sem precipitação

Quadro 25 - Distribuição anual dos meses secos e respectiva duração (nº de dias), na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

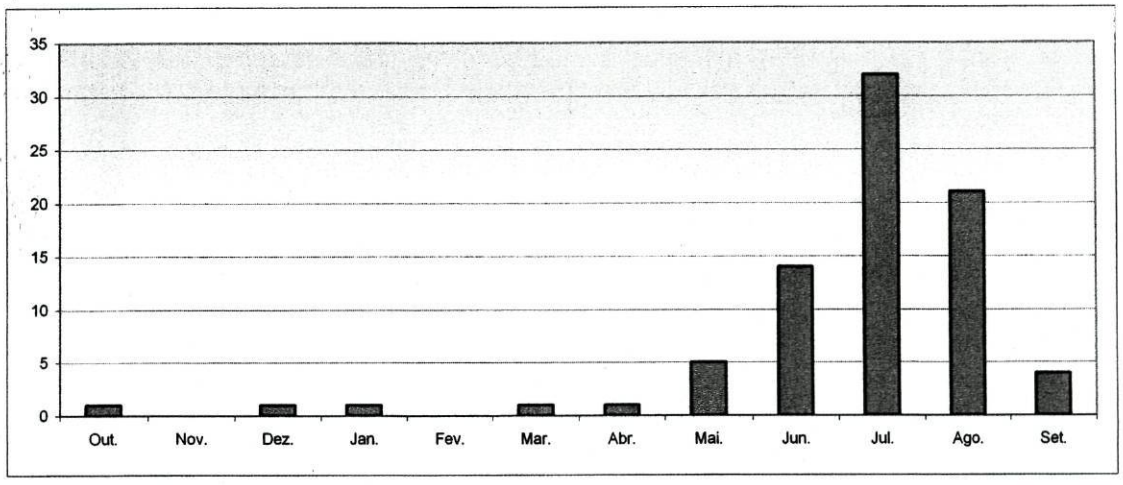


Fig. 28 - Meses mais secos nos anos hidrológicos 1930/31-2002/03 na estação do Porto-Serra do Pilar (frequência absoluta).

Na tentativa de pormenorizarmos um pouco mais a análise dos períodos secos mais longos decidimos fazer uma breve análise da frequência anual (de 1930/31 a 2002/03) dos meses que registaram mais de 15 dias sem precipitação e mais de 25 dias (Fig. 29, Fig. 30).

Constatamos que em todos os anos se verificaram pelo menos 4 meses com mais de 15 dias sem precipitação. A ocorrência de oito meses é muito pouco frequente e quando ocorreu coincidiu, com seria de esperar, com anos secos ou muito secos (Quadro 10). É de referir que não coincidiu com todos os anos secos ou muito secos (apenas ocorreu em 7 anos).

Ao analisarmos a frequência anual dos meses que registaram mais de 25 dias sem precipitação (Fig. 30) verificamos estes não ocorreram em todos os anos (foram anos muito chuvosos, chuvosos ou normais). É de salientar que 1949/50 e 1951/52 apesar de serem anos secos não apresentaram mais de 25 dias sem precipitação. Os anos que registaram em 3 ou mais meses 25 dias sem precipitação foram maioritariamente anos secos, com excepção de 1961/62 que foi normal (Quadro 10).

É também de salientar o facto de ao longo dos 73 anos analisados nos meses de Outubro, Novembro, Fevereiro e Abril nunca ter ocorrido mais de 25 dias sem precipitação.

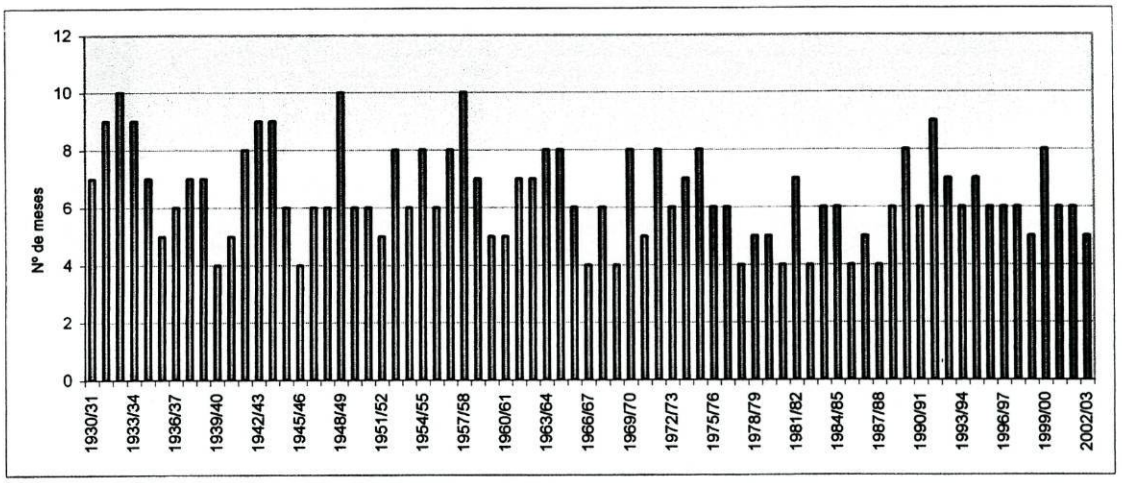


Fig. 29- Frequência anual dos meses com mais de 15 dias sem precipitação, na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

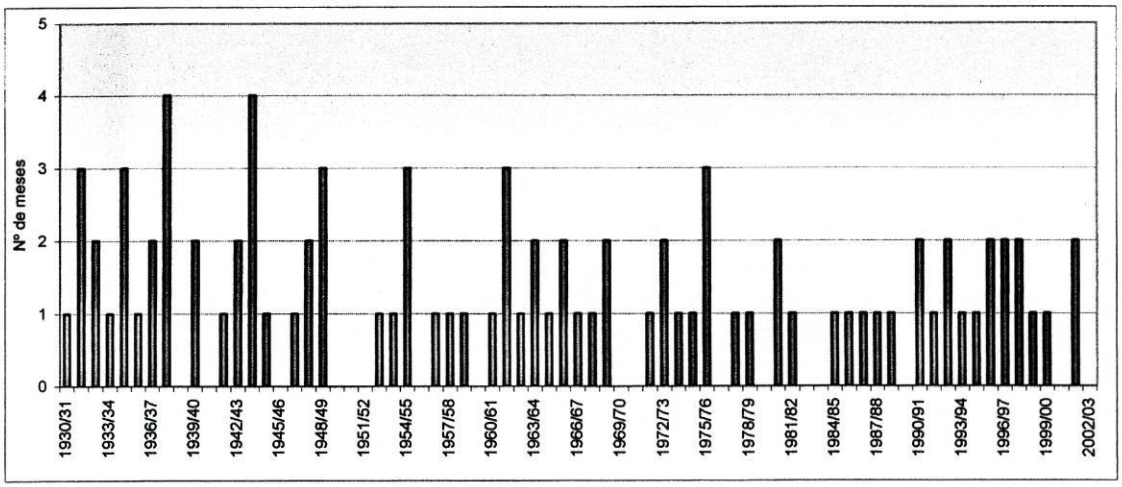


Fig. 30 - Frequência anual dos meses com mais de 25 dias sem precipitação, na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

2. REGIME PLUVIOMÉTRICO DE SOBRADO E DA ESTAÇÃO DO PORTO-SERRA DO PILAR NO ANO HIDROLÓGICO 2003/04

Decidimos realizar um estudo comparativo referente ao comportamento pluviométrico de Sobrado e da estação do Porto-Serra do Pilar, visto ainda não existir um conhecimento aprofundado sobre os comportamentos pluviométricos em lugares pouco distantes. Sobrado dista, aproximadamente, 16 km (em linha recta) da estação do Porto-Serra do Pilar[111] e integra-se nas áreas que recebem entre 1200 a 1600 mm (Fig. 14) de precipitação anual enquanto que a estação do Porto-Serra do Pilar, tal como referimos no capítulo anterior, está integrada nas áreas que recebem entre 1000 e 1200 mm.

O estudo comparativo será referente ao ano hidrológico 2003/04, visto posssuirmos para Sobrado apenas os dados pluviométricos do referido ano hidrológico. Esta situação deve-se ao facto de em Sobrado não existir nenhuma estação meteorológica e/ou hidrométrica oficial.

A ausência de uma estação, na área de estudo, dificultou a disponibilidade de dados pluviométricos, pelo que, face à ausência de uma base de dados histórica, tenhamos decidido começar a monitorizar os dados de forma a podermos analisar as características pluviométricas do ano 2003/04. O registo foi realizado em cinco pontos diferentes da área em estudo, por cinco observadores (Fig. 31) tendo ficado estipulado que a medição diária seria às vinte e uma horas e trinta minutos. Assim, os dados pluviométricos diários de Sobrado correspondem a um período das 21.30 às 21.30 horas. Os dados do Porto-Serra do Pilar correspondem a um período das 21 às 21 horas, pelo que existe, assim, uma muito pequena décalage temporal (30 minutos).

Após a recolha dos dados impunha-se seleccionar o "posto udométrico" mais representativo de Sobrado, de forma a ser exequível, num curto espaço de tempo, analisar o comportamento pluviométrico do ano hidrológico 2003/04 e, posteriormente, compará-lo com o da estação do Porto-Serra do Pilar, nesse mesmo período. Assim, perante os elevados valores de correlação (Quadro 26,Quadro 27) consideramos mais adequado obter uma série de valores resultante da média dos cinco postos udométricos. No sentido de

[111] Consultar Fig. Anexa 1.

acompanhar as medições que estavam a ocorrer em Sobrado, decidimos iniciar a monitorização, em simultâneo, em Valongo, em dois pontos de medição. Num dos pontos a medição era manual, no outro era feita por uma estação automática[112].

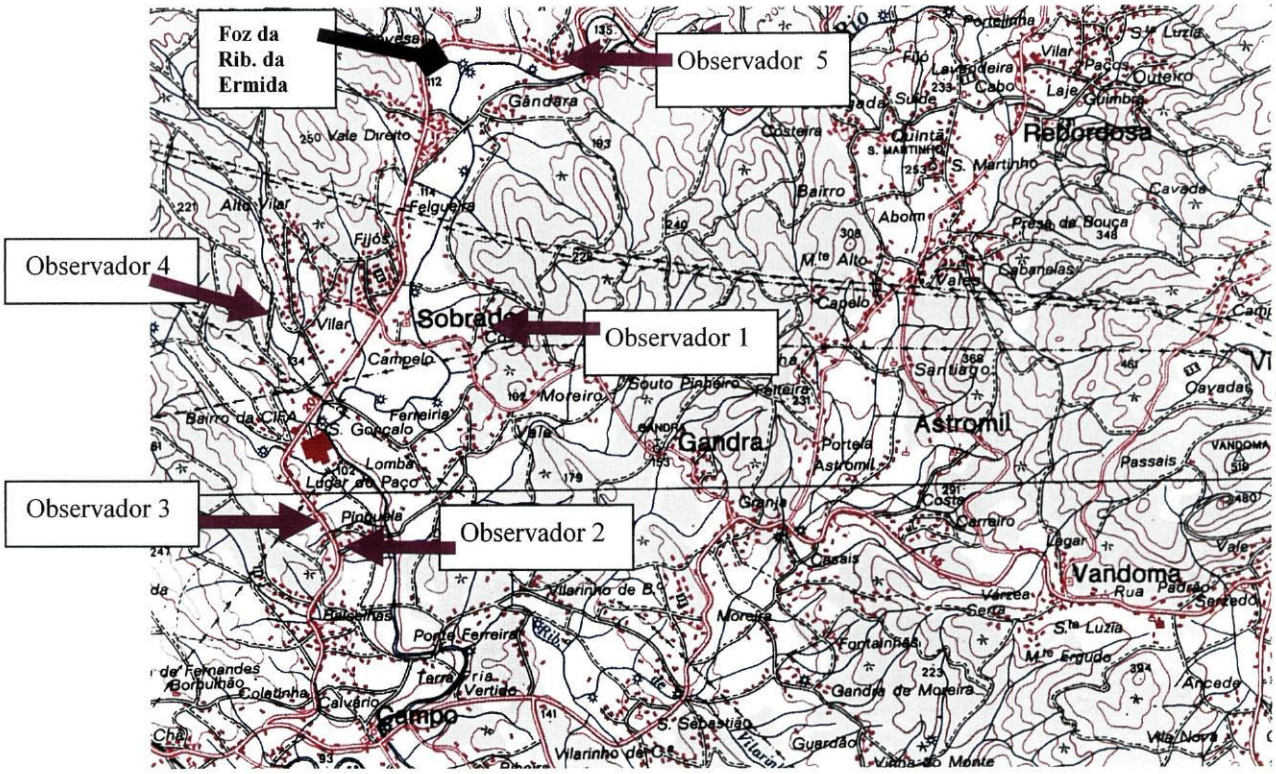


Fig. 31 - Localização dos postos de registo da precipitação, em Sobrado. (excerto carta 1/50 000)

	Observ. Valongo[113]	**Observ. 1**	**Observ. 2**	**Observ. 3**	**Observ. 4**	**Observ. 5**	**Porto -S. Pilar**[114]
Observ. Valongo	*1*						
Observ. 1	*0,96*	1					
Observ. 2	*0,95*	0,94	1				
Observ. 3	*0,91*	0,91	0,93	1			
Observ. 4	*0,97*	0,97	0,95	0,91	1		
Observ. 5	*0,92*	0,94	0,92	0,88	0,93	1	
Porto S. Pilar	*0,91*	0,91	0,89	0,85	0,91	0,84	1

Quadro 26 - Correlações entre os valores de precipitação dos cinco observadores e da estação do Porto-Serra do Pilar (2003/04).

[112] A estação automática teve vários problemas, facto que nos levou a abandonar o referido ponto.

[113] Para acompanhar as medições realizadas pelos cinco observadores em Sobrado decidimos iniciar, simultaneamente, a medição em Valongo, embora os dados relativos a Valongo não sejam objecto do nosso estudo.

[114] Localização dos postos de registo Porto-Serra do Pilar e Valongo na Fig. Anexa 1.

	Observ. Valongo	**Observ. 1**	**Observ. 2**	**Observ. 3**	**Observ. 4**	**Observ. 5**	**Porto-S. Pilar**
Observ. Valongo	*1*						
Observ. 1	*0,97*	1,00					
Observ. 2	*0,96*	0,94	1,00				
Observ. 3	*0,91*	0,90	0,92	1,00			
Observ. 4	*0,98*	0,97	0,96	0,91	1,00		
Observ. 5	*0,93*	0,94	0,92	0,87	0,93	1,00	
Porto-S. Pilar	*0,92*	0,92	0,88	0,84	0,92	0,86	1,00

Quadro 27 - Correlações entre os valores de precipitação dos cinco observadores e da estação do Porto-Serra do Pilar no semestre chuvoso (2003/04).

2.1. O regime pluviométrico em 2003/04: estação do Porto-Serra do Pilar versus Sobrado

O facto da estação do Porto-Serra do Pilar e Sobrado estarem espacialmente próximas poderá levar-nos a afirmar, à priori, que estamos perante duas áreas extremamente semelhantes do ponto de vista pluviométrico. Mas a proximidade espacial será condição determinante para que não se registem algumas particularidades/especificidades pluviométricas?

Numa visão global do ano hidrológico 2003/04 (e mesmo desde Julho de 2003[115]) verificamos que as tendências pluviométricas, quer de aumento, quer de decréscimo se repetem em Sobrado e na estação do Porto-Serra do Pilar, não se identificando comportamentos antagónicos (Fig. 32).

Se não privilegiarmos apenas a observação do todo (o ano 2003/04) e passarmos a considerar as diferentes partes que o constituem verificamos que na aparente homogeneidade se encontram vários resultados diversos. Um dos pontos discordantes está relacionado com os quantitativos pluviométricos atingidos em 2003/04.

No ano de 2003/04 o total anual de precipitação (Quadro 28) foi mais elevado em Sobrado do que na estação do Porto-Serra do Pilar. Se compararmos o ano 2003/04 com a série 1930/31-2002/03, na estação do Porto-Serra do Pilar, verificamos que a precipitação total em 2003/04 foi inferior à média da série (1101,7 mm versus 1229,9 mm), mas superior ao valor mínimo registado desde 1930/31.

[115] O nosso estudo é relativo ao ano hidrológico 2003/04, daí que a análise anual e semestral seja relativa a esse período. O facto de possuirmos dados desde Julho de 2003 levou-nos a optar por não desperdiçar esses dados e a considerá-los em determinados momentos (por exemplo, aquando a análise mensal).

A maior quantidade de precipitação em Sobrado do que no Porto-Serra do Pilar não se verificou apenas no total anual de precipitação, ocorreu também com os máximos mensais de precipitação. Em Sobrado observou-se aproximadamente o dobro (431,9 mm versus 255,7 mm). Mas, quer em Sobrado quer na estação do Porto-Serra do Pilar o máximo mensal ocorreu em Novembro de 2003. Por outro lado, o valor mensal mínimo foi mais elevado na Serra do Pilar do que em Sobrado, embora o momento de ocorrência também tenha coincidido (Julho de 2004).

Em Sobrado verifica-se uma maior irregularidade pluviométrica, tal como demonstra o coeficiente de variação, embora não se verifique uma grande discrepância face ao registado na estação do Porto-Serra do Pilar. Os dados pluviométricos semestrais e mensais ajudar-nos-ão a compreender a forte irregularidade pluviométrica que se faz sentir em ambos os lugares.

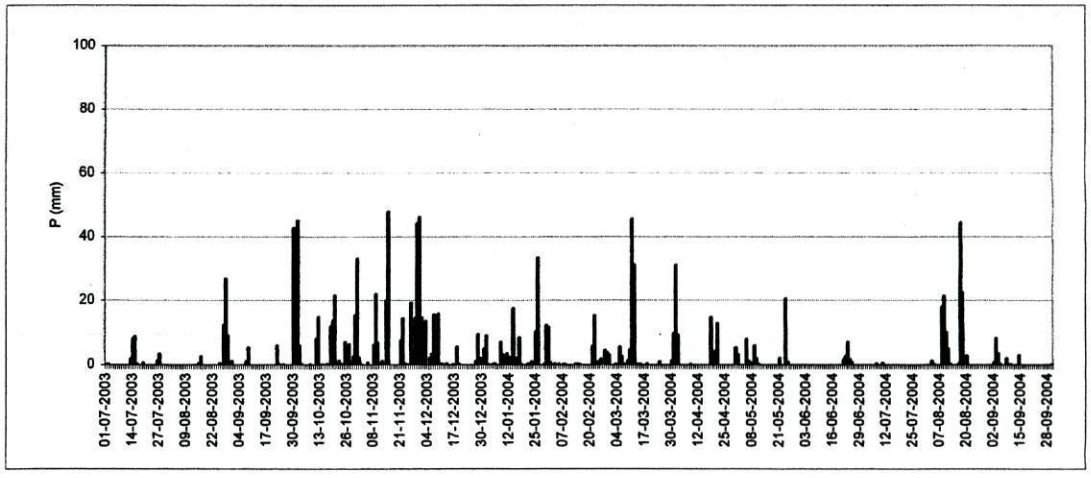


Fig. 32 - Variação diária da precipitação na estação do Porto-Serra do Pilar, entre Julho de 2003 e Setembro de 2004.

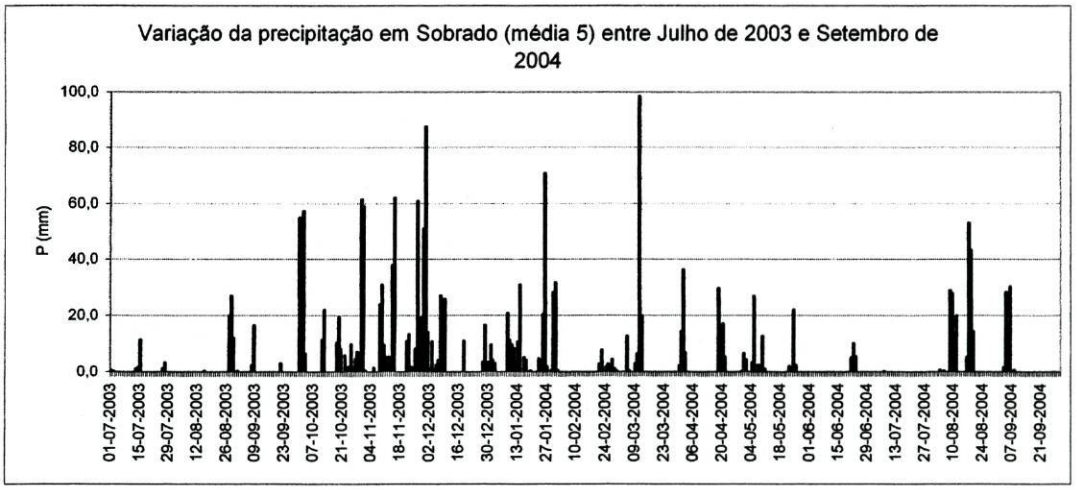


Fig. 32 - Variação diária da precipitação em Sobrado, entre Julho de 2003 e Setembro de 2004.

	Total	Mediana	Valor Máximo Mensal	Valor Mínimo Mensal	Desv. Padrão	Coef. Variação (%)
Sobrado	1847,3	122	431,9	0,1	135,4	87,9
Serra do Pilar	1101,7	85,1	255,7	0,8	78,3	85,3

Quadro 28 - Parâmetros característicos da série anual de precipitação no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

Como seria de esperar, o semestre Outubro-Março foi o que mais influenciou os valores anuais de precipitação em 2003/04, quer na estação do Porto-Serra do Pilar (74,4% face ao total anual) quer em Sobrado (73,4% face ao total anual). O peso do semestre Abril-Setembro ainda é considerável (superior a 25% face ao total anual), ao contrário do que ocorre noutros pontos do país.

No semestre chuvoso o número de dias com precipitação igual ou superior a 10 mm (Quadro 29) foi mais elevado em Sobrado do que na estação do Porto-Serra do Pilar (36 versus 28 dias) e verificou-se a mesma tendência com a precipitação total do semestre (Quadro 30, Quadro 31). Os dados pluviométricos obtidos permitem-nos ainda constatar que essa superioridade não ocorre apenas no semestre chuvoso e que em Sobrado a percentagem de dias com precipitação igual ou superior a 10 mm face ao total de dias com precipitação é sensivelmente o dobro da verificada na estação do Porto-Serra do Pilar (Quadro 30, Quadro 31), ao longo de todo o ano hidrológico de 2003/04 (41,3%, 45,9% versus 24,1%, 19,6%).

Mas, a tendência inverte-se se nos debruçarmos sobre os dias com precipitação, estes são mais frequentes na estação do Porto-Serra do Pilar ao longo de todo a ano (Fig. 33,Quadro 32,Quadro 33[116]), embora se verifique uma maior superioridade no semestre Outubro-Março (Quadro 30).

Em 2003/04, no Porto-Serra do Pilar registaram-se 162 dias com precipitação e 207 dias sem precipitação[117] enquanto que na série estudada (1930/31 – 2002/03) registaram-se em média 175 dias com precipitação e 189 dias sem precipitação. A maioria dos meses, em 2003/04, registou um número de dias com precipitação inferior à série (Quadro 34, Quadro 35), com excepção do mês de Outubro, Janeiro e Agosto. No que diz respeito aos dias sem precipitação, os contrastes significativos circunscreveram-se ao período que medeia entre Abril e Julho (de 2004). Estes contrastes de 2003/04 face à série não são apenas em relação à frequência das precipitações, estes também são significativos ao nível

[116] Quer aFig. 33, quer o Quadro 32 e Quadro 33 não se referem apenas ao ano hidrológico 2003/04, contém dados desde Julho de 2003.
[117] Contagem desde Outubro de 2003 a Setembro de 2004.

dos quantitativos registados. Quase todos os meses, com excepção de Outubro, Novembro e Agosto, registaram totais mensais inferiores aos da série 1930/31-2002/03 (Quadro 34, Quadro 35). Se considerarmos quantitativos pluviométricos iguais ou superiores a 10 mm verificamos que apenas em Outubro de 2003 e Agosto de 2004 é que o número de dias é superior à média da série. É de salientar duas situações, o Fevereiro de 2004 apresentou quantitativos pluviométricos bastante mais reduzidos que a média da série, por oposição Agosto de 2004 apresentou um quantitativo bastante superior. A excepcionalidade do mês de Agosto de 2004 é mais uma vez confirmada quando analisamos as precipitações máximas ocorridas, no referido mês, desde 1930/31 (Quadro 16), o valor ocorrido (127,9 mm) apenas foi excedido em 1999 (131,5 mm).

Estas características não suscitam admiração pois 2003/04 foi um ano seco. No referido ano, em ambos os locais a frequência mensal de dias sem precipitação foi superior à frequência mensal de dias com precipitação (na maioria dos meses), parece haver uma tendência para Sobrado ter uma maior ausência de precipitação (Fig. 34). [118]

	Precipitação 2003/04 (mm)					
	valores anuais			***valores de Outubro-Março***		
	Prec. total	N° dias p>0,1	N° dias p>10	Prec. total	N° dias p>0,1	N° dias p>10
Sobrado	1847,3	124	53	1356,6	87	36
Serra do Pilar	1101,7	162	37	819,5	116	28

Quadro 29 - Parâmetros caracterizadores da série anual e do período chuvoso na Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

	Precipitação (mm)		**Frequência**					
	Total	% anual	n° d p =0	%	n° d p>0,1	%	n° d p>= 10	% d p
Serra do Pilar								
Outubro-Março	819,5	74,4	67	36,6	116	63,4	28	24,1
Abril- Setembro	282,2	25,6	137	74,9	46	25,1	9	19,6

n° d p=0 = número de dias sem precipitação

n° dp>0,1 = número de dias precipitação superior a 0,1 mm

n° d p>= 10 = número de dias precipitação superior a 10 mm

Quadro 30 - Parâmetros caracterizadores das séries semestrais no Porto-Serra do Pilar (2003/04).

[118] Esta tendência pluviométrica do ano hidrológico 2003/04 é também nítida quando enquadramos o ano 2003/04 na classificação segundo o método dos quintis elaborado para a série 1930/31-2002/03 (Quadro 10). Não há qualquer dúvida que o ano 2003/04 é um ano seco.

	Precipitação (mm)		Frequência					
	Total	% anual	nº d p=0	%	nº dp>0,1	%	nº d p>= 10	% dp
Sobrado								
Outubro-Março	1356,6	73,4	96	52,4	87	47,5	36	41,3
Abril- Setembro	490,7	26,6	146	79,8	37	20,2	17	45,9

%dp

% - % do total de dias com e sem precip.(por semestre)

Quadro 31 - Parâmetros caracterizadores das séries semestrais em Sobrado (2003/04).

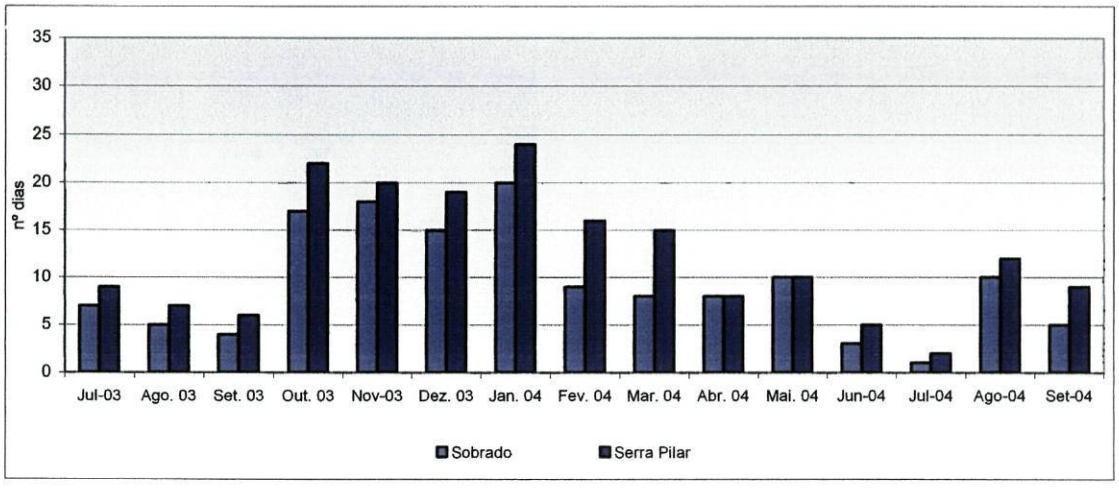


Fig. 33- Frequência mensal dos dias com precipitação no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

	Jul. 03	Ago. 03	Set. 03	Out. 03	Nov. 03	Dez. 03	Jan. 04	Fev. 04	Mar. 04	Abr. 04	Mai. 04	Jun. 04	Jul. 04	Ago. 04	Set. 04
P (mm) total	24,6	52,6	55,1	203,8	255,7	91,2	127,8	37,7	103,3	78,9	43,7	13,2	0,8	127,9	17,7
nº dias prec. ≥0,1	9	7	6	22	20	19	24	16	15	8	10	5	2	12	9
mín. mensal (24h)	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,3	0,1	0,1
máx. mensal (24h)	8,8	26,8	42,5	44,9	47,7	15,8	33,4	15,3	45,4	31,1	20,6	7,0	0,5	44,3	8,2

Quadro 32 - Valores mensais da quantidade e frequência (em número de dias) da precipitação no Porto-Serra do Pilar (2003/04).

	Jul. 03	Ago. 03	Set. 03	Out. 03	Nov. 03	Dez. 03	Jan. 04	Fev. 04	Mar. 04	Abr. 04	Mai. 04	Jun. 04	Jul. 04	Ago. 04	Set. 04
P (mm) total	19,0	59,4	76,5	339,8	431,9	134,1	271,8	22,1	156,8	109,8	77,3	20,5	0,1	206,6	76,4
nº dias prec. ≥ 0,1	7	5	4	17	18	15	20	9	8	8	10	3	1	10	5
mín. mensal (24h)	0,2	0,2	2,3	1,2	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,1	0,9	4,9	0,1	0,4	0,5
máx. mensal (24h)	11,4	26,9	54,9	61,5	87,6	26,9	70,7	7,7	98,4	36,2	26,6	10,1	0,1	53,1	30,2

Quadro 33 - Valores mensais e frequência (em número de dias) da precipitação em Sobrado (2003/04) .

	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
P (mm) média	125,6	154,5	174,7	168,3	131,2	126,1	101,9	90,9	44,1	19,7	26,8	67,3
Prec. = 0 mm	13	10	12	9	11	14	15	17	22	24	24	18
Prec. >=10 mm	5	11	6	6	5	5	3	3	1	0	1	2
Prec. >=0,1<10 mm	13	14	13	13	12	12	11	11	7	6	6	9
Prec. >=0,1 mm	18	25	19	19	17	17	14	14	8	6	7	11

Quadro 34 - Número médio de dias com precipitação na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

	Out. 03	Nov-03	Dez. 03	Jan. 04	Fev. 04	Mar. 04	Abr. 04	Mai. 04	Jun-04	Jul-04	Ago-04	Set-04
P (mm) total	203,8	255,7	91,2	127,8	37,7	103,3	78,9	43,7	13,2	0,8	127,9	17,7
Prec. =0 mm	9	10	12	7	13	16	22	21	28	29	19	21
Prec. >=10 mm	8	8	4	5	1	2	3	1	0	0	5	0
Prec. >=0,1<10 mm	14	12	15	19	15	13	5	9	2	2	7	9
Prec. >0,1 mm	22	20	19	24	16	15	8	10	5	2	12	9

Quadro 35 - Número de dias com precipitação na estação do Porto-Serra do Pilar (2003/04).

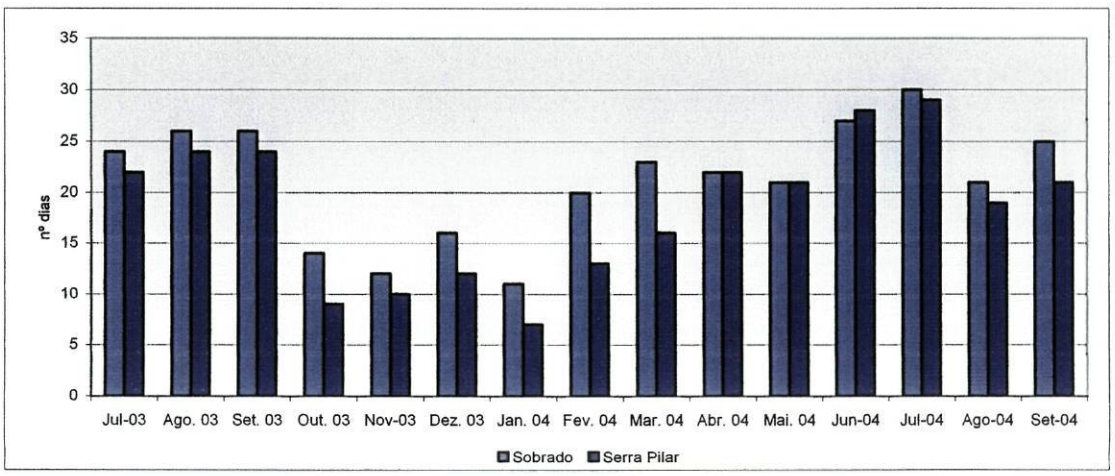


Fig. 34 - Frequência mensal dos dias sem precipitação no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

Constatamos, assim, que a precipitação, ao longo do ano hidrológico 2003/04, foi mais frequente na estação do Porto-Serra do Pilar, mas atingiu quantitativos mais elevados em Sobrado. Esta tendência que os dados semestrais deixam transparecer pode ser confirmada e pormenorizada através da análise pluviométrica mensal.[119]

As precipitações registadas desde Julho de 2003 a Setembro de 2004 sofreram oscilações significativas (Quadro 32 e Quadro 33). Apesar da irregularidade é clara a tendência do total mensal e da máxima mensal, estes atinguiram (quase sempre) valores mais elevadas em Sobrado do que na estação do Porto-Serra do Pilar. Por outro lado, os mínimos mensais mais reduzidos ocorrem na estação do Porto-Serra do Pilar.

Julho (de 2004) foi o mês que registou a menor quantidade e a menor frequência de dias com precipitação em Sobrado e no Porto-Serra do Pilar. Estes dados vêm corroborar a tendência que Ana Monteiro descreveu na sua tese de doutoramento. A investigadora referiu que o mês mais seco nas estações próximas da costa é Julho. Referiu ainda que nas estações mais afastadas da influência marítima a maior secura só acontece em Agosto.

No sentido de detalhar a irregularidade intra e inter-mensal entre Julho de 2003 e Setembro de 2004[120] realizamos uma análise cruzada da quantidade de precipitação e respectiva frequência, a qual está sistematizada no Quadro 36 e Quadro 37.

Rapidamente constatamos que na estação do Porto-Serra do Pilar a maior frequência de episódios pluviométricos está associada a eventos pouco intensos (tal como os dados semestrais já deixavam transparecer). Há um claro domínio da classe dos 0,1 aos 5 mm. De Julho de 2003 a Setembro de 2004 não ocorreram dias com precipitação superior a 50,1 mm (facto que não ocorreu em Sobrado) e as precipitações superiores a 30 mm só ocorreram em 11 dias (Quadro 36).

Por seu lado, em Sobrado assistimos a episódios pluviométricos menos frequentes mas mais intensos. Se considerarmos o número de dias com precipitação inferior a 10 mm (Quadro 38) verificamos que são menos numerosos do que na estação do Porto-Serra do Pilar, tendo ocorrido um total de 81 dias. Em Sobrado as precipitações entre 20,1 e 30 mm são frequentes, e as superiores a 30 mm também apresentam uma frequência considerável, atingindo um total de 19 dias (Quadro 38). É ainda de salientar que se registaram dias com precipitações superiores a 60 mm (Quadro 37).

De Outubro a Março (Quadro 36, Quadro 37) registou-se uma maior irregularidade pluviométrica em Sobrado do que na estação do Porto-Serra do Pilar. De Abril a Setembro (de 2004) esbateu-se o contraste entre a Serra do Pilar e Sobrado. Em Sobrado, Outubro,

[119] Embora o nosso estudo abranja apenas o ano hidrológico 2003/04, decidimos que seria um erro desperdiçar os dados recolhidos desde Julho de 2003, já que estes dados ajudam, em nossa opinião, a enriquecer a análise mensal.

[120] Na análise mensal apenas tivemos em consideração os totais diários porque não nos foi possível monitorizar, para Sobrado, dados referentes à precipitação ocorrida em uma hora e em dez minutos. Assim, a ausência de dados impossibilitou a análise comparativa entre Sobrado e a estação do Porto-Serra do Pilar.

Novembro e Janeiro foram os meses cujos quantitativos pluviométricos apresentaram maior irregularidade. Na estação do Porto-Serra do Pilar os mais irregulares (embora menos do que em Sobrado) também foram os meses de Outubro e Novembro.

É de salientar o comportamento do mês de Janeiro de 2004, que foi muito mais irregular em Sobrado do que na estação do Porto-Serra do Pilar. O mesmo ocorreu em Março e Setembro de 2004.

Se compararmos o comportamento de Julho, Agosto e Setembro de 2003 com o de 2004 (Quadro 36, Quadro 37) em Sobrado, verificamos que o mês de Julho foi menos chuvoso, que o mês de Agosto foi mais irregular e mais chuvosos, que em Setembro ocorreram oscilações pouco significativas.

Se estabelecermos a mesma comparação na estação do Porto-Serra do Pilar também verificamos que Julho foi menos chuvoso e que Agosto também foi mais irregular e mais chuvoso; a única excepção é Setembro, que foi mais chuvoso mas menos irregular.

P(mm)	Jul.03	Ago.03	Set.03	Out.03	Nov.03	Dez.03	Jan.04	Fev.04	Mar.04	Abr.04	Mai.04	Jun.04	Jul.04	Ago.04	Set.04
0,1-5	7	4	3	10	9	13	16	14	11	3	7	4	2	7	8
5,1-10	2	1	1	4	3	2	3	1	2	2	2	1		0	1
10,1-20		1	1	5	4	4	4	1	0	2	0			2	
20,1-30		1	0	1	1		0		0	0	1			2	
30,1-40			0	1	0		1		1	1				0	
40,1-50			1	1	3				1					1	
50,1-60															
>60															

Quadro 36 - Distribuição de frequência (absoluta) dos totais mensais de precipitação na estação do Porto-Serra do Pilar. (2003/04). A azul estão realçadas as classes com a representatividade mais elevada para cada um dos meses do ano.

P(mm)	Jul.03	Ago.03	Set.03	Out.03	Nov.03	Dez.03	Jan.04	Fev.04	Mar.04	Abr.04	Mai.04	Jun.04	Jul.04	Ago.04	Set.04
0,1-5	6	2	2	3	5	8	9	8	3	1	7	1	1	3	2
5,1-10	1	0	0	6	3	1	3	1	1	4	0	1		0	0
10,1-20		2	2	3	3	4	2		3	1	1	1		3	1
20,1-30		1	0	1	1	2	3		0	1	2			2	1
30,1-40			0	0	2		2		1	1				0	1
40,1-50			1	1	0		0							1	
50,1-60				2	1		0							1	
>60				1	3		1								

Quadro 37 - Distribuição de frequência (absoluta) dos totais mensais de precipitação em Sobrado (média 5 observadores) no ano 2003/04. A azul estão realçadas as classes com representatividade mais elevada para cada um dos meses do ano.

Para tentar quantificar a intensidade da precipitação, tal como tinha realizado Ana Monteiro na sua tese de doutoramento, pareceu-nos adequado experimentar como critério o limite dos 20 mm/dia[121].

No Porto-Serra do Pilar registaram-se 17 dias com precipitação superior a 20 mm, enquanto que em Sobrado registaram-se 33, ao longo de 2003/04 (Quadro 38). Em Sobrado ocorreram em quase todos os meses (Fig. 25), facto que não ocorreu no Porto-Serra do Pilar (Julho e Dezembro de 2003; Fevereiro, Junho, Julho e Setembro de 2004 não se verificaram precipitações superiores a 20 mm) e quando se verificaram (no Porto-Serra do Pilar) foram em número mais reduzido do que em Sobrado, exceptuando Março de 2004. Estes valores vêm comprovar o que referimos anteriormente, em Sobrado ocorrem precipitações mais intensas do que no Porto-Serra do Pilar.

Se considerarmos os dias com precipitação superior a 30 mm (Quadro 38, Quadro 39) verificamos que continua a prevalecer a superioridade de Sobrado em relação ao Porto-Serra do Pilar.

	P (mm) total	Nº dias sem pluv.	Nº dias com pluv.	Nº dias prec. >30 mm	Nº dias prec. >20 mm	Nº dias prec. <10 mm
Sobrado	2002	318	140	19	33	81
Serra do Pilar	1234	274	184	11	17	144

Quadro 38 - Características pluviométricas do Porto-Serra do Pilar e de Sobrado (Julho de 2003 a Setembro de 2004).

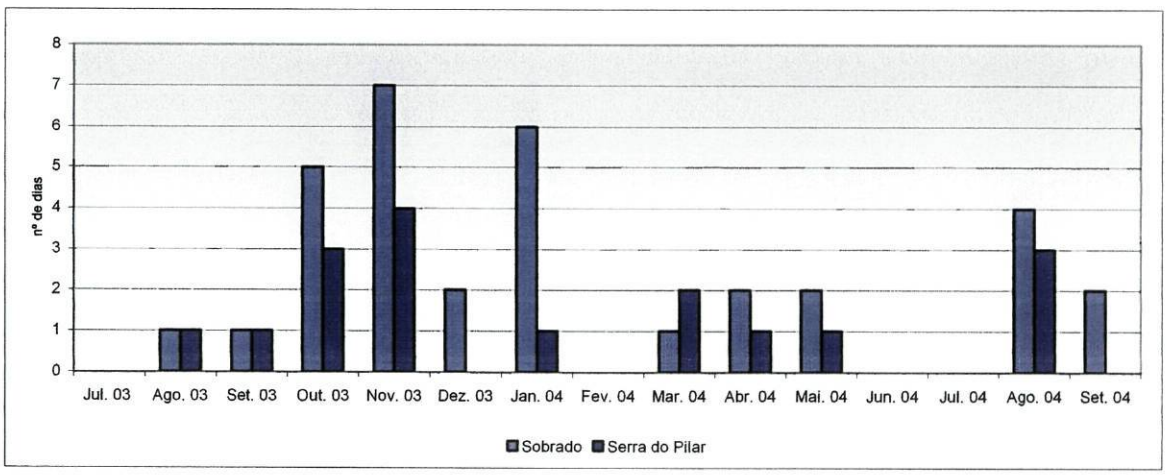


Fig. 35- Frequência mensal dos dias com precipitação superior a 20 mm no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

[121] Neste capítulo a contagem do número de dias com precipitação superior a 20 mm baseou-se nos seguintes dados: Sobrado (contagem das 21.30-21.30h) e estação do Porto-Serra do Pilar (contagem das 21-21h).

	Jul. 03	Ago. 03	Set. 03	Out. 03	Nov. 03	Dez. 03	Jan. 04	Fev. 04	Mar. 04	Abr. 04	Mai. 04	Jun. 04	Jul. 04	Ago. 04	Set. 04
Sobrado	0	0	1	4	6	0	3	0	1	1	0	0	0	2	1
Serra do Pilar	0	0	1	2	3	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0

Quadro 39 - Número de dias com precipitação superior a 30 mm no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

Ao longo do período de tempo monitorizado constatamos que apesar das diferenças quantitativas e de frequência, em ambas as áreas a precipitação mensal tende a ter o mesmo ritmo (Fig. 36). Os valores mensais, que acabamos de analisar, confirmam a tendência que os valores semestrais já espelhavam: em Sobrado a precipitação é superior à que ocorre na estação do Porto-Serra do Pilar (exceptuando Julho de 2003 e Fevereiro de 2004), mais irregular, menos frequente.

Estes contrastes pluviométricos quantitativos entre Sobrado e a estação do Porto-Serra do Pilar, deverão ser influenciados por três factores geográficos principais: o afastamento em relação ao mar, especialmente durante o Verão, a morfologia e a altitude, especialmente durante o Inverno. Assim, no Verão, Sobrado regista um menor número de dias com precipitação do que a estação do Porto-Serra do Pilar porque é menos influenciado pelo ar húmido vindo do oceano Atlântico. No Inverno, as cadeias montanhosas que rodeiam e antecedem (em relação aos fluxos de oeste) Sobrado facilitam a ascensão do ar originando, assim, precipitações mais intensas. Assim, a morfologia e a altitude parecem ser os factores geográficos que melhor explicam os quantitativos pluviométricos desta área do interior próximo do Porto-Serra do Pilar.

Segundo Péguy "... l'altitude [...]constitue un facteur géographique puissant."[...] "Quant aux effects propes de l'altitude, ils sont deux: d'une part l'altitude diminue la pression atmosphérique, d'autre part elle abaisse la température".[122]

Ao contraste quantitativo opõe-se a homogeneidade do ritmo da precipitação. O carácter marcadamente regional e espacialmente abrangente das condições gerais da atmosfera nesta região, parece ser a causa principal da homogeneidade do ritmo da precipitação em Sobrado e na estação do Porto-Serra do Pilar.

A exiguidade temporal dos dados pluviométricos constituiu um obstáculo à caracterização da dinâmica pluviométrica de Sobrado. A descontinuidade, a forte irregularidade/variabilidade, a impossibilidade de antecipação são características intrínsecas do elemento climático precipitação que também constituíram um importante condicionante/obstáculo.

[122] PÉGUY, Ch. P., *Précis de Climatologie*, Masson e Companhia, Paris, 1970, p. 101, 102.

As características pluviométricas do hidrológico 2003/04 não deve abranger situações raras, mas com interesse científico. Posteriormente a análise poderá ser aprofundada através da recolha de novos dados.

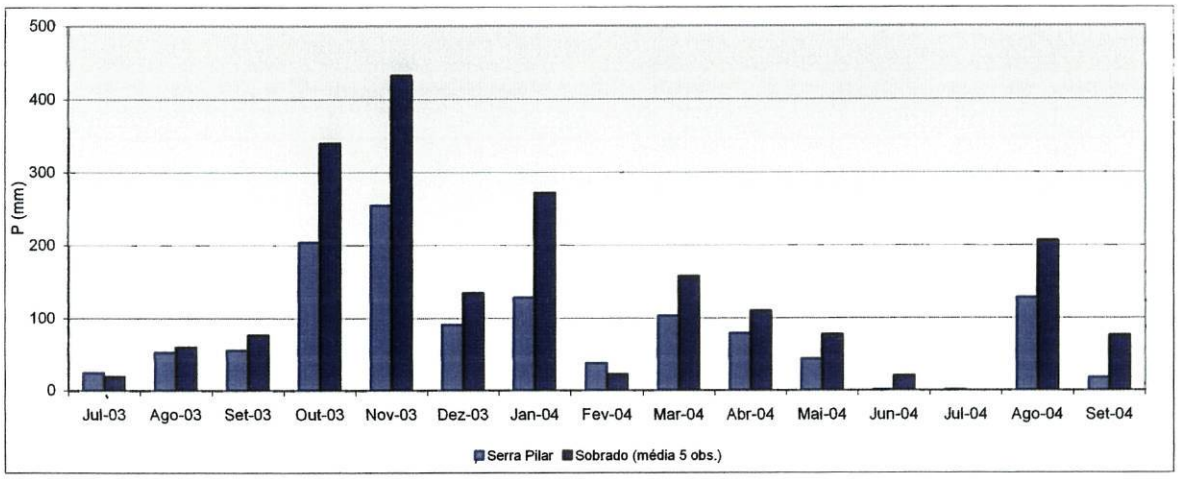


Fig. 36 - Variação dos totais de precipitação mensal de Julho de 2003 a Setembro de 2004.

2.2. As características pluviométricas em ano muito pluvioso (2000/01) e em ano seco (2003/04) no Porto-Serra do Pilar

As características pluviométricas de um ano seco, como o de 2003/04, que acabamos de descrever no capítulo anterior, ganham maior significado quando as comparamos com um ano que apresente características opostas, como por exemplo o ano de 2000/01. Num curto espaço de tempo sucederam-se períodos com características pluviométricas muito contrastantes.

O ano 2000/01 registou um comportamento pluviométrico excepcional. Ana Monteiro realizou um estudo sobre o referido período, analisando os dados pluviométricos da estação do Porto-Serra do Pilar.

Assim, iremos fazer uma sucinta análise comparativa do ano 2000/01 e do 2003/04 no Porto-Serra do Pilar.

Segundo Ana Monteiro "entre Novembro de 2000 e Março de 2001 choveu em 83% dos dias (134 dias), totalizando a maior quantidade de precipitação acumulada [Fig.

37] desde 1900 (1724,4mm). Janeiro e Março de 2001 foram os mais chuvosos desde 1900 e Novembro de 2000 foi o segundo mais húmido do século ...".[123]

A comparação que a investigadora teceu entre o Outono/ Inverno de 2000/01 e a média do período 1900-2001 (Porto-Serra do Pilar) permitiu-lhe concluir que no Outono/Inverno de 2000/01 o mês de Outubro e de Fevereiro registaram totais mensais de precipitação ligeiramente abaixo da média; por seu lado, os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Março registaram totais mensais bastante superiores à média secular. Destacou o mês de Março, visto este ter ultrapassado em 459 mm a média dos 101 anos analisados. Também salientou o facto da sequência de dias com precipitação ser extraordinariamente elevada (Quadro 40)

Concluiu que "o Outono/Inverno 2000-2001 foi, sem dúvida, excepcional, quer pelos totais de precipitação invulgarmente elevados, quer pela longa sequência de dias muito chuvosos."[124]

De acordo com o método dos quintis, estabelecido para a série 1930/31-2002/03, o ano 2003/04 poderá ser considerado, em termos pluviométricos, um ano seco e o ano de 2000/01 um ano muito chuvoso.

Se considerarmos a precipitação média dos últimos 73 anos (1229,9 mm) verificamos que esta foi ultrapassada em 2000/01, facto que não ocorreu em 2003/04. Aí o total anual ficou-se pelos 1087,7 mm (Quadro 41). É de salientar que a referida ultrapassagem tem uma particularidade, 2000/01 foi o ano que registou o maior total anual de precipitação desde 1900.

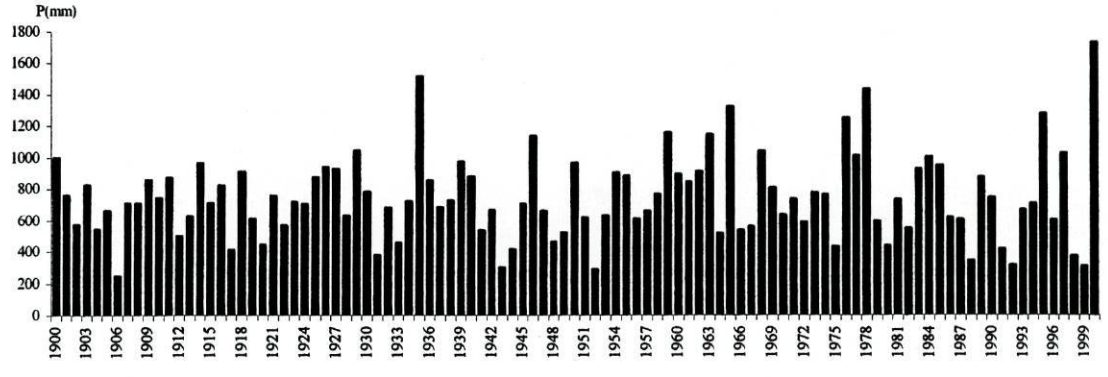
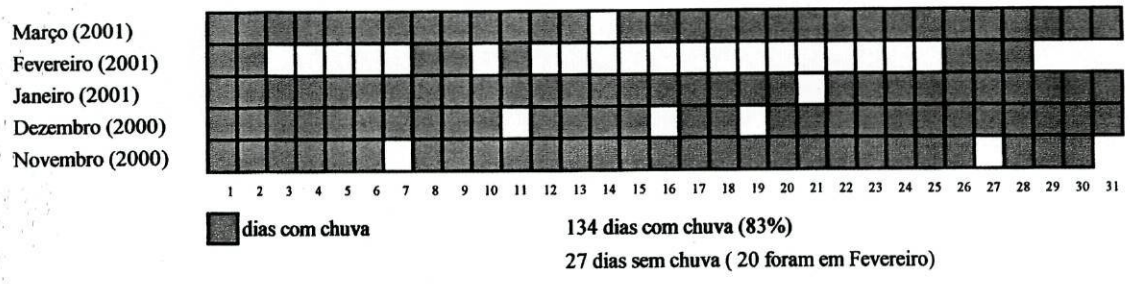


Fig. 37 – Precipitação acumulada entre Novembro e Março (Porto Serra do Pilar, 1900 – 2001).

Extraído de: MONTEIRO, Ana, A fragilidade de um país que ignora o seu clima.

[123] MONTEIRO, Ana, *A fragilidade de um país que ignora o seu clima.* IV Jornadas sobre Ambiente e Qualidade Urbana, Universidade Moderna, Porto, 25 e 26 de Outubro de 2001, p. 192-200.
[124] Idem.



Quadro 40 - Sequência de dias com precipitação, no Porto SP, entre Novembro de 2000 e Março de 2001.

Extraído de: MONTEIRO, Ana, A fragilidade de um país que ignora o seu clima..

	P (mm) total	P (mm) média	N° médio dias com pluv.	N° dias prec. >30 mm	N° dias prec. >20 mm	Prec. max. 1h
Ano 2003/04	1087,7	90,6	158	7	12	71,2
Ano 2000/01	2111,5	176	192	16	37	76,8

Quadro 41 - Parâmetros caracterizadores do comportamento pluviométrico em 2000/01 e em 2003/04, na estação do Porto-Serra do Pilar.[125]

Em 2003/04 o valor máximo anual de precipitação ocorreu em Novembro de 2003 (260,2 mm), por seu lado, o valor mínimo anual ocorreu em Julho de 2004 (0,8 mm). Se compararmos o ano 2003/04 (ano seco) com o ano de 2000/01 (ano mais chuvoso da série 1930/31-2002/03) constatamos que não há uma coincidência temporal do máximo e mínimo anual, em 2000/01 estes ocorreram em Março e Junho, respectivamente (Quadro 42, Quadro 43).

As particularidades de 2000/01 e de 2003/04 tornam-se ainda mais visíveis ao pormenorizarmos a análise mensal, bem como ao confrontarmo-la com as tendências mensais da série 1930/31-2002/03.

Se considerarmos a precipitação máxima mensal em 24 horas verificamos que no ano 2000/01 os valores registados são quase sempre superiores aos observados em 2003/04, com excepção dos seguintes meses: Outubro, Novembro, Junho e Agosto. É de salientar que em Março de 2001 o máximo registado em 24 horas (76,8 mm) foi o segundo mais elevado desde 1900, segundo os nossos cálculos em Março uma precipitação de 75,4 mm teria um período de retorno aproximadamente de 100 anos (Quadro 22).

[125] Os cálculos de 2000/01 e de 2002/03 basearam-se nas precipitações ocorridas das 0-24 horas.

No que se refere ao máximo mensal da série analisada (1930/31-2002/03), verificamos que o máximo mensal referente a Janeiro e a Março ocorreu no ano de 2000/01 (391,1 e 567,4 mm respectivamente).

A excepcionalidade pluviométrica de 2000/01 face a 2003/04, no que diz respeito aos quantitativos máximos ocorridos, atenua-se um pouco se considerarmos o máximo valor mensal em 24 horas. Em ambos os anos hidrológicos esse máximo ocorreu no mês de Março, o quantitativo registado foi de 76,8 e 71,2 mm, respectivamente. São um quantitativo bastante raro durante o referido mês, este espelha a forte variabilidade pluviométrica do ano 2000/01, mas também do ano 2003/04.

É ainda de salientar o facto, também pouco usual, de em Dezembro de 2002 o máximo mensal em 24 horas ter sido apenas 14,2 mm e em Agosto de 2003 ter atingido os 49,5 mm. Mais uma vez se denota que o ano 2003/04 também apresenta um comportamento pouco "normal" em alguns meses.

Como referimos anteriormente, o comportamento pluviométrico excepcional/invulgar circunscreveu-se aos meses de Dezembro (de 2000), Janeiro e Março (de 2001), nesse período é que os totais mensais foram muito superiores à média mensal dos 73 anos analisados (Quadro 42, Quadro 44, Quadro 14). Esse comportamento excepcional atingiu o seu "auge" em Março de 2001, o quantitativo atingido foi, aproximadamente, o dobro do registado em Novembro de 2003/04.[126] Os 567,4 mm registados correspondem ao segundo total mensal mais elevados desde 1930/31, o máximo mensal ocorrido foi de 626,8 mm (em Dezembro de 1978).

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
P (mm) total	98,6	227,3	476,7	391,1	41,9	567,4	95,7	93,0	3,4	40,2	33,7	42,5
total dias observ.	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30
% dias com prec.	58,1	90,0	90,3	93,5	28,6	93,5	43,3	32,3	16,7	35,5	22,6	23,3
nº dias com prec.	18	27	28	29	8	29	13	10	5	11	7	7
intensidade média	5,5	8,4	17,0	13,5	5,2	19,6	7,4	9,3	0,7	3,7	4,8	6,1
máximo mensal 24h	22,5	41,5	50,4	54,7	19,9	76,8	29,4	26,2	1,4	15,1	10,0	19,2

% de dias com precipitação face total dias observados

Quadro 42 - Parâmetros estatísticos caracterizadores do comportamento pluviométrico mensal em 2000/01, na estação do Porto-Serra do Pilar.

[126] Novembro de 2003 foi o mês que registou o quantitativo pluviométrico mais elevado do ano hidrológico 2003/04.

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
P (mm) total	202,5	260,2	86,6	128,4	37,1	122,9	62,3	40,5	13,7	0,8	127,9	17,7
total dias observados	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30
% dias com prec.	71	70	61	77	54	48	27	32	17	7	36	30
nº dias com prec.	22	21	19	24	15	15	8	10	5	2	11	9
nº dias com prec.>=10	8	9	3	5	1	2	3	1	0	0	4	0
intensidade média	9,2	12,4	4,6	5,4	2,5	8,2	7,8	4,1	2,7	0,4	11,6	2,0
máximo mensal 24h	50,4	48,9	14,2	31,6	13,6	71,2	14,6	16,9	6,2	0,5	49,5	8,2

% de dias com precipitação face total dias observados

Quadro 43 - Parâmetros estatísticos caracterizadores do comportamento pluviométrico mensal em 2003/04, na estação do Porto-Serra do Pilar.

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
P (mm) média	125,6	154,5	174,7	168,3	131,2	126,1	101,9	90,9	44,1	19,7	26,8	67,3
nº médio dias P≥0,1 mm	18	25	19	19	17	17	14	14	8	6	7	11

Quadro 44 - Valores mensais da quantidade, frequência (em número de dias) das precipitações no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

É curioso que a tendência que se fazia sentir desde Dezembro de 2000, foi interrompida bruscamente em Fevereiro, este registou um total pluviométrico mensal muito inferior à média mensal da série dos 73 anos (41,9 versus 131,2 mm).

Outro comportamento que também desperta a atenção no ano de 2000/01, este já fora do paroxismo pluviométrico, é o de Junho e Julho. Em Junho registaram-se precipitações mensais muito reduzidas, muito inferiores à média da série (3,4 versus 44,1 mm). Por seu lado, em Julho os quantitativos registados foram bastante superiores à média da série (40,2 versus 19,7 mm).

No ano hidrológico 2003/04 (Quadro 43) Agosto foi o mês que mais se fez sobressair, face à sua invulgaridade. Registou um quantitativo pluviométrico mensal invulgar, este foi excepcionalmente elevado para o período em questão (127,9 mm). É ainda de salientar que ocorreram dois dias com precipitações superiores a 20 mm (Quadro 45).

Em 2003/04, a maioria dos totais mensais foram inferiores à média mensal da série 1930/31-2002/03. Em 2000/01 há um domínio dos meses com comportamentos pluviométricos excepcionais face à média da série 1930/31-2002/03 (quer de termos de

acréscimo quer de decréscimo). Nítida é a excepcionalidade apenas dos meses de Dezembro, Janeiro e Março. Esta excepcionalidade pode, mais uma vez, ser comprovada através da análise do número de dias com precipitação, com especial destaque para os dias com precipitações intensas (Quadro 46).

Para quantificar a intensidade da precipitação, tal como tinha realizado Ana Monteiro na sua tese de doutoramento, pareceu-nos adequado experimentar como critério o limite dos 20 mm/dia. Em 2000/01 ocorreram 37 dias com precipitações superiores a 20 mm, enquanto que em 2003/04 só ocorreram 12 (Quadro 46, Quadro 45).

Se estabelecermos uma análise comparativa entre 2000/01, 2003/04 e a série 1930/31-2002/03 (Quadro 46, Quadro 45, Quadro 47, Fig. 38) relativamente aos dias com precipitações superiores a 20 mm compreendemos melhor os contrastes entre os diferentes períodos e as respectivas especificidades. Em 2000/01 a maioria dos meses registou um número de dias superior à média da série dos 73 anos. Por seu lado, em 2003/04 a maioria dos meses registou um número de dias com precipitação superior a 20 mm inferior à média da série dos 73 anos.

Relativamente aos dias com precipitação superior a 30 mm (Fig. 39), facilmente se constata a clara superioridade/excepcionalidade de Dezembro de 2000, de Janeiro e Março de 2001.

Todos estes dados pluviométricos permitem-nos concluir que as características do ano 2000/01 e 2003/04 são muito contrastantes, embora em ambos os anos hidrológicos a irregularidade pluviométrica anual seja uma realidade (Fig. 40, Fig. 41).

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
nº dias preci.>0,1 mm	22	21	19	24	15	15	8	10	2	2	11	9
nº dias preci. >20 mm	2	5	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0
nº dias prec. >30 mm	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0

Quadro 45 - Caracterização mensal dos quantitativos pluviométricos, em 2003/04, na estação do Porto-Serra do Pilar.

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
nº dias preci.>0,1 mm	18	27	28	29	8	29	13	10	5	11	7	7
nº dias preci. >20 mm	3	3	11	6	0	11	1	2	0	0	0	0
nº dias prec. >30 mm	0	2	4	3	0	7	0	0	0	0	0	0

Quadro 46 - Caracterização mensal dos quantitativos pluviométricos, em 2000/01, na estação do Porto-Serra do Pilar.

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
nº médio dias P≥0,1 mm	18	25	19	19	17	17	14	14	8	6	7	11
nº dias preci. >20 mm	2	2	3	3	2	2	1	1	1	0	0	1
nº dias prec. >30 mm	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Quadro 47 – Caracterização mensal dos quantitativos pluviométricos médios, de 1930/31 a 2003/04, na estação do Porto-S. Pilar.

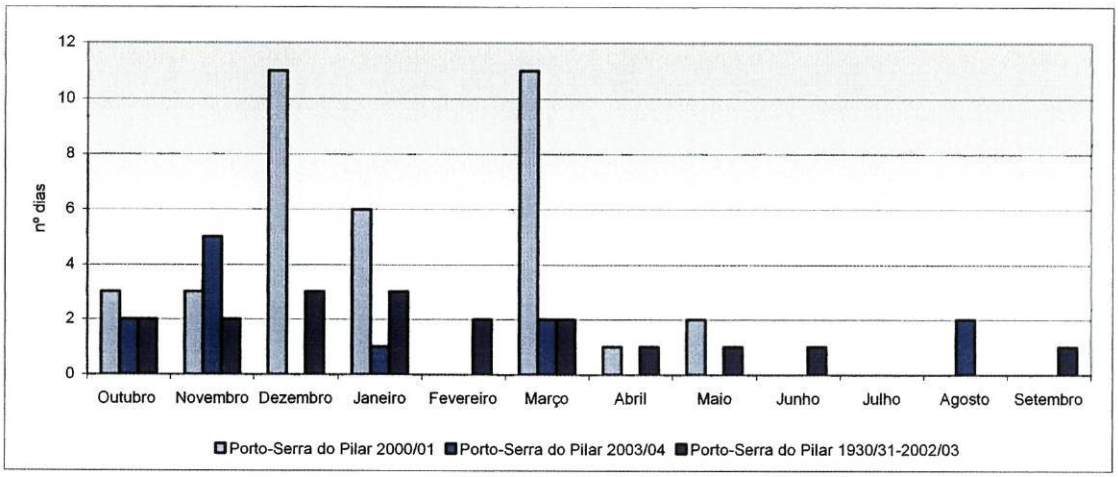


Fig. 38 - Número de dias com precipitação superior a 20 mm em 2000/01, 2003/04, 1930/31-2002/03, na estação do Porto-Serra do Pilar.

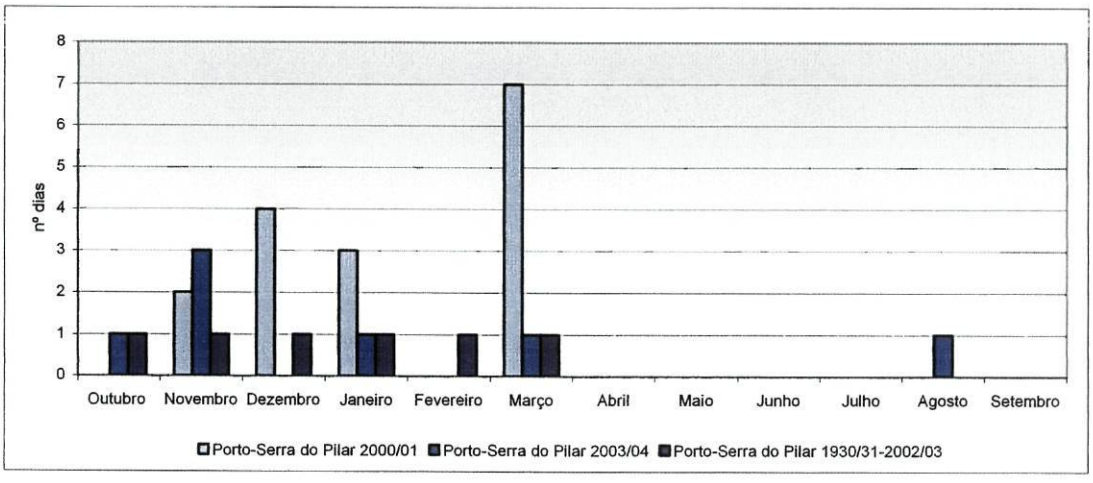


Fig. 39 - Número de dias com precipitação superior a 30 mm, em 2000/01, 2003/04, 1930/31-2002/03, na estação do Porto-Serra do Pilar.

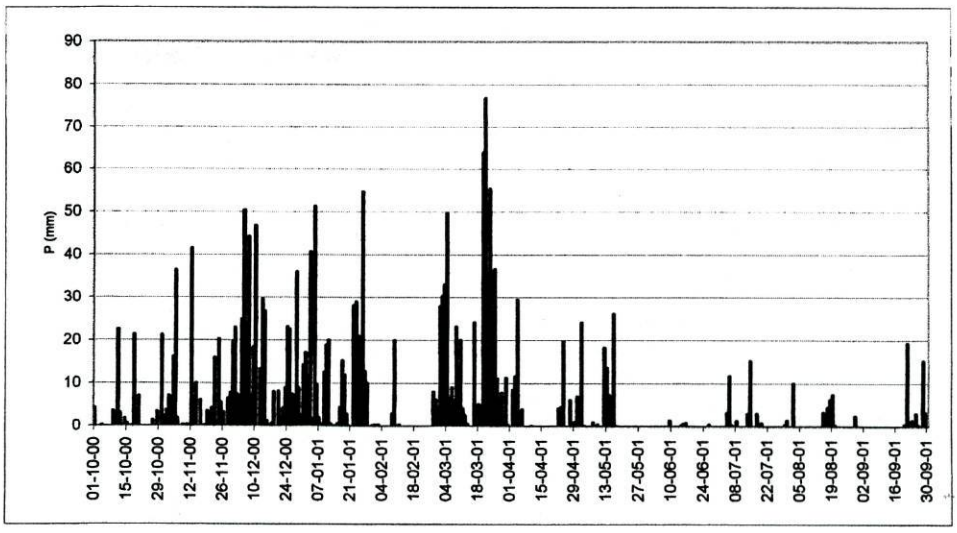


Fig. 40 – A variação da precipitação diária na estação do Porto-Serra do Pilar, ao longo do ano hidrológico 2000/01.

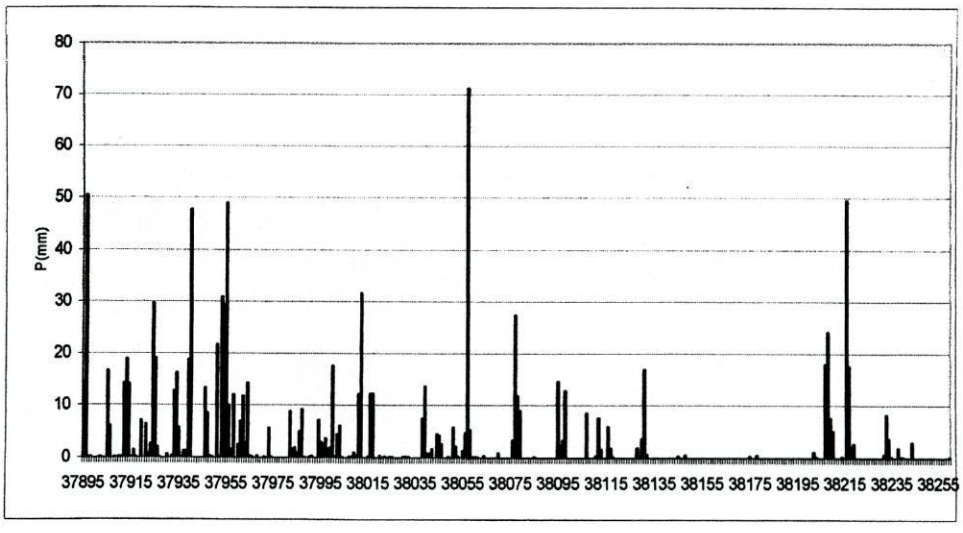


Fig. 41 – A variação da precipitação diária na estação do Porto-Serra do Pilar, ao longo do ano hidrológico 2003/04.

3. OS EPISÓDIOS PLUVIOMÉTRICOS E O ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DA ERMIDA (desde Março de 2003 a Dezembro de 2004)

3.1. Métodos para o estudo dos caudais em pequenas bacias

"Existem diversos métodos para medição de caudais, mas o mais utilizado em cursos de água naturais é o chamado método «secção-velocidade». Outro, é o método «estrutural», que resulta da possibilidade de utilizar determinadas estruturas hidráulicas (...). Os restantes métodos baseiam-se em técnicas com utilização restrita ou com carácter ainda experimental, como sejam o método da «diluição», o método «ultra-sónico», o método «electromagnético» ou o método da «embarcação em movimento»."[127] Perante a grande diversidade de métodos, iremos concentrar a nossa atenção nos mais usualmente utilizados.

Na determinação dos caudais podemos recorrer a métodos químicos, entre eles, o método de integração. "Este método consiste em injectar no curso de água um volume conhecido de uma dissolução e através de amostragem comprovar a passagem do volume que foi injectado a montante. A expressão simplificada que se utiliza para a determinação do caudal é: $Q = \frac{P}{T \times N}$ em que Q corresponde ao caudal (l/s), T corresponde ao tempo de base total da onda, N corresponde à concentração média das amostras recolhidas, e P o peso da diluição concentrada."[128]

A medição do caudal fluvial segundo o método secção-velocidade, envolve a medição da superfície S duma secção transversal do curso de água e da velocidade média U através dessa secção, sendo o valor do caudal obtido segundo a seguinte fórmula: Q = US. Poderá dividir-se a secção em partes, determinar para cada uma delas o respectivo caudal Q_i e o caudal total da secção Q obtém-se por somatório dos valores referentes a cada uma das partes.

[127] LENCASTRE, A., FRANCO, F. M., *Lições de Hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 1984, p 251.
[128] QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984, p. 1111.

Segundo o método estrutural, o caudal fluvial é medido em estruturas hidráulicas fixas, normalmente descarregadores e canais, por vezes também em comportas. "A utilização de uma estrutura hidráulica na medição de caudais baseia-se no princípio de que pode ser determinada, quer teórica, quer experimentalmente, uma relação entre o caudal e o nível de água a montante da estrutura, ou entre o caudal e os níveis simultaneamente a montante e a jusante".[129] Na medição dos caudais os descarregadores são os mais utilizados, sendo caudal obtido segundo a seguinte expressão: $Q = \mu L\sqrt{2g}\ h^{3/2}$, em que Q é o caudal que passa pelo descarregador, μ é o coeficiente de vazão, L é uma dimensão geométrica, em geral, o comprimento, g é a aceleração da gravidade, h é a carga hidráulica.

O registo contínuo de níveis é um outro método a que podemos recorrer. Os primeiros dados hidrométricos recolhidos segundo este método resultavam de leituras diárias em escalas hidrométricas efectuadas, normalmente, à mesma hora. Actualmente, os avanços tecnológicos permitiram que o registo contínuo passa-se a ser realizado por aparelhos denominado de limnígrafos.

Podemos determinar a curva de vazão que estabelece a relação entre as alturas de água (alturas hidrométricas) e os caudais. A sua construção assenta na existência de uma relação biunívoca entre os caudais e as alturas."Em períodos de cheia, a relação entre as alturas hidrométricas e os caudais pode afastar-se muito das condições de biunivocidade em que assenta o estabelecimento das curvas de vazão: para uma dada altura o caudal é maior durante a fase de subida e menor durante a fase de descida – fenómeno de histerese."[130] As curvas de vazão podem ser representadas por diversos tipos de expressões, um dos mais correntes é o seguinte: $Q = a\ (h,+\ h_0)^b$, em que Q é o caudal, h_0 a altura do zero da escala hidrométrica em relação ao nível da água a que corresponde o caudal nulo, em geral é o fundo do leito, a e b são parâmetros característicos da secção, a determinar experimentalmente. "Na falta de medições de caudais, a curva de vazão pode ser aproximada recorrendo às fórmulas do escoamento uniforme que relacionam o caudal com características geométricas da secção."[131]. Uma dessas fórmulas é a de Manning-Strickler cuja expressão é: $Q = K_s\ S\ R^{2/3}\ i^{1/2}$, em que Q é o caudal, K_s é o coeficiente de rugosidade, S a área da secção molhada, R o raio hidráulico, e i a inclinação da superfície livre da água, que se supõe ser da mesma grandeza da inclinação do fundo do leito.

[129] LENCASTRE, A., FRANCO, F. M., *Lições de Hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 1984, p 255.
[130] Idem, p 259.
[131] Idem, p 260.

"The slope-area method is a commonly used technique for indirect estimation of discharge (...). Typically, Manning's equation is used for the calculation of discharge."[132]

Na Bacia Hidrográfica da Ermida, a inexistência de uma estação hidrométrica e a consequente ausência de dados, condicionou fortemente a escolha de um método. Por exemplo, não podemos aplicar o método secção-velocidade devido a não possuirmos dados relativos à velocidade média na secção. Medimos as alturas hidrométricas mas não nos foi possível, por questões técnicas, medir simultaneamente o caudal. Para ultrapassar esta ausência de dados estimamos o caudal através da aplicação da equação de Manning-Strickler. Seguimos o conselho de Lencastre e na falta de medições de caudais recorremos às fórmulas do escoamento uniforme que relacionam o caudal com características geométricas da secção.

3.2. Métodos para de pré-determinação de pontas de cheia

"O estudo das cheias pode ser feito com diversos graus de pormenor, consoante as finalidades a que se destina. Basicamente, estas finalidades, como aliás as correspondentes à utilização de todos os dados hidrométricos, dizem respeito: à determinação de valores para utilização no planeamento e projecto de obras hidráulicas ou na delimitação de áreas susceptíveis de serem inundadas com determinado grau de risco; e à determinação de valores para utilização em tempo real, com finalidades operacionais de gestão de sistemas fluviais, incluindo o funcionamento de sistemas de aviso de cheias".[133]

Quando fazemos um estudo das cheias, consoante as nossas finalidades, podemos recorrer a dois tipos de métodos: os métodos de previsão de cheias e os métodos de pré-determinação das pontas de cheia. A determinação dos valores para fins operacionais é objecto dos métodos de previsão de cheias, essa determinação consiste no cálculo em tempo real dos caudais, a partir desse cálculo tentar-se-à prever o caudal que poderá ocorrer no futuro imediato. Por seu lado, a determinação dos valores para fins de planeamento é objecto dos métodos de pré-determinação de cheias. A determinação dos valores para fins de planeamento consiste no cálculo dos caudais que poderão ser alcançados em certas condições pré-definidas.

[132] GORDON, Nancy, McMAHON, Thomas, FINLAYSON, Brian, *Stream Hydrology – An Introduction for Ecologists*", Grã-Inglaterra, Willey, 1994, p. 171

[133] LENCASTRE, A., FRANCO, F. M., *Lições de Hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 1984, p 285.

Segundo Lencastre, podemos encontrar diferentes métodos de pré-determinação de pontas de cheia; estes métodos teóricos de determinação dos valores máximos dos caudais de cheia, foram desenvolvidos ao longo do tempo, e integram: fórmulas empíricas, fórmulas cinemáticas, métodos estatísticos e cálculo da cheia máxima provável.

Os primeiros métodos (fórmulas empíricas) para pré-determinação das pontas de cheia foram deduzidas a partir da experiência, apenas têm em conta a área da bacia hidrográfica, podemos encontrar várias fórmulas empíricas, entre elas, a fórmula de Whistler, a de Pagliaro, a de Forti. Actualmente, a aplicação de fórmulas empíricas pode continuar a ter interesse, nomeadamente para a determinação de cheias excepcionais, quando a informação hidrométrica é insuficiente, desde que aquelas expressões tenham sido deduzidas para regiões com o mesmo contexto climático.

As fórmulas cinemáticas entram em linha de conta com as características do movimento da água na bacia hidrográfica e de entre elas podemos encontrar a fórmula racional, a fórmula de Giandotti, a fórmula do *Soil Conservation Service.*

" A utilização de métodos estatísticos no estudo dos caudais de ponta de cheia pode ter uma das seguintes finalidades: análise dos valores referentes a uma secção; extensão de uma amostra desses valores por correlação com a precipitação na bacia; regionalização dos valores obtidos para algumas secções, por correlação com as características físicas da bacia."[134]

No estudo da ponta de cheia na Bacia Hidrográfica da Ermida recorremos a uma fórmula cinemática: a fórmula de Giandotti, que é uma tentativa de estimação do tempo de concentração. Esta fórmula tem sido frequentemente aplicada. Decidimos aplicá-la na nossa bacia de estudo e obtivemos um tempo de concentração de 2 horas e 8 minutos.

Não nos foi possível confrontar os resultados obtidos com a realidade devido ao facto de não terem ocorrido cheias ao longo do nosso estudo.

[134] LENCASTRE, A., FRANCO, F. M., *Lições de Hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 1984, p 301.

3.3. Os episódios pluviométricos e o escoamento superficial na Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida

No processo de escoamento, durante o período inicial, "...o acréscimo de caudal no cursos de água é produzido unicamente pela pequena fracção da água precipitada directamente na rede hidrográfica ..."[135], durante este período domina a intercepção (pela cobertura vegetal e por outros obstáculos que impedem que a precipitação atinja o solo), e a infiltração. No período inicial da ocorrência de precipitação a intensidade da intercepção é muito forte, decrescendo depois rapidamente. Com a continuação da precipitação intensifica-se o acréscimo de caudal, motivado pelo aumento do escoamento superficial. "A repartição da água, pelo escoamento superficial e pela infiltração, depende das características da precipitação e da capacidade de infiltração do solo (...) A capacidade de infiltração vai diminuindo progressivamente, à medida que a precipitação decorre, devido ao aumento do teor de água no solo que resulta da infiltração."[136]

O escoamento que atravessa uma secção de um curso de água pode ser, quanto à sua origem, superficial, subsuperficial ou hipodérmico e subterrêneo. "Cessando a precipitação, termina também o escoamento superficial e o caudal dos cursos de água passa a provir do armazenamento nos leitos e dos escoamentos subsuperficial e subterrâneo. Estas contribuições vão-se reduzindo no tempo, muito rapidamente a contribuição do escoamento superficial, com relativa rapidez a contribuição do escoamento subsuperficial e com lentidão a do escoamento subterrâneo."[137]

Na Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida estudamos apenas o escoamento superficial, tentando conhecer o comportamento da Bacia da Ermida perante os episódios pluviométricos, de maior ou menor intensidade, que ocorreram desde Março de 2003 a Dezembro de 2004.

[135] QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984, p. 519.
[136] Idem, p. 520.
[137] Idem, p. 523.

3.3.1. Os caudais na Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida (11/03/03 a 31/12/04)

Na Bacia da Ermida a monitorização hidrometeorológica é inexistente e a ausência de dados constituiu-se como um importante obstáculo a transpor, no sentido de concretizarmos o nosso objectivo: tentar compreender a relação precipitação/escoamento superficial. Assim, a avaliação directa das precipitações e dos caudais sobre a bacia da Ermida tornou-se muito difícil devido a não existirem estações hidrométricas nem udométricas no seu interior, nem na sua área limítrofe.

Para concretizar o nosso objectivo de estudo iniciamos a monitorização, durante o ano hidrológico de 2003/04, quer dos quantitativos pluviométricos, quer das alturas hidrométricas e tivemos de recorrer a aproximações, por via indirecta, dos caudais ocorridos. A monitorização da altura da água realizou-se entre 11 de Março de 2003 e 31 de Dezembro de 2004, em três secções diferentes (Fig. 42): na ponte da Ribeira da Ermida (que se localiza a 250 metros a montante da confluência com o rio Ferreira), na ponte da Balsa (que se localiza sobre o rio Ferreira, a 914 metros a montante da confluência com a Ribeira da Ermida), e na ponte da Nossa Senhora das Necessidades (que se localiza sobre o rio Ferreira, a 477 metros a jusante da confluência com a Ribeira da Ermida). Realizamos medições no Rio Ferreira a montante e a jusante da confluência com a Ribeira da Ermida no sentido de compreender melhor o comportamento da Ribeira da Ermida.

A monitorização teve uma frequência, sensívelmente, quinzenal (sempre que possível), sendo a medição feita sempre nos mesmo ponto (no meio da ponte), geralmente no final do dia.

Simultaneamente à monitorização da altura da água naquelas secções impunha-se a estimação dos valores do caudal. A escolha da metodologia mais adequada para o cálculo indirecto dos caudais foi dificultada, tal como referimos anteriormente, pela ausência de dados hidrométricos, nomeadamente a velocidade média de escoamento na secção em estudo. Após a pesquisa de várias metodologias, optámos por aplicar uma fórmula do escoamento uniforme, que relaciona o caudal com características geométricas da secção, a equação de Manning-Strickler, visto possuirmos dados para a sua aplicação. A expressão da equação de Manning-Strickler é a seguinte: $Q = K_s\ S\ R^{2/3}\ i^{1/2}$, em que Q é o caudal

(m^3/s), K_s é o coeficiente de rugosidade, S a área da secção molhada (m^2), R o raio hidráulico (m), e i a inclinação da superfície livre da água, que se supõe ser da mesma

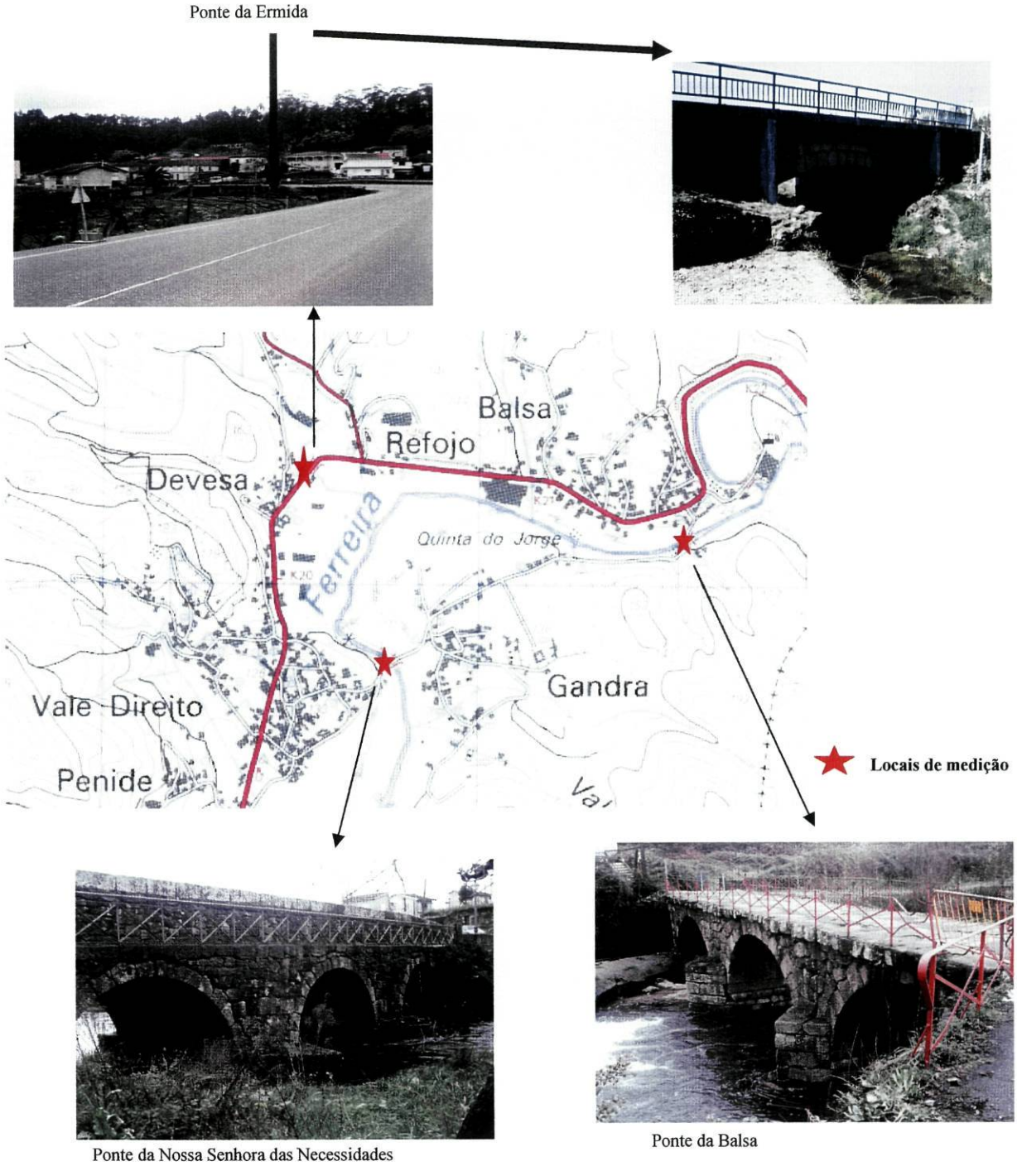


Fig. 42- Locais de medição das alturas hidrométricas, em Sobrado (excerto da carta 1/25 000, folha 111).

grandeza da inclinação do fundo do leito. Para determinar o coeficiente de rugosidade recorremos aos valores pré-determinados por Lencastre[138], em que estão estabelecidos diferentes valores de K_s consoante o tipo de revestimento do canal onde se processa o escoamento. Adoptamos o mesmo valor de coeficiente de rugosidade nos três pontos visto apresentarem um revestimento muito semelhante, o contexto geológico e morfológico é o mesmo. Após a consulta dos referidos valores calculamos a inclinação média dos leitos nas secções de medição (Quadro 48). Para obter a área da secção molhada multiplicamos a largura do canal pela altura da água, baseando-nos no pressuposto de que o canal tem uma secção rectangular.

A aplicação da equação de Manning-Strickler permitiu-nos estimar, de forma indirecta, os valores de caudais nas três secções monitorizadas (Quadro 49,Quadro Anexo 2, Quadro Anexo 3,Fig. 43). Os valores registados demonstram-nos que a Ribeira da Ermida os caudais são naturais, mas no Rio Ferreira (quer junto à ponte da Balsa, quer junto à ponte da Nossa Senhora das Necessidades) os caudais não são completamente naturais, parece que existem levadas/desvios de água.

As medições realizadas entre 11 de Março de 2003 e 31 de Dezembro de 2004 na Ribeira da Ermida permite-nos conhecer um pouco melhor do comportamento de cursos de água de pequena dimensão. É referir que estes cursos de pequena dimensão, em Portugal, não têm despertado a curiosidade da comunidade científica.

Assim, as medições realizadas (quer as pluviométricas, quer as alturas hidrométricas) pretendem ser um pequeno contributo para a compreensão do comportamento dos cursos de água de pequena dimensão, compreensão essa que passará pela valorização de várias "componentes", entre elas a climática.

Pensamos ser útil realizar, conjuntamente com a Ribeira da Ermida, medições no Rio Ferreira (sobre a Ponte da Balsa e sobre a ponte da Nossa Senhora das Necessidades), próximo da confluência com a nossa ribeira. Consideramos que os dados recolhidos poderão ajudar-nos a contextualizar os dados obtidos na Ribeira da Ermida.

	Coef. Rugosidade	Inclinação média do leito
Ponte da Ribeira da Ermida	17	0,0089
Ponte da Balsa (rio Ferreira)	17	0,0065
Ponte da Nossa Senhora das Necessidades (rio Ferreira)	17	0,0028

Quadro 48 - Coeficientes de rugosidade e inclinação média do leito nos três pontos de medição das alturas hidrométricas.

[138] Os diferentes valores de K_s encontram-se no livro "Lições de Hidrologia" de A. Franco Lencastre.

	Altura da água	Área da secção molhada	Perímetro leito	Raio hidraulico	**caudal m3/s**	Precip. (mm) ocorrida em **Sobrado** um dia antes da medição[139]	Precip. (mm) ocorrida em **Sobrado** dois dias antes da medição	Precip. (mm) ocorrida no **Porto-Serra do Pilar** um dia antes da medição[140]	Precip. (mm) ocorrida no **Porto-Serra do Pilar** dois dia antes da medição
11-03-2003	1	5,5	7,5	0,73	**7,17**			0	0,1
19-03-2003	1	5,5	7,5	0,73	**7,17**			0	0
03-04-2003	1	5,5	7,5	0,73	**7,17**			0	0,2
17-04-2003	0,9	4,95	7,3	0,68	**6,13**			0	0
30-04-2003	1,1	6,05	7,7	0,79	**8,26**			13,3	1,7
15-05-2003	0,95	5,23	7,4	0,71	**6,64**			0	0
30-05-2003	0,85	4,68	7,2	0,65	**5,62**			0	0
12-06-2003	0,85	4,68	7,2	0,65	**5,62**			0,1	0
01-07-2003	0,96	5,28	7,42	0,71	**6,75**			8,8	23,2
17-07-2003	0,85	4,68	7,2	0,65	**5,62**	0	11,4	0,2	8,8
07-08-2003	0,8	4,40	7,1	0,62	**5,13**	0	0	0	0
25-08-2003	0,85	4,68	7,2	0,65	**5,62**	0	0	0	0,1
16-09-2003	0,75	4,13	7	0,59	**4,65**	0	0	0	0
30-09-2003	0,85	4,68	7,2	0,65	**5,62**	0 [141]	0	0[142]	0
13-10-2003	0,85	4,68	7,2	0,65	**5,62**	22	11,4	14,7	8
28-10-2003	0,95	5,23	7,4	0,71	**6,64**	4,5	1,2	6,4	0
31-10-2003	1,3	7,15	8,1	0,88	**10,55**	61,5	6,5	15,4	2,6
04-11-2003	1,1	6,05	7,7	0,79	**8,26**	0	0	0	0,1
16-11-2003	1,25	6,88	8	0,86	**9,97**	62,1	37,9	47,7	19,9
01-12-2003	1,35	7,43	8,2	0,91	**11,15**	87,6	51,0	46	43,9
09-12-2003	1,25	6,88	8	0,86	**9,97**	2[143]	26,9	1,3	15,6
16-12-2003	1,1	6,05	7,7	0,79	**8,26**	0	0	0	0
31-12-2003	0,95	5,23	7,4	0,71	**6,64**	3,5	3,2	1	1,9
13-01-2004	1,1	6,05	7,7	0,79	**8,26**	2,9[144]	8,3	2,3	3,6
27-01-2004	1,25	6,88	8	0,86	**9,97**	70,7	20,4	33,4	10,3
10-02-2004	1,05	5,78	7,6	0,76	**7,71**	0	0	0	0,1
09-03-2004	0,85	4,68	7,2	0,65	**5,62**	0	0	0	0,2
23-03-2004	0,88	4,84	7,26	0,67	**5,92**	0	0	0	0
15-04-2004	0,92	5,06	7,34	0,69	**6,33**	0	0	0	0
12-05-2004	0,9	4,95	7,3	0,68	**6,13**	0	0,9	0,1	1,8
25-05-2004	0,93	5,12	7,36	0,69	**6,44**	22	1	20,6	0
15-06-2004	0,86	4,73	7,22	0,66	**5,72**	0	0	0	0

[139] A monitorização da precipitação ocorrida em Sobrado iniciou-se em Julho de 2003 daí que nas medições hidrométricas realizadas antes dessa data têm como referência os dados pluviométricos do Porto-Serra do Pilar. A precipitação em Sobrado refere-se ao período das 21.30-21.30h.

[140] Precipitação referente ao período das 21-21h.

[141] No dia da medição ocorreu 54,9 mm de precipitação, como a medição foi feita sensivelmente às 18 horas, a precipitação ocorrida nesse dia deverá ter influenciado o caudal instantâneo registado.

[142] No dia 30 de Setembro ocorreu 42,5 mm de precipitação.

[143] No dia da medição ocorreu 25,6 mm de precipitação, como a medição foi feita sensivelmente às 18 horas, a precipitação ocorrida nesse dia deverá ter influenciado o caudal instantâneo registado.

[144] No dia da medição ocorreu 10,7 mm de precipitação, como a medição foi feita sensivelmente às 18 horas, a precipitação ocorrida nesse dia deverá ter influenciado o caudal instantâneo registado

02-07-2004	0,8	4,40	7,1	0,62	**5,13**	0	0	0	0
28-07-2004	0,79	4,35	7,08	0,61	**5,03**	0	0	0	0
18-08-2004	1	5,5	7,5	0,73	**7,17**	53,1	0	44,3	0,2
07-09-2004	0,9	4,95	7,3	0,68	**6,13**	6,5	16	0	0,2
16-09-2004	0,82	4,51	7,14	0,63	**5,32**	0	0	0	2,9
11-10-2004	1,3	7,15	8,1	0,88	**10,55**	103	26,3	54,3	11,1
20-10-2004	1,3	7,15	8,1	0,88	**10,55**	59,5	43,9	24	20,2
29-10-2004	1,3	7,15	8,1	0,88	**10,55**	33,3	32	28,1	20
25-11-2004	1,08	5,94	7,66	0,78	**8,04**	0	0	0	0
02-12-2004	1,25	6,875	8	0,86	**9,97**	67,3	9,1	28,9	42,3
31-12-2004	1	5,5	7,5	0,73	**7,17**	0	0	0	0

Quadro 49 - Parâmetros geométricos e hidráulicos da secção transversal junto à Ponte da Ribeira da Ermida.

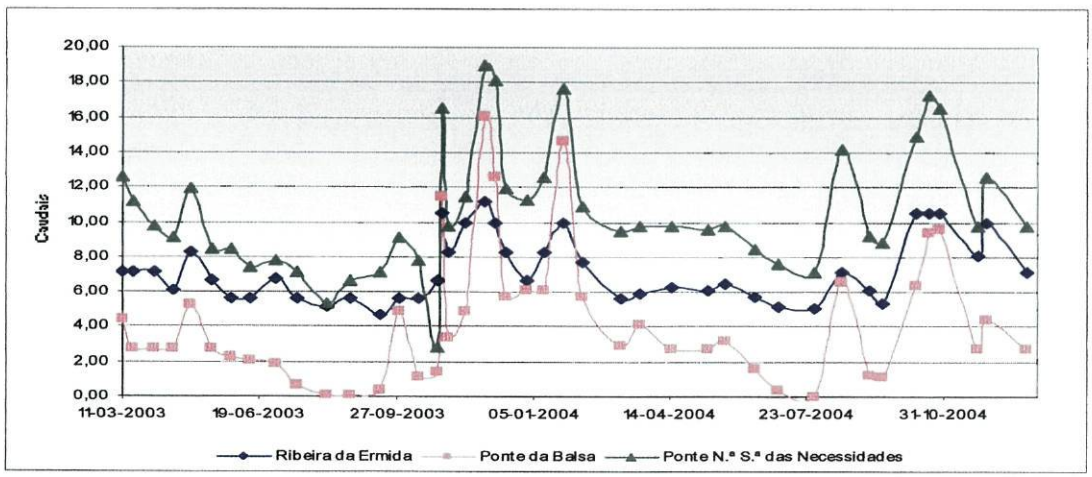


Fig. 43 - Variação dos caudais registados na Ponte da Ermida, na Ponte da Balsa e na Ponte da Nossa Senhora das Necessidades, desde Março de 2003 a Dezembro de 2004.

Os caudais obtidos indirectamente na ponte da Balsa reflectem um conjunto de condicionantes: próximo da área de medição existe uma represa e uma pequena parte da água é desviada para um pequeno moinho.

Os dados recolhidos ao longo do tempo em estudo permitem-nos afirmar que ambos os cursos de água apresentaram um comportamento irregular (Fig. 43).

Consideramos que seria pertinente, no sentido de dar maior "significado" aos valores dos caudais registados, comparar o comportamento da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida com outras bacias de pequena dimensão. Assim, pesquisamos e analisamos alguns estudos realizados, os quais passaremos a referir de forma sucinta. Mas, deparamo-nos com o facto desses estudos serem referentes a bacias hidrográficas de maior dimensão do que a

da Ermida, o que nos impossibilitou a comparação dos valores de caudais. Não encontramos estudos de pequenas bacias, à excepção do estudo das sub-bacias do Rio Leça realizado por Edite Velhas e do estudo relativo às sub-bacias do rio Alva, realizado por Luciano Lourenço.

Na tentativa de encontrar valores de caudais de diferentes Bacias Hidrográficas passíveis de serem comparados com os da Bacia Hidrográfica da Ermida, consultamos a "*Monografia hidrológica do rio Ave*" o estudo "Avaliação de caudais de cheia e mapeamento de zonas inundáveis – aplicação ao caso da ribeira da Laje (Oeiras), a monografia da Bacia Hidrográfica do Rio Neiva, do rio Âncora e do rio Cavado.

Todos estes estudos referem-se a bacias com uma área muito superior à da nossa bacia. A bacia hidrográfica da ribeira da Laje tem uma área de 40 km^2 e apenas são referidos os caudais de ponta na secção terminal da ribeira; a bacia hidrográfica do rio Ave cobre uma área de 1390 km^2 e os valores tratados são os caudais anuais referentes ao rio Este (246 km^2), ao rio Ave e ao rio Selho (68 km^2). As monografias dos rios Neiva, Âncora e Cávado apenas referem os caudais médios mensais e/ou anuais.

Também consultámos um estudo de João Loureiro, " *Expressão para o cálculo do caudal máximo de cheia em cursos de água em Portugal*"[145], estudo este que propôs uma zonificação de Portugal em 11 zonas, tendo o autor construiu para cada zona um ábaco com os valores do caudal e do caudal específico, a nossa área estaria inserida na zona 3 contudo não podemos utilizar esse ábaco pois este foi construído com base em valores de caudais máximos instantâneos anuais em bacias de grandes dimensões, daí que não se apliquem à nossa bacia.

O estudo realizado por Luciano Lourenço sobre o rio Alva não refere valores de caudais instantâneos.

O estudo realizado por Edite Velhas, sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Leça, foi o único que encontramos que tratava pequenas bacias hidrográficas e que informações relativas aos caudais registados, entre eles valores de caudais instantâneos. Este facto permitiu-nos tecer algumas comparações entre a nossa Bacia Hidrográfica e duas sub-bacias do Rio Leça: a de Pereiras e a de Fervença, apesar da não coincidência temporal dos dados. Os caudais da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida são relativos ao período que medeia entre Março de 2003 a Dezembro de 2004 enquanto que os caudais das sub-bacias de Fervença e de Pereiras, sobre o Rio Leça[146], são relativos ao período que medeia entre o ano hidrológico 1979/80 e 1987/88.

---

[145] LOUREIRO, João, *Expressão para o cálculo do caudal máximo de cheia em cursos de água em Portugal*, "Revista da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos", vol. 5, nº 1, p. 53-77.

[146] Dados recolhidos e analisados por Edite Velhas na sua dissertação de mestrado sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Leça.

A sub-bacia a montante de Pereiras (9,85 km^2) e a sub-bacia de Fervença (10 km^2) situam-se próximo da Bacia da Ermida, a nossa bacia e as sub-bacias do rio Leça estão separadas pela Serra da Agrela. Assim, as três bacias integram-se num contexto climático é semelhante, facto que não sucede quando analisamos o substrato litológico. Na nossa bacia hidrográfica predominam os xistos e nas sub-bacias do rio Leça os granitos.

Ambas as sub-bacias do Leça situam-se na cabeceira da bacia e ambas possuem postos hidrométricos (estação hidrométrica de Fervença e a estação hidrométrica das Pereiras) onde são realizadas várias medições e registos, entre eles, o caudal máximo instantâneo.

Na Ponte de Fervença (desde 1979-80 a 1987-88) atingiram-se caudais máximos instantâneos absolutos mais elevados do que na Ponte de Pereiras (Quadro 50). O caudal máximo instantâneo mais elevado ocorreu na ponte de Fervença, em Outubro de 1987, tendo atingido 20,5 m^3/s. Estes caudais máximos (que ocorreram na ponte de Fervença e na de Pereiras) coincidiram, na maior parte das vezes, com anos chuvosos, segundo a série do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Verificamos que os caudais máximos instantâneos mais elevados na Ponte de Fervença registaram-se em Outubro (20,5 m^3/s) e em Fevereiro (19,2 m^3/s); na ponte de Pereiras registaram-se em Outubro (13,4 m^3/s) e em Janeiro (11,9 m^3/s). Na nossa área de estudo, a Bacia da Ermida, os caudais máximos instantâneos verificaram-se em Dezembro (11,15 m^3/s), mas mais frequentemente em Outubro (10,55 m^3/s). É de salientar que o valor máximo absoluto registado na nossa bacia e na Ponte de Pereiras não é muito discrepante (11,15 versus 13,4 m^3/s), estes ocorreram em Dezembro de 2003 e em Outubro de 1987 (respectivamente).

		Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Ponte de Fervença	*Máx. absoluto*	*20,49*	*13,79*	*12,97*	*8,82*	*19,15*	*10,7*	*5,06*	*16,8*	*0,73*	*0,75*	*0,08*	*2,92*
	Ano hidrológico	1987/88	1984/85	1985/86	1987/88	1987/88	1983/84	1982/83	1982/83	1982/83	1987/88	1987/88	1980/81
Ponte de Pereiras	*Máx. absoluto*	*13,37*	*9,25*	*6,79*	*11,9*	*8,31*	*5,4*	*5,09*	*7,97*	*2,23*	*1,92*	*0,96*	*1,15*
	Ano hidrológico	1987/88	1984/85	1981/82	1981/82	1987/88	1983/84	1982/83	1982/83	1982/83	1987/88	1987/88	1987/88

Quadro 50 - Caudal máximo instantâneo do rio Leça em Ponte de Fervença e de Pereiras (1979/80-1987/88).

3.3.2. A relação precipitação - caudal instantâneo

Conhecer o enquadramento pluviométrico no qual foram realizadas as medições hidrométricas[147] permite uma melhor compreensão dos valores obtidos. As alturas hidrométricas registadas na ribeira da Ermida deverão ter sido influenciadas pelos quantitativos pluviométricos registados no mesmo dia e/ou no dia anterior à medição. Realizou-se um total de 43 medições, tendo 19 delas ocorrido em dias com precipitação e 24 delas em dias sem precipitação.

As medições decorreram em momentos com características pluviométricas específicas (Quadro 51, Quadro 52, Quadro 53), as quais passaremos, de forma sucinta, a descrever.

As medições das alturas hidrométricas iniciaram-se em Março de 2003, que foi um mês em que a precipitação diária foi reduzida, tendo as medições sido precedidas por dias sem precipitação. Na primeira quinzena de Abril de 2003 também predominaram os dias sem precipitação (as duas primeiras medições ocorridas dia 3 e dia 17 também foi antecedida de dias sem precipitação), facto que se alterou na segunda quinzena. Esta alteração parece justificar o aumento do caudal instantâneo registado no dia 30, já que no dia anterior tinham ocorrido 13,3 mm de precipitação.

A quase total ausência de precipitação registada ao longo de Maio de 2003 motivou a redução dos caudais instantâneos registados.

Tal com sucedeu anteriormente, em Julho, Agosto e Setembro de 2003 as medições decorreram durante períodos sem precipitação, apenas no final de Setembro é que se realizou uma no final de um dia com precipitações elevadas. De Outubro de 2003 a Janeiro de 2004 as medições ocorreram durante ou após episódios pluviométricos, de Março a Setembro de 2004 estas realizaram-se, maioritariamente, em períodos sem precipitação. A predominância destes períodos deve-se ao facto do ano 2003/04 ter sido pouco chuvoso, condicionando assim as medições realizadas.

No mês de Outubro de 2003 as três medições realizadas coincidiram com episódios pluviométricos, no dia 12, 30 e 31 ocorreram precipitações intensas (22 mm, 61,5 mm e 59 mm, respectivamente), especialmente no final de Outubro. O caudal instantâneo registado

[147] A monitorização dos quantitativos pluviométricos ocorridos em Sobrado iniciou-se em Julho de 2003, daí que nas medições hidrométricas realizadas antes dessa data tenham como referência os dados pluviométricos do Porto-Serra do Pilar.

no dia 31 de Outubro foi de 10,55 m^3/s, tendo no dia da medição ocorrido 59 mm e no dia anterior 61,5 mm de precipitação.

Em Novembro as medições realizaram-se em dois períodos com características contrastantes. O início de Novembro correspondeu a um período sem precipitação (registou-se um caudal de 8,26 m^3/s), o dia 16 foi antecedido de um dia com intensas precipitações, ocorreu 62,1 mm e obtivemos, no dia seguinte, um caudal instantâneo de 9,97 m^3/s.

Por outro lado, em Dezembro, as medições coincidiram com períodos chuvosos, sendo de salientar os seguintes episódios: no dia 1 registou-se um caudal instantâneo de 11,15 m^3/s, tendo ocorrido nesse dia 14,2 mm e no dia anterior 87,6 mm de precipitação; no dia 9 registou-se um caudal de 9,97 m^3/s, tendo ocorrido nesse dia 25,6 mm e no anterior 2 mm.

Em Janeiro de 2004 as medições também decorreram durante períodos chuvosos, sendo de salientar o episódio chuvoso do dia 26 que originou um total de 70,7 mm, o qual deverá ter influenciado o caudal instantâneo obtido no dia seguinte (9,97 m^3/s).

De Fevereiro a Julho de 2004 as medições coincidiram com períodos sem precipitação, com excepção da medição realizada no dia 25 de Maio, em que se obteve um caudal instantâneo de 6,44 m^3/s, tendo ocorrido no dia anterior 22 mm de precipitação (e nesse mesmo dia 2,3 mm).

Agosto de 2004 apresentou um comportamento pluviométrico pouco usual, rapidamente percebido ao compararmos, por exemplo, os valores registados em 2004 e em 2003. Em 2004 ocorreu um total mensal de 206,6 mm, enquanto que em 2003 ocorreu 59,4 mm.

A excepcionalidade de Agosto de 2004 pode ser mais uma vez comprovada através dos dados da estação do Porto-Serra do Pilar. Nesta estação em 2004 registou-se um total mensal 127,9 mm, este é o segundo valor mais elevado desde 1930/31, em 1998/99 ocorreu um total mensal de 131,5 mm. De 1930/31 a 2003/04 a precipitação média mensal em Agosto é de 26,8 mm.

Como seria de esperar, esta excepcionalidade reflectiu-se nas medições hidrométricas realizadas. A medição realizada no dia 18 de Agosto correspondeu a um caudal instantâneo de 7,17 m^3/s, nesse dia ocorreram 43,2 mm de precipitação e no dia anterior 53,1 mm. Tais quantitativos pluviométricos diários não se verificaram em Agosto de 2003, o quantitativo mais elevado foi de 26,9 mm (Quadro 52). Em Agosto de 2003 as medições ocorreram durante episódios sem precipitação, registando-se um caudal instantâneo de aproximadamente 5 m^3/s.

Por seu lado, Setembro de 2004 e de 2003 registaram um total pluviométrico muito semelhante (76,4 versus 76,5 mm). Quer em 2004, quer em 2003 as duas medições realizadas ocorreram em contextos pluviométricos distintos. Em 2004 e em 2003 uma das medições ocorreu após 7 dias sem precipitação, tendo-se verificado um caudal instantâneo bastante aproximado, de 5,32 e de 4,65 m^3/s. A outra medição decorreu num período chuvoso, em 7 de Setembro de 2004 registou-se um caudal instantâneo de 6,13 m^3/s, tendo no dia anterior ocorrido 30,2 mm, é de referir que no dia da medição não choveu. No dia 30 de Setembro de 2003 a medição decorreu num dia em que se registaram 54,9 mm de precipitação e o caudal instantâneo obtido foi de 5,62 m^3/s. O facto de em 30 Setembro de 2003 ter-se verificado um caudal instantâneo inferior ao ocorrido de 7 de Setembro de 2004, apesar da precipitação diária ter sido superior, deve estar relacionado com o facto de em 2003 a medição se ter verificado após 8 dias sem precipitação, enquanto que em 2004 nos 4 dias que antecederam a medição tinha ocorrido precipitação.

O sucedido em 30 de Setembro de 2003 e em 7 de Setembro de 2004; em 16 de Novembro de 2003 e em 9 de Dezembro de 2003, entre outras situações, levam-nos a considerar que em pequenas bacias hidrográficas, como a da Ermida, não devemos valorizar unicamente a precipitação ocorrida no dia da medição e/ou momentos antes, mas também a precipitação ocorrida nos dias anteriores à medição. Os dados recolhidos parecem evidenciar que as precipitações ocorridas no dia anterior à medição das alturas hidrométricas influenciam os caudais instantâneos registados.

	Mar-03	Abr-03	Mai-03	Jun-03
1	32,2	0,2	2,7	8,0
2	10,1	0,0	1,0	0,0
		0,0		
3	0,9	7,17	0,0	2,2
4	0,1	0,0	5,1	4,6
5	0,8	0,0	1,0	0,0
6	0,1	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,2	0,0	0,0	0,0
9	0,1	0,0	0,0	0,0
10	0,0	7,1	0,0	0,0
	0,0			
11	7,17	2,9	0,0	0,1
				0,0
12	0,0	5,2	0,0	5,62
13	0,7	Avaria	0,0	0,0
14	0,0	Avaria	0,0	0,0
			0,0	
15	0,0	0,0	6,64	0,0
16	0,1	0,0	0,1	0,0
17	0,0	0,0	0,1	0,0

		6,13		
18	0,0	5,3	0,2	0,0
	0,0			
19	**7,17**	7,9	0,9	0,0
20	0,0	20,5	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,2	0,0	0,0
23	0,5	1,9	0,0	0,0
24	12,4	0,0	0,4	1,3
25	10,1	31,2	0,0	0,0
26	6,8	0,0	0,0	0,0
27	5,3	0,2	0,0	0,1
28	0,0	1,7	0,0	0,0
29	11,8	13,3	0,0	23,2
		0,4	0,0	
30	3,5	**8,26**	**5,62**	8,8
31	0,0		0,0	

	Dia de medição das alturas hidrométricas		Dias consecutivos com precipitação		Dias consecutivos sem precipitação	

14,14 m^3/s – caudal (Ponte da Ribeira da Ermida)

Quadro 51 - Precipitação total diária ocorrida na estação do Porto.Serra do Pilar [148] desde Março a Junho de 2003 e caudal registado nos dias de medição.

	Jul-03	Ago-03	Set-03	Out-03	Nov-03	Dez-03	Jan-04	Fev-04	Mar-04	Abr-04	Mai-04	Jun-04	Jul-04	Ago-04	Set-04
	0,5					14,2									
1	**6,75**	0,0	0,0	47,4	0,4	**11,15**	4,3	0,5	0,0	36,2	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0
													0,0		
2	0,2	0,0	0,0	57,3	0,0	0,4	3,1	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	**5,13**	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,5
					0,0										
4	0,0	0,0	0,0	0,0	**8,26**	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	28,1
5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	2,4	0,0	0,0	12,6	0,0	26,6	0,0	0,0	0,4	16,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5
		0,0													0,0
7	0,0	**5,13**	2,3	0,0	0,0	26,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,1	0,0	**6,13**
8	0,0	0,0	16,4	0,0	23,9	2,0	20,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,7	0,5
						25,6			2,9						
9	0,0	0,0	0,0	0,0	30,8	**9,97**	11,4	0,0	**5,62**	0,0	12,6	0,0	0,0	27,8	0,0
								0,0							
10	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	9,8	**7,71**	6,4	0,0	0,9	0,0	0,0	13,5	0,0
11	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	8,3	0,0	98,4	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0
											0,0				
12	0,0	0,0	0,0	22,0	5,5	0,0	2,9	0,0	19,8	0,0	**6,13**	0,0	0,0	0,0	0,0
				0,0			10,7								
13	1,0	0,0	0,0	**5,62**	5,0	0,0	**8,26**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	1,6	0,0	0,0	0,0	37,9	0,0	30,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	11,4	0,3	0,0	0,0	62,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

[148] Baseamo-nos nos dados pluviométricos da estação do Porto-Serra do Pilar entre Março e Junho de 2003 devido a nesse momento ainda não termos iniciado a monitorização da precipitação em Sobrado.

										6,33		5,72			
			0,0		0,0	0,0									0,0
16	0,0	0,0	4,65	0,0	9,97	8,26	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,32
	0,0														
17	5,62	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,1	0,0
														43,2	
18	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	10,9	0,0	0,0	0,0	29,6	0,0	0,0	0,0	7,17	0,0
19	0,0	0,0	0,0	19,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0
20	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	3,0	0,0	10,9	0,0	0,0	2,7	0,0	5,3	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	5,9	13,4	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	1,8	10,1	0,0	0,0	0,0
									0,0						
23	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	4,5	0,0	5,92	0,0	1,0	5,4	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	2,2	1,6	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		0,0									2,3				
25	0,0	5,62	0,0	9,7	8,2	0,0	20,4	2,6	0,0	0,0	6,44	0,0	0,0	0,0	0,0
26	1,2	0,0	0,0	1,2	60,8	0,0	70,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
							1,8								
27	3,2	19,9	0,0	4,5	2,5	3,4	9,97	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
				7,0									0,0		
28	0,0	26,9	0,0	6,64	19,2	16,4	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,03	0,0	0,0
29	0,0	12,1	0,0	6,5	51,0	3,2	0,5	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			54,9												
30	0,0	0,0	5,62	61,5	87,6	3,5	28,1		2,1	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
				59,0		9,5									
31	0,0	0,2		10,55		6,64	31,6		14,3		0,0		0,0	0,0	

	Dia de medição das alturas hidrométricas		Dias consecutivos com precipitação		Dias consecutivos sem precipitação

14,14 m^3/s – caudal (Ponte da Ribeira da Ermida)

Quadro 52 - Precipitação total diária ocorrida em Sobrado desde Julho de 2003 a Setembro de 2004 e caudal registado nos dias de medição.

	Out-04	Nov-04	Dez-04
1	0,0	0,0	67,3
			19,7
2	0,0	15,9	9,97
3	0,0	19,5	0,0
4	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0
8	1,9	0,0	0,0
9	26,3	0,0	0,0
10	103	0,0	0,0
	27,6		
11	10,55	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0
13	5,0	0,0	1,1

14	5,2	0,0	0,0
15	2,6	0,0	0,3
16	4,9	0,0	0,0
17	0,0	0,0	2,9
18	43,9	0,0	3,9
19	59,5	0,0	16,2
	20,1		
20	**10.55**	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0
24	22,7	0,0	0,0
		0,0	
25	27,7	**8.04**	13,5
26	3,7	0,0	0,0
27	32,0	0,0	0,0
28	33,3	0,0	13,5
	49,7		
29	**10.55**	1,9	0,0
30	34,1	9,1	0,0
			0,0
31	1,9		**7.17**

Quadro 53 - Precipitação total diária ocorrida em Sobrado entre Outubro e Dezembro de 2004 e caudal registado nos dias de medição.[149]

Assim, para tentar compreender um pouco mais as respostas da Bacia da Ermida ao input pluviométrico, construímos o Quadro 54, Quadro 55, Quadro 56, onde tentamos sistematizar os diferentes acontecimentos pluviométricos mais intensos e os caudais instantâneos a que deram origem.

Na sistematização dos episódios pluviométricos mais intensos consideramos três "momentos" diferentes: quando o episódio ocorreu no dia da medição das alturas hidrométricas, quando ocorreu no dia anterior à medição e quando ocorreu em ambos os dias.

Os caudais instantâneos mais elevados ocorreram em Dezembro de 2003 (11,15 m^3/s) e em Outubro de 2003 e de 2004 (10,55 m^3/s), tal como referimos anteriormente. A ocorrência destes caudais parece estar associada a períodos em que a precipitação diária (dia anterior à medição) registada foi superior a 50 mm.

O caudal instantâneo mais elevado ocorreu num momento em que a precipitação ocorrida no dia da medição foi relativamente significativa, tendo sido esta precedida por um dia em que se registou mais de 80 mm. Por seu lado, o caudal instantâneo de 10,55

[149] Os dados pluviométricos resultam da média de duas observadoras. Apenas até final de Setembro de 2004 é que possuíamos cinco observadores.

m^3/s está associado a momentos em que a precipitação foi bastante elevada, quer no dia da medição, quer no dia anterior à medição, tendo sido esta frequentemente superior a 30 mm.

É ainda se salientar que Outubro de 2004 foi o mês que registou mais frequentemente um caudal instantâneo elevado (10,55 m^3/s).

Outra situação pouco usual foi a que sucedeu em Agosto de 2004, posicionando este mês entre os que registou um caudal instantâneo bastante significativo. Os 7,17 m^3/s registados estão associados a precipitações superiores a 40 mm, quer no dia da medição, que no dia anterior à medição. Nas duas medições efectuadas em Agosto de 2003 o caudal instantâneo registado atingiu sensivelmente os 5 m^3/s, tendo estas ocorrido após longos períodos sem precipitação. Em Agosto de 2003 a precipitação máxima não ultrapassou os 26,9 mm, enquanto que em Agosto de 2004 esta atingiu os 53,1 mm. Esta excepcionalidade deverá, posteriormente, ser alvo de um estudo mais aprofundado, mas os dados recolhido em Agosto de 2003 já nos ajudam a identificar o comportamento mais comum nesta época do ano, momento em que os fracos caudais estivais se devem a baixos quantitativos de precipitação. Do conjunto dos meses de Verão, Setembro parece ser aquele que apresenta maior frequência de ocorrência de precipitações intensas, mas estas não provocam aumentos significativos do caudal, devido aos elevados valores da evapotranspiração e da infiltração nesse período.

Preci.dia da medição	Preci.dia anterior à medição	Caudal instantâneo	Período
0,4	13,3	8,26	Abr.03
0,5	8,8	6,75	Jul.03
7	4,5	6,64	Out.03
59	61,5	10,55	Out.03
14,2	87,6	11,15	Dez.03
25,6	2	9,97	Dez.03
9,5	3,5	6,64	Dez.03
10,7	2,9	8,26	Jan.04
1,8	70,7	9,97	Jan.04
2,3	22	6,44	Mai.04
43,2	53,1	7,17	Ago.04
27,6	103	10,55	Out.04
20,1	59,5	10,55	Out.04
49,7	33,3	10,55	Out.04
19,7	67,3	9,97	Dez.04

Quadro 54 – Episódios de precipitações intensas (dia anterior à medição e dia da medição das alturas hidrométricas) e respectivo caudal instantâneo na Bacia Hidrográfica da Ermida entre Março de 2003 e Dezembro de 2004.

Preci.só dia anterior à medição	Caudal instantâneo	Período
22	5,62	Out.03
62,1	9,97	Nov.03

Quadro 55 – Episódios de precipitações intensas (no dia anterior à medição das alturas hidrométricas) e respectivo caudal instantâneo na Bacia Hidrográfica da Ermida desde Março de 2003 a Dezembro de 2004.

Preci. só dia medição	Caudal instantâneo	Período
54,9	5,62	Set.03

Quadro 56 - Episódio de precipitações intensas (no dia da medição das alturas hidrométricas) e respectivo caudal instantâneo na Bacia Hidrográfica da Ermida, desde Março de 2003 a Dezembro de 2004.

Os episódios de precipitações intensas no dia anterior às medições ou no dia de medição das alturas hidrométricas foram pouco frequentes, facto que nos impossibilitou a tentativa de interpretação dos dados. Apesar desta situação, consideramos que é relevante a referência a estes valores, estudos futuros deverão complementá-los, tornando-os mais significativos.

Se considerarmos as medições realizadas em períodos sem precipitação verificamos que os caudais instantâneos registados vão diminuindo à medida que os dias sem precipitação se vão sucedendo; esta característica não se verifica em todos os cursos de água portugueses, especialmente nas regiões calcárias, devido à forte alimentação subterrânea.

Esse decréscimo demonstra a forte alimentação pluvial da Ribeira da Ermida. Vários momentos podem exemplificar esse decréscimo, entre eles o seguinte: em 2 de Julho de 2004 ocorreu um caudal instantâneo de 5,13 m^3/s após 8 dias consecutivos sem precipitação e em 28 de Julho de 2004 ocorreu um caudal instantâneo de 5,03 m^3/s após 20 dias consecutivos sem precipitação. Este decréscimo do caudal não foi tão acentuado como seria de esperar, comportamento este que pode estar relacionado com o facto da Bacia da Ermida ainda apresentar um coberto vegetal bastante significativo, com capacidade para reter alguma da água precipitada. A área impermeabilizada é reduzida.

Os dados pluviométricos obtidos demonstram claramente que o ano 2003/04 foi pouco chuvoso, ocorrendo situações/acontecimentos pluviométricas pouco comuns, mas o ano hidrológico 2004/05 parece que tenderá a ser também pouco chuvoso. Um desses

exemplos é o comportamento pluviométrico de Novembro e Dezembro de 2004 (Quadro 53), cuja reduzida precipitação teve reflexos no escoamento superficial.

Situação completamente diferente verificou-se anteriormente, no mês de Outubro (de 2004) em que ocorreram precipitações intensas em diversos momentos, tendo-se verificado o mesmo caudal instantâneo nas três medições realizadas (10,55 m^3/s). No final de Outubro de 2003 tinha-se verificado uma situação pluviométrica semelhante, as precipitações intensas ocorridas também originaram um caudal instantâneo de 10,55 m^3/s.

Não podemos negligenciar o facto do escoamento fluvial não ser condicionado apenas pelos factores climáticos, mas também pelos factores orográficos e morfológicos, pelos factores biogeográficos e pelos factores litológicos. Todos estes factores interagem entre si e condicionam o escoamento superficial.

No que diz respeito aos factores litológicos, na Bacia da Ermida predominam os xistos, sendo as formações superficiais (ricas em argila) pouco permeáveis, gerando assim uma maior quantidade de água superficial disponível para escoamento. Como é uma área xistosa, apresenta um comportamento distinto das áreas graníticas do noroeste. Segundo Catarina Ramos, as montanhas do NW funcionam como reservatórios de água, pois impedem que, mesmo durante as secas mais graves, os rios analisados deixem de ter escoamento.

Segundo André Guilcher "[l]es facteur climatiques sont les plus déterminants. Une riviére exprime avant tout les condicions realisées dans l'atmosphere pour le cycle de l'eau. Cês facteur peuvent se résumer en deux mots: precipitation et evaporation, qui se combinent pour detérminer l'écoulement" [150] [...] "Le relief joue d'abord dans le conditionnement des facteurs climatique. L'altitude accroît en príncipe les precipitation [...] Le relief agit non seulement sur les precipitations, mais aussi sur l'écoulement".[151]

Durante o período em estudo, a ribeira da Ermida apresentou sempre um escoamento superficial embora, por vezes, muito reduzido. Este comportamento, apesar de terem ocorrido reduzidas precipitações e ser uma área xistosa, poderá estar relacionado com o facto de ser uma área pouco urbanizada, onde o coberto vegetal ainda ocupa uma área bastante considerável. Assim, no caso da bacia da Ermida, os factores biogeográficos poderão influenciar os caudais registados nos períodos de reduzidas precipitações.

Os caudais no Inverno de 2004/05 foram ainda mais reduzidos do que os verificados no Inverno de 2003/04. Estes contrastes reflectem a influência da distribuição interanual das precipitações nos caudais anuais da Bacia Hidrográfica da Ermida. Deverá ser alvo de um estudo mais aprofundado a influência das precipitações intensas, visto no

[150] GUILCHER, André, *Précis d'Hidrologie Marine et Continentale*, Masson e Companhia, Paris, 1965, p. 268.
[151] Idem, p. 270.

ano 2003/04 e 2004/05 terem ocorrido um reduzido número de situações pluviométricas intensas, não possibilitando assim uma análise aprofundada, como era nosso objectivo.

O estudo da irregularidade dos caudais pôde ser complementado pela observação, in locu, da variação de ocupação do leito menor da Ribeira da Ermida e do rio Ferreira. Como seria de esperar, o contraste entre o leito menor característico do Inverno e do Verão, na Ribeira da Ermida, é acentuado (confrontar fotografias). É de referir que a ribeira, no local de medição e na área envolvente, não tem leito com fundo móvel e é quase plano.



A. Leito característicos da Ribeira da Ermida no Inverno (na ponte da Ermida, em direcção a montante)



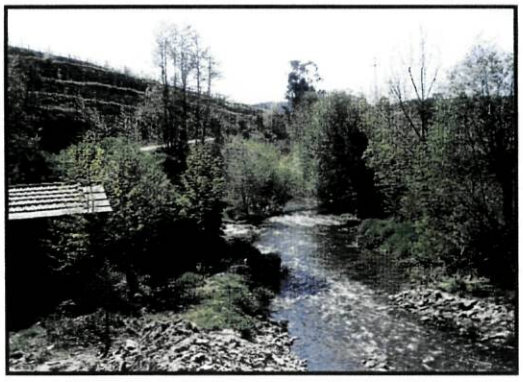
B. Leito característicos da Ribeira da Erimda no Verão (na ponte da Ermida, em direcção a montante).



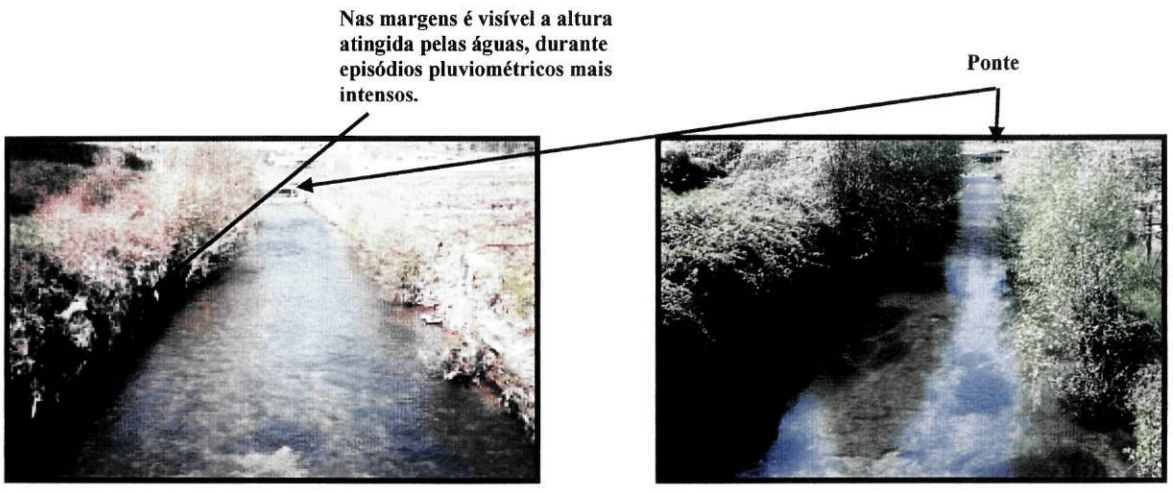
C. Leito ocupado no Inverno (ponte da Ermida em direcção a jusante).



D. Leito característico do rio Ferreira no Inverno (na ponte da Balsa)



E. Leito característico do rio Ferreira no Verão (na ponte da Balsa)



F. Leito característicos do rio Ferreira no Inverno (na ponte da Nossa Senhora das Necessidades)

G. Leito característicos do rio Ferreira no Verão (na ponte da Nossa Senhora das Necessidades)

Fotografias 2 – Variação de ocupação do leito menor da Ribeira da Ermida e do Rio Ferreira.

Os dados recolhidos permitem-nos concluir que o comportamento da Ribeira da Ermida parece estar intimamente associado às características pluviométricas da área em que se insere, apresenta dois períodos distintos: um de águas altas, no semestre pluvioso, e outra de águas baixas no semestre seco.

4. A RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL: UM INSTRUMENTO PARA A PRESERVAÇÃO DO RECURSO NATURAL ÁGUA E PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DO TERRITÓRIO

Observada (e confirmada) a grande irregularidade da precipitação, as grandes diferenças pluviométricas verificadas em áreas muito próximas, a forte relação entre a precipitação e os caudais de pequenas ribeiras, a particular preferência da sociedade pela ocupação dos fundos de vale no seu processo de intensificação da urbanização (por exemplo: em Valongo, em Sobrado), consideramos que é importante incluir no Planeamento e Ordenamento do Território o conhecimento do ritmo intra e interanual da precipitação.

Existem diversos instrumentos de Planeamento e Ordenamento do Território que visam promover a preservação dos recursos naturais, incluindo os hídricos, a preservação da Natureza (a nível local), entre eles a Reserva Ecológica Nacional (REN). A REN deve ser considerada um instrumento fundamental no ordenamento do território uma vez que " tenta regrar o uso de áreas particularmente sensíveis do ponto de vista ambiental, porque experimentam um elevado grau de transformação quando submetidas a pressões antrópicas ou naturais (Viles e Spencer, 1995)."[1]

O Decreto-Lei nº 321/83[2], de 5 de Julho, criou a Reserva Ecológica Nacional (REN). Segundo o Decreto-Lei 93/90 de 5 de Março a Reserva Ecológica Nacional é definida "como uma estrutura biofísica básica e diversificada que, através do condicionamento à utilização de áreas com características ecológicas específicas, garante a protecção de ecossistemas e a permanência e intensificação dos processos biológicos indispensáveis ao enquadramento equilibrado das actividades humanas»."

[1] PEREIRA, Ana Ramos, RAMOS, Catarina, LARANJEIRA, Manuela, *A Reserva Ecológica Nacional (REN): sua importância para o ambiente e o ordenamento do território*, "Finisterra", XXXV, 70, 2000, p. 8,9.

[2] A legislação sobre a REN sofreu alterações, desde a sua criação (Decreto-Lei 321/83 de 5 de Julho) mas não se modificaram os princípios fundamentais que estivaram na base da sua criação

"A REN trata de sistemas ambientais eminentemente físicos e biofísicos, estes estão mal conhecidos no quadro do ordenamento do território.[3]

Segundo Cangueiro[4] a REN abrange um conjunto de áreas indispensáveis à estabilidade ecológica do meio, a finalidade destas áreas é a de possibilitar a gestão, esta permite a exploração dos recursos naturais e a utilização do território de forma sustentável. "A REN pretende "salvaguardar os espaços produtivos (naturais), áreas sensíveis e ocorrências biofísicas (naturais e humanizadas)."[5]

As zonas ribeirinhas, águas interiores, áreas de infiltração máxima, as zonas costeiras e as zonas declivosas são as zonas que deve integrar a REN. De acordo com o nosso estudo, iremos apenas salientar os aspectos relacionados com zonas ribeirinhas, áreas de infiltração máxima e com as zonas declivosas.

As zonas ribeirinhas, águas interiores e áreas de máxima infiltração abrangem os leitos dos cursos de água a áreas adjacentes ameaçadas pelas cheias, as lagoas, margens e zonas húmidas adjacentes, albufeiras, cabeceiras de linhas de água, áreas de máxima infiltração e ínsuas. As zonas declivosas englobam áreas com risco de erosão e escarpas.

O anexo III do Decreto-Lei 93/90 veio clarificar os conceitos utilizados. Segundo o referido anexo "... entende-se por leito o terreno coberto pelas águas quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades. No leito compreende-se ainda os mouchões, lodeiros e areais nele formados por deposição aluvial..." Por seu lado, a zona ameaçada pelas cheias abrange " a área contígua à margem de um curso de água que se estende até à linha alcançada pela maior cheia que se produza num período de um século ou pela maior cheia conhecida no caso de não existirem dados que permitam identificar a anterior".

As cabeceiras de linhas de água correspondem às áreas côncavas situadas nas zonas a montante das bacias hidrográficas, tendo por função o apanhamento das águas pluviais, onde se pretende promover a máxima infiltração das águas pluviais (contribuindo assim para a alimentação dos lençóis freáticos) e reduzir o escoamento superficial e, consequente, erosão. No caso da Bacia Hidrográfica da Ermida, esta assenta num substrato xistoso, indutor de elevada escorrência superficial.

---

[3] PEREIRA, Ana Ramos, RAMOS, Catarina, LARANJEIRA, Manuela, *A Reserva Ecológica Nacional (REN): sua importância para o ambiente e o ordenamento do território*, "Finisterra", XXXV, 70, 2000, p.10.

[4] No seu estudo: *A Estrutura Ecológica e os Instrumentos de Gestão do Território*, da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do NorteMultitema de Dezembro de 2004.

[5] CANGUEIRO, José, *Planos Directores Municipais: A Reserva Ecológica Nacional*, Comissão de Coordenação da Região Norte, Porto, Maio, 1991,p. 8.

As áreas com risco de erosão correspondem às áreas em que, devido às suas características de solo e subsolo, declive e dimensão da vertente e outros factores susceptíveis de serem alterados, tais como o coberto vegetal e práticas culturais, estão sujeitas à perda de solo, deslizamentos ou quebra de blocos. As vertentes rochosas com declive superior a 45° são consideradas escarpas.

A protecção das áreas de máxima infiltração, das cabeceiras das linhas de água, das áreas com risco de erosão devem-se a objectivos específicos, tendo estes sido enumerados por José Cangueiro[6].

Os objectivos subjacentes à protecção das áreas de máxima infiltração são os seguintes: promover a infiltração das águas e consequentemente evitar o escoamento superficial, promover a recarga de aquíferos ou áreas de acumulação de água; conservação e gestão da água (quantidade e qualidade); armazenamentos natural da água em zonas de escassez.

No caso da Bacia Hidrográfica da Ermida[7], as áreas de infiltração máxima deverão ser pouco numerosas visto esta se desenvolver sobre xisto, o qual potencia o escoamento superficial. Esta característica litológica ao favorecer o escoamento superficial potencia o risco de cheias e inundações.

Por seu lado, a protecção das cabeceiras das linhas de água deve-se à necessidade de promover a infiltração da água e a sua utilização nas cotas altas das bacias hidrográficas, evitar fenómenos de erosão hídrica com consequente arrastamento das partículas finas a montante e colmatação da porosidade dos solos a jusante, assegurar o abastecimento regular de águas pluviais à rede hidrográfica e às nascentes; reduzir os riscos de cheia nos cursos de água médios e finais da Bacia Hidrográfica e melhorar a qualidade da água.

Por sua vez, a protecção das áreas com risco de erosão permite conservar e gerir o recurso água (promover a infiltração em detrimento do escoamento superficial), conservar e gerir do recurso solo (evitar a erosão hídrica, aterro e escavações e a mistura de horizontes do solo), evitar a perda de partículas finas e consequente colmatação dos solos a jusante, reduzir os riscos de cheia nos vales, reduzir a acumulação de depósitos nos leitos dos rios, manter o equilíbrio dinâmico dos processos morfogenéticos e pedogénicos e reduzir a probabilidade de riscos naturais sobre as actividades humanas, por exemplo deslizamentos.

---

[6] José Cangueiro elaborou um estudo intitulado *Planos Directores Municipais: A Reserva Ecológica Nacional* (Comissão de Coordenação da Região Norte, Porto, Maio, 1991) onde enumerou os objectivos subjacentes à protecção das diferentes áreas integradas na REN.

[7] Consultar Fig. Anexa 5 relativa às áreas de REN da Bacia Hidrográfica da Ermida.

A definição das áreas de REN poderá, assim, contribuir para a melhoria das condições ambientais dos concelhos[8] e para prevenir as consequências gravosas dos fenómenos/episódios extremos frequentes de precipitação. O concelho de Valongo, segundo o estudo realizado por Ana Pereira, Catarina Ramos e Manuela Laranjeira, integra-se no grupo dos concelhos com uma tensão ambiental elevada (forte pressão humana e condições biofísicas favoráveis).

Segundo Jorge Oliveira, a REN é um instrumento local de preservação do ambiente, consequentemente de gestão dos recursos hídricos, dos riscos naturais e induzidos pelo Homem, de conservação da natureza.

A gestão dos recursos hídricos deverá abranger quer a qualidade quer a quantidade do recurso natural água. A gestão quantitativa do recurso água passa, entre outros elementos, pela gestão das cheias/inundações e dos períodos de seca.

A precipitação, intrinsecamente variável e imprevisível, é um dos elementos climáticos que mais deveria condicionar o ordenamento do território, assim como a gestão dos recursos hídricos. A ocorrência de episódios pluviométricos intensos poderá originar cheias/inundações[9], erosão dos solos, movimentos de terra. Na nossa área de estudo a ocorrência de cheias/inundações é frequente, tendo um dos episódios sido retratado anteriormente (grupo II, capítulo 1).

Por sua vez, a ausência prolongada de precipitação poderá originar também movimentos de terra (devido à reduzida coesão do solo), situações de seca. A seca poderá levar à degradação do coberto vegetal, poderá facilitar a propagação dos incêndios e consequente degradação do solo, influenciará a disponibilidade de água para consumo doméstico, industrial, agrícola, condicionando assim o crescimento económico. Geralmente origina o aparecimento de espaços vazios próximo dos cursos de água, os quais o Homem tenderá a ocupar devido a serem áreas férteis, aumentando assim a sua vulnerabilidade.

O ordenamento do território deverá ser compatível com a variabilidade pluviométrica no sentido de mitigar os seus impactes. Daí a importância de evitar a pressão urbanística próximo das margens dos cursos de água, evitar a criação de extensas áreas

[8]Segundo Ana Pereira, Catarina Ramos e Manuela Laranjeira a gestão da REN deve-se enquadrar no âmbito da necessária articulação entre crescimento e ambiente. As investigadoras referem que "para a maioria das autarquias a REN é um travão ao que é considerado «desenvolvimento», em especial no que respeita à expansão urbana, cujos terrenos expectantes estão muitas vezes em área de REN." (cit. PEREIRA, Ana Ramos, RAMOS, Catarina, LARANJEIRA, Manuela, *A Reserva Ecológica Nacional (REN): sua importância para o ambiente e o ordenamento do território*," Finisterra", XXXV, 70, 2000, p.31

impermeabilizadas, dimensionar correctamente o escoamento pluvial urbano, evitar cortes nas vertentes, evitar a desflorestação, preservar as cabeceiras das linhas de água.

A alteração do uso do solo, por exemplo, através da expansão das áreas urbanizadas, da desflorestação poderá originar a intensificação das inundações. "Urbanisation (...) may affect flood runoff because urbanisation produces extended impermeable surfaces of bitumen, tarmac (...)."[10] A urbanização pode criar problemas relacionados com a ocorrência de inundações, mas também problemas relacionados com a disponibilidade de água e com a sua poluição[11]. Por seu lado, a desflorestação leva a uma diminuição da infiltração e consequente aumento do escoamento superficial. Tal como refere Andrew Goudie " a mature forest probly intercepts a higher proportion of rainfall, tends to reduce rates of overland flow, and promotes soils with higher infiltration capacity and better general structure."[12]

Assim, o ordenamento territorial sustentável e a sustentabilidade da gestão hídrica deverão estar intimamente associados conhecimento da dinâmica pluviométrica local. Actualmente assiste-se a uma desvalorização da componente física, entre elas a climática, a nível do ordenamento do território tornando as populações cada vez mais vulneráveis aos riscos naturais. É necessários criar elos entre o clima e o planeamento territorial. No caso da nossa área de estudo a ausência de estações climatológicas (quer de monitorização da precipitação, quer da temperatura, ...) é um indicador do reduzido interesse manifestado em torno da dinâmica climática local.

A forma como são encaradas as áreas de REN também dificulta o ordenamento sustentável do território. "As áreas de REN são encaradas (indevidamente) de forma estanque (carácter concelhio). [...] A REN diz respeito a sistemas físicos e nalguns casos biofísicos. Estes têm uma dinâmica própria, natural ou induzida pela acção humana, mas que é supraconcelhia e não se compadece com as divisões administrativas. [...] O carácter estanque com que a REN tem sido encarada em concelhos contíguos, constitui um dos principais obstáculos à sua gestão e aproveitamento (...)."[13]

"Outra concepção menos apropriada é a de que a REN é estática"[14]. A ocorrência, por exemplo, de um episódio pluviométrico intenso ou seca intensa e suas variadas consequências, poderá levar a uma alteração das características da REN, implicando assim uma redefinição das formas de gestão dessas áreas.

---

[10] GOUDIE, Andrew, *The Nature of the Environment*, Oxford, Wiley, 2001, p. 483.
[11] A expansão das áreas urbanizadas leva ao aumento das densidades populacionais que origina o aumento da necessidade de água, assim como a sua deterioração.
[12] GOUDIE, Andrew, *The Nature of the Environment*, Oxford, Wiley, 2001, p. 447.
[13] PEREIRA, Ana Ramos, RAMOS, Catarina, LARANJEIRA, Manuela, *A Reserva Ecológica Nacional (REN): sua importância para o ambiente e o ordenamento do território*, Finisterra, XXXV, 70, 2000, p. 37,38.
[14] Idem, p. 38.

Um outro exemplo que poderá ilustrar o carácter dinâmico das áreas de REN é a construção (recente) do IC 24, o qual também influenciará a dinâmica da Bacia Hidrográfica da Ermida e consequentemente das áreas de REN integradas na referida Bacia Hidrográfica. Na Bacia Hidrográfica da Ermida a protecção das cabeceiras das linhas de água e das áreas com risco de erosão deverá ser afectada pela construção do IC24. Assistimos a uma intensificação da desflorestação e alteração do relevo natural, que poderão potenciar os fenómenos de erosão hídrica assim como os riscos naturais (deslizamentos, cheias/inundações).

Segundo A. Telhado[15] os impactes mais significativos da rede viária sobre os recursos hídricos são os seguintes: afectação de áreas de infiltração máxima, localização dos traçados situados paralelamente e a pequena distância das linhas de água, desvio e regularização das linhas de água, localização de nós sobre linhas de água, descarga de elevados caudais em linhas de água com insuficiente secção de vazão. No caso do IC 24 ainda não podemos constactar se alguns destes impactes se verificam visto a sua construção ainda estar numa fase inicial. Apenas podemos observar a desflorestação e a alteração das vertentes.

Assim, após a finalização da construção do referido IC será importante promover a recuperação ou reabilitação de áreas degradadas, tentando assim reestabelecer equilíbrio eco-natural dos sistemas, entre eles o sistema ribeirinho. Deverão ser condicionadas as zonas de expansão de aglomerados, é necessário valorizar, tal como afirma José Cangueiro, no presente e no futuro, o ECO-URBANISMO, criando e valorizando ocorrências naturais em espaço urbano ou urbanizável.

[15] TELHADO, A., *Medidas Minimizadoras resultantes das infraestruturas rodoviárias nos recursos hídricos*, INAG, p. 3.

SÍNTESE E CONCLUSÕES

Ao longo do presente estudo procuramos trazer um contributo ao conhecimento dos riscos naturais, em particular ao conhecimento do elemento climático precipitação e aos riscos que lhe estão associados.

No âmbito dos riscos naturais abordamos as diferentes noções de risco, os diferentes tipos de riscos, dando especial atenção aos riscos climáticos. Constatamos que na comunidade científica aumentou o debate e a investigação em torno dos riscos. Mas, o consenso em torno da noção de risco ainda não foi alcançado. A ausência de consenso também está presente na sua classificação, visto existirem diversas classificações. Estas baseiam-se em diferentes critérios de análise que foram estabelecidos face à impossibilidade do homem estudar simultaneamente todas as dimensões dos riscos, bem como todos os riscos.

Além compreendermos melhor os diversos riscos naturais, em especial os riscos climáticos, também procuramos conhecer um pouco melhor a percepção dos indivíduos face aos episódios pluviométricos. A forma que encontramos para aceder/entrar no "mundo" da percepção foi através da análise da imprensa escrita. Confrontamos a realidade com o percepcionado pela imprensa, partindo do pressuposto que esta tende a reflectir o pensamento das populações.

A análise global dos artigos pesquisados permitiu-nos concluir que o interesse dos média para com os fenómenos de precipitação parece que se intensificou nos últimos anos tanto no que respeita à preocupação em descrever as suas consequências como também as características do fenómeno em causa. O facto das consequências dos fenómenos pluviométricos intensos se terem intensificado nos últimos anos poderá ter contribuído, um pouco, para "aguçar" o seu interesse. Grande parte dos artigos jornalísticos retrata comportamentos e modos de vida que reflectem a ausência de uma "cultura de cheia". Nos artigos jornalísticos analisados está patente, de uma forma indirecta, a crença no poder humano face às forças da natureza e a reduzida valorização dos eventos climáticos extremos, nomeadamente os pluviométricos.

Pretendemos também aprofundar o conhecimento relativo ao elemento climático precipitação à escala local, aprofundamos o conhecimento relativos à dinâmica pluviométrica da estação Porto-Serra do Pilar (desde 1930/31 a 2002/03) e identificamos alguns contrastes pluviométricos entre duas áreas espacialmente próximas: o Porto-Serra do Pilar e Sobrado (ano 2003/04). A identificação dos referidos contrastes locais foi dificultada pela escassez de informação disponível em Sobrado.

Constatamos que de 1930/31 a 2002/03, na estação do Porto-Serra do Pilar, a precipitação anual, tal como era de esperar, evidenciou um comportamento muito irregular. Pareceu-nos possível identificar, ainda que com alguma subjectividade, em cinco períodos distintos nessa evolução: de 1930/31 a 1944/45 (registou-se um acréscimo seguido de um decréscimo); de 1945/46 a 1962/63 (tendência de acréscimo) um; de 1963/64 a 1976/77 (tendência de decréscimo); de 1977/78 a 1990/91 (continua a tendência de decréscimo) e de 1991/92 a 2002/03 (tendência de acréscimo). Registamos também a impressão que, nos últimos anos, os contrastes pluviométricos interanuais parecem ter-se acentuado.

A variabilidade interanual é significativa, mas a percentagem de anos muito secos (20,5%), secos (19,2%), normais (20,5%), chuvosos (19,2%) e muito chuvosos (20,5%), face aos setenta e três anos observados, é bastante semelhante. A década de 60 foi a mais húmida e uma das menos irregulares, em termos de quantitativos anuais. Por seu lado, na década de 40 a secura fez-se sentir de forma mais intensa. Foi nesta década que ocorreu o maior número de anos muito secos (6). A tendência de secura também se prolongou para a década de 50. No novo milénio a tendência de secura também marca a sua presença (2001/02; 2003/04). A década que apresentou a maior variação em torno do valor médio foi a de 70.

Ao debruçarmo-nos sobre as séries mensais e sazonais da estação do Porto-Serra do Pilar constatamos que, comparativamente com os valores anuais, estas espelham uma maior variabilidade pluviométrica.

A leitura dos coeficientes de variação para cada série mensal demonstra, indiscutivelmente, a forte variabilidade das precipitações em qualquer dos meses, mesmo nos mais pluviosos. Ao contrário do que seria de esperar os valores pluviométricos máximos anuais em 24 horas não ocorrem apenas nos meses de Inverno. Apesar de estes se concentrarem na referida estação, ainda podemos encontrar na Primavera e no Outono uma frequência significativa.

O comportamento dos semestres Outubro-Março e Abril-Setembro está longe de ser homogéneo. Mas, não existe apenas o contraste semestre mais pluvioso/semestre mais

seco, quer o semestre mais pluvioso quer o semestre que evidencia uma tendência para uma maior secura não apresentam um comportamento homogéneo ao longo da série. Sofrem grandes variações interanuais, especialmente quando a anos muito pluviosos sucedem anos muito secos (ou vice-versa).

O semestre Outubro-Março é o que mais influencia os quantitativos pluviométricos anuais, já que tem um "peso" de 71,6% no total anual. Embora seja nitidamente o semestre mais pluvioso, constatamos que a forte predominância dos dias com precipitação verifica-se apenas entre Novembro e Fevereiro. Por seu lado, no semestre Abril-Setembro o forte domínio dos dias sem precipitação verifica-se apenas entre Junho e Agosto.

Os dados demonstram, claramente, que é no semestre Outubro-Março que se concentram os dias com precipitação e mesmo em anos muito secos o número médio de dias com precipitação é, nesta época do ano, bastante significativo. Daí que o semestre Outubro-Março deva ser sempre considerado húmido, esteja ele integrado num ano muito pluvioso ou muito seco.

A forte variabilidade intra-anual, seja ao nível dos quantitativos observados, seja ao nível das frequências de ocorrência, influencia a delimitação temporal da estação pluviosa em cada ano.

Esta forte variabilidade pluviométrica que se faz sentir no Porto-Serra do Pilar também está presente em Sobrado. Em Sobrado verifica-se uma maior irregularidade pluviométrica, tal como demonstra o coeficiente de variação, embora não ocorra uma grande discrepância entre os dois espaços. Os registos os pluviométricos semestrais e mensais ajudaram-nos a compreender a forte irregularidade pluviométrica que se faz sentir em ambos os lugares.

Numa visão global do ano hidrológico 2003/04 verificamos que as tendências pluviométricas, quer de acréscimo, quer de decréscimo se repetem em Sobrado e na estação do Porto-Serra do Pilar, não se identificando comportamentos antagónicos.

Constatamos que a precipitação, ao longo do referido ano hidrológico, foi mais frequente na estação do Porto-Serra do Pilar, mas atingiu quantitativos mais elevados em Sobrado. Esta dicotomia quantitativa entre o Porto-Serra do Pilar e Sobrado acentua-se à medida que os episódios pluviométricos se tornam mais intensos.

Ao longo do período de tempo monitorizado constatamos que apesar das diferenças quantitativas e de frequência, em ambas as áreas a precipitação mensal tende a ter o mesmo ritmo. Os valores mensais confirmaram a tendência que os valores semestrais já espelhavam: em Sobrado a precipitação é superior à que ocorre na estação do Porto-Serra do Pilar (exceptuando Julho de 2003 e Fevereiro de 2004), mais irregular, menos frequente.

Estes contrastes pluviométricos quantitativos entre Sobrado e a estação do Porto-Serra do Pilar, deverão ser influenciados por três factores geográficos principais: o afastamento em relação ao mar, especialmente durante o Verão, e a morfologia e a altitude, especialmente durante o Inverno. Assim, no Verão, Sobrado regista um menor número de dias com precipitação do que a estação do Porto-Serra do Pilar porque é menos influenciado pelo ar húmido vindo do oceano Atlântico. No Inverno, as cadeias montanhosas que rodeiam e antecedem (em relação aos fluxos de oeste) Sobrado facilitam a ascensão do ar originando, assim, precipitações mais intensas. Assim, a morfologia e a altitude parecem ser os factores geográficos que melhor explicam os quantitativos pluviométricos desta área do interior próximo do Porto-Serra do Pilar.

Ao contraste quantitativo opõe-se a homogeneidade do ritmo da precipitação. O carácter marcadamente regional e espacialmente abrangente das condições gerais da atmosfera nesta região, parece ser a causa principal da homogeneidade do ritmo da precipitação em Sobrado e na estação do Porto-Serra do Pilar.

A exiguidade temporal dos dados pluviométricos constituiu um obstáculo à caracterização da dinâmica pluviométrica de Sobrado. A descontinuidade, a forte irregularidade/variabilidade, a impossibilidade de antecipação são características intrínsecas do elemento climático precipitação que também constituíram um importante condicionante/obstáculo à nossa análise.

No presente estudo, além de procurarmos compreender melhor a dinâmica pluviométrica também procuramos compreender um pouco melhor a sua influência na dinâmica hidrológica de cursos de água de pequena dimensão. Para atingirmos esse objectivo seleccionados como caso de estudo a Bacia Hidrográfica da Ermida. Analisamos as variações pluviométricas e o seu impacte no escoamento superficial da Bacia Hidrográfica da Ermida (desde Março de 2003 a Dezembro de 2004), incluindo alguns episódios de precipitações intensas (risco climático). Não nos foi possível estudar episódios de cheia na referida bacia hidrográfica visto estes não terem ocorrido ao longo do intervalo temporal de análise deste estudo. Assim, não nos foi possível constatar se efeito das precipitações intensas na magnitude das cheias poderá estar relacionado com a forma, a dimensão da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida.

Realizaram-se um total de 43 medições hidrométricas, tendo 19 delas ocorrido em dias com precipitação e 24 delas em dias sem precipitação.

Os dados recolhidos permitem-nos concluir que o comportamento da Ribeira da Ermida parece estar intimamente associado às características pluviométricas da área em que se insere, apresentando dois períodos distintos: um de águas altas, no semestre pluvioso, e outra de águas baixas no semestre seco.

Os caudais instantâneos mais elevados ocorreram em Dezembro de 2003 (11,15 m^3/s) e em Outubro de 2003 e de 2004 (10,55 m^3/s). A ocorrência destes caudais parece estar associada a períodos em que a precipitação diária registada foi superior a 50 mm.

Os episódios de precipitações intensas no dia anterior às medições ou no dia de medição das alturas hidrométricas foram pouco frequentes, facto que nos impossibilitou a tentativa de interpretação dos dados.

Se considerarmos as medições realizadas em períodos sem precipitação verificamos que os caudais instantâneos registados vão diminuindo à medida que os dias sem precipitação se vão sucedendo. Esse decréscimo demonstra a forte alimentação pluvial da Ribeira da Ermida.

A correcta gestão da Ribeira da Ermida, assim como de todos os recursos hídricos, a minimização da vulnerabilidade face aos riscos climáticos /hidrológicos, nomeadamente as precipitações intensas e longos períodos de seca, o ordenamento sustentável do território passa pela valorização e correcta definição de todas as áreas.

O ordenamento do território deve ser compatível, entre outros, com a variabilidade pluviométrica no sentido de mitigar os seus impactes. Daí a importância de evitar a pressão urbanística próxima das margens dos cursos de água, a criação de extensas áreas impermeabilizadas, os cortes nas vertentes, a desflorestação, de promover a preservação das cabeceiras das linhas de água. Assim, o ordenamento territorial sustentável deverá estar intimamente associado ao conhecimento da dinâmica pluviométrica local.

Actualmente assiste-se a uma desvalorização da componente física, entre elas a climática, a nível do ordenamento do território tornando as populações cada vez mais vulneráveis aos riscos naturais. É necessários criar elos entre o clima e o planeamento territorial. É necessário valorizar, tal como afirma José Cangueiro, no presente e no futuro, o eco-urbanismo, criando e valorizando ocorrências naturais em espaço urbano ou urbanizável. Existem várias formas de atingir este objectivo. A REN, por exemplo, é um instrumento local de preservação do ambiente, consequentemente de gestão dos riscos naturais e antrópicos, de conservação da natureza. A definição da REN (Reserva Ecológica Nacional) poderá contribuir para a melhoria das condições ambientais dos concelhos e para prevenir as consequências gravosas de fenómenos/episódios extremos frequentes de precipitação.

Consideramos que o trabalho realizado pode e deve ser aprofundado futuramente, apesar de ter constituído um contributo para o estudo do elemento climático precipitação à escala local e dos riscos que lhe estão associados. Demonstrou a importância de valorizar os riscos naturais, nomeadamente os climáticos no ordenamento do território.

BIBLIOGRAFIA

ALMENDROS COCA M; FERNÁNDEZ GARCIA, Felipe – *La precipitation y el viento como riesgos climáticos urbanos: el caso de Madrid.* "Territorium",Coimbra, MinervaCoimbra, 3, 1996,p. 25-34.

BARLOW,M.et al. - *Climate Impacts-August,* IRI Climate Digest, Setembro,2001.

BATEIRA, Carlos, *Movimentos de Vertente no NW de Portugal, Susceptibilidade Geomorfológica e Sistemas de Informação Geográfica,* Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2001.

BLAIKIE, Piers, et al. - *At Risk,* 1° edição, Londres, Routledge, 1994.

BLÖCHLIGER, Hansjörg, NEIDHÖFER, Frank - *Effects of Extreme Precipitation Events,* Berna, Secrétariat OcCC - ProClim,ed., 1999.
http://www.proclim.unibe.ch

BOUCHER, Keith – *Global Warming,* in: Pacione, Michael, ed., "Applied Geography: Principles and Practice". Londres, Routledge, 1999, p. 21-33.

BRANDÃO, Claúdia, RODRIGUES, Rui, COSTA, Joaquim Pinto, *Análise de Fenómenos Extremos Precipitações Intensas em Portugal Continental,* Lisboa, Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, 2001.

BULL, L., KIRBY, M., SHANNON, J. et al – *The impact of rainstorms on floods in ephemeral channels in Southeast Spain.* "Catena", Londres, Elsevier, 38, 1999. p.191-209.

CAETANO, Lucília (coordenação), *Território, Ambiente e Trajectórias de Desenvolvimento,* Centro de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 2003.

CALVET, N. - *Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil.*
http:// tucupi.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp.html

CAMARASA BELMONTE, A., SEGURA BELTRÁN, F. – *Flood events in Mediterranean ephemeral streams (ramblas) in Valência region, Spain.* "Catena", Londres, Elsevier, 45 (5), 2001, p. 229-249.

CANGUEIRO, José, *Planos Directores Municipais: A Reserva Ecológica Nacional,* Comissão de Coordenação da Região Norte, Porto, Maio, 1991.

CANGUEIRO, José, *A Estrutura Ecológica e os Instrumentos de Gestão do Território,* Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do NorteMultitema, SGPS, SA., Porto, Dezembro, 2004, p.9-94.

CANTOS, Jorge Olcina, AYALA-CARCEDO, Francisco (editores), *Riesgos Naturales*, Ariel Ómega, Barcelona, 2001.

Contributo das ciências sociais para o estudo das cheias, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, p. 7-33.

CHANGNON, Stanley A., CHANGON, David - *Record-Hight Losses for Weather Disasters in the United states durind the 1990s: How Excessive and Why?*."Natural Hazards", Holanda, Kluwer Academic Publishers, 18, 1999, p. 287-300.

CHOW, Ven Te, *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill, Londres, 1964, p. 9.2 – 9.64; 14.2-14.8.

CHRISTOFOLETTI, António, *Geomorfologia*, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1980, p.65-127.

COTTLE, S. – *Tv news, lay voices and the visualization of environmental risks ,in:* ALLAIN,S., ADAM,B., CARTER,C.,eds, "Environmental Risques and the Media". Londres, Routledge, 2000, p. 29-44.

CUNHA, Lúcio, CAMPAR, António, GAMA, António et all., *Bacia Hidrográfica do rio Lis*, Coimbra, Câmara Municipal de Leiria, 1989,p. 3-50.

CUNHA, Lúcio, DIMUCCIO, Luca – *Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra.*"Territorium", Coimbra, MinervaCoimbra, 9, 2002,p. 37-51.

CUNHA, P. Proença – *Vulnerabilidade e risco resultante da ocupação de uma planície aluvial – o exemplo das cheias do rio Mondego (Portugal central), no Inverno de 2000/2001.*"*Territorium*", Coimbra, MinervaCoimbra, 9, 2002,p.13-35.

DAVEAU, Suzanne – *Répartition Geographique des pluies exceptionellement fortes au Portugal.* "Finisterra", Lisboa, CEG, 7 (13), 1972, p. 2-27.

DAVEAU, Suzanne - *Portugal Geográfico*,2ª edição, Lisboa, Edições João Sá da Costa, 1998, p.24-29.

DENUAU, M., *Précis de Geomorfologie*, Masson e Companhia, Paris, 1972, p. 100-104; 190-222.

DOUGLAS, Ian – *Physical problems of the urban environment*, in: Pacione, Michael, ed., "Applied Geography: Principles and Practice". Londres, Routledge, 1999, p. 124-134.

ESTRELA, T., MENÉNDEZ, M., DIMAS, M. - *Sustainable water use in Europe: part3: Extreme hydrological events: floods and drought*, Environment issue report, nº 21.
http//:themes.eea.eu.int/Environmental issues/climate/reports

FABIÃO, Helena (elaboração e coordenação), Monografias sobre as Bacias Hidrográficas do Norte de Portugal, *A Bacia Hidrográfica do rio Neiva/Âncora*, Projecto de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos do Norte de Portugal, Direcção dos Recursos Naturais, 1990.

FERNÁNDEZ GARCIA, Felipe - *Manual de Climatologia Aplicada*, Madrid, Editorial Sintesis, 1995, p. 115-132.

FLEMING, G. (edited by) – *FloodRisk Management*, Thomas Telford Publishing, Londres, 2002.

GANHO, Nuno – *O "paroxismo" pluviométrico de 2000/2001 em Coimbra. Umas notas a montante dos riscos naturais e da crise.*"Territorium", Coimbra, MinervaCoimbra, 9, 2002,p. 5-11.

GAUDIE, A. - *The Environmental Change,* Oxford, Clarendon Press, 1977.

GOUDIE, Andrew, *The Nature of the Environment*, Oxford, Wiley, 2001, p. 427-454; 456-510.

GORDON, Nancy, McMAHON, Thomas, FINLAYSON, Brian, *Stream Hydrology – Na Introduction for Ecologists*", Grã-Inglaterra, Will ey, 1994, P. 127 – 214.

GROISMAN, Pavel et al. – *Changes in the probability of heavy precipitation: important indicators of climate change,*in: KARL,Thomas R et all., ed., "Weather and Climate Extremes". Londres, Klumer Academic Publishers, vol. 42, nº 1, 1999, p. 243-283.

GUILCHER, André, *Précis d'Hidrologie Marine et Continentale*, Masson e Companhia, Paris, 1965, p. 267-340.

HAQUE, C. Emdad - *Risk Assessment, Emergency Preparedness and Response to Hazards: The Case of the 1997 Red River Valley Flood, Canada.* "Natural Hazards", Holanda, Kluwer Academic Publishers, 21, 2000, p. 225-245.

HOLMES, George M. - *Effect of Extreme Weather on Student Test Performance.* . "Natural Hazards Review", Agosto, 2002, p. 82-91.

KANELLOPOULOU, E. A. - *Spatial distribution of rainfall seasonality in Greece.* "Weather", vol. 57, Junho, 2002, p. 215-219.

KLASSOU, K. Selom – *Risques Hydrologiques et Socio-Économique lies à la Dynamique Climatique dans la Bassin-Versant du Haho à Gati (Togo)*, in: Lamarre, Denis, direcção., " Les Risques Liés au Climat". Editions Universitaires de Dijon, 1997, p. 51-63.

KING, Cuchlaine A. M. - *Physical Geography*, Oxford, Blackwell Publishers, 1980.

KOMUSCÜ, A., ERKAN, A., ÇELEK, S. – *Analysis of metereological and terrain features leading to the Izmir Flash Flood 3-4 Nov 1995.* "Natural Hazards", Holanda, Kluwer Academic Publishers, 18 (1), Julho, 1998, p. 1-25.

LAGADEC, Patrick - *Preventing Chaos in a Crisis*, Londres, McGraw-Hill, 1993, p. 1-171

LAMB, H. - *Climate, History and the Modern World*, 2º edição, Londres, Routledge, 1995.

LAMARRE, Denis (direcção) - Les Risques Liés au Climat, Editions Universitaires de Dijon, 1997.

LENCASTRE, A., FRANCO, F. M., *Lições de Hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 1984, p. 27-69; 125-151; 249-326.

LEOPOLD, Luna B., WOLMAN, M. Gordon, MILLER, John P., *Fluvial Processes in Geomorfology*, San Francisco, Freeman and Company, 1964, p. 131-150.

LIMA, Maria Luísa - *Contributos para o estudo da representação do risco*, 3° edição, Lisboa, Sector de Artes Gráficas – LNEC, 1997, p. 1-102.

LOUREIRO, João, MACHADO, Maria de Lourdes, *Monografia hidrológica do rio Ave*, Revista da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, vol. 6, n° 3, Setembro, 1995, p. 13-28.

LOURENÇO, Luciano - *O Rio Alva,* Coimbra, Instituto de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, 1989.

MARSH, William, GROSSA, John Jr., *Environmental Geography: science, land use and earth systems*, Wiley, Estados Unidos da América, 2002, p.1-43; 237- 263.

McGRANAHAN, Gordon - *The Citizens at Risk*, Reino Unido, Earthscan Publications, 2001.

MILETI, D. - *Disasters by design* , Washington, Joseph Henry Press,1999.

MONTEIRO, Ana, *O Clima Urbano do Porto*, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 1993.

MONTEIRO, Ana - *Perceptibilidade, risco e vulnerabilidade em Climatologia – um estudo de caso no Porto. "Territorium"*, Coimbra, MinervaCoimbra, 2, 1995,p.51-63.

MONTEIRO, Ana, *A fragilidade de um país que ignora o seu clima.* IV Jornadas sobre Ambiente e Qualidade Urbana, Universidade Moderna, Porto, 25 e 26 de Outubro de 2001, p. 192-200.

MONTEIRO, Ana (coord.), Atlas Agroclimatológico de Entre Douro e Minho, Relatório Fevereiro 2002/Janeiro 2003.

OLIVEIRA, Jorge, *A Reserva Ecológica Nacional: a contribuição da Geografia para a eficácia deste instrumento no Planeamento e Ordenamento do Território*, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 1997.

PACIONE, Michael – *In pursuit of useful knowledge: the principles and practice of applied geography*, in: Pacione, Michael, ed., "Applied Geography: Principles and Practice". Londres, Routledge, 1999,p. 3-18.

PAREDES, Aquino (elaboração e coordenação), Monografias sobre as Bacias Hidrográficas do Norte de Portugal, *A Bacia Hidrográfica do rio Cávado*, Projecto de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos do Norte, Direcção Geral dos Recursos Naturais, 1990.

PARK, C. - *The Environment: principles and applications*, Londres, Routledge, 1997.

PÉGUY, Ch. P., *Précis de Climatologie*, Masson e Companhia, Paris, 1970, p. 100-104; 190-222.

PEREIRA, Ana Ramos, RAMOS, Catarina, LARANJEIRA, Manuela, *A Reserva Ecológica Nacional (REN): sua importância para o ambiente e o ordenamento do território*, "Finisterra", XXXV, 70, 2000, p. 7-40.

PICKERING, Kevin T., OWEN, Lewis A. – *Natural Hazards*, in: Pickering, Kevin T., Owen, Lewis A., ed., "Global Environmental Issues". Londres, Routledge, 1997,p. 229-347.

PINHO, Paulo et all., *O Estado do Ambiente e do Ordenamento do Território na Região Norte*, Comissão de Coordenação da Região Norte, Porto, Dezembro, 1995, p. 31-41; 67-74.

PRESS, Frank, SIEVER, Raymond - *Understanding Earth*, 2° edição, Nova Iorque, Freeman, 1998, p. 472-479.

QUINTELA, António de Carvalho, *Hidrologia de Água Superficiais, Curso Internacional de Hidrologia Operativa – Manual*, 1984.

RAMOS, Maria Catarina, *Condições Geomorfológicas e Climáticas das cheias da Ribeira de Téra e do Rio Maior (Bacia Hidrográfica do Tejo)*, Lisboa, Universidade de Lisboa, 1994.

REBELO, Fernando, *Do ordenamento do território à gestão dos riscos naturais. A importância da Geografia Física salientada através de casos de estudo seleccionados em Portugal*, Territorium, I, Minerva, Coimbra, 1994, p.7-14

REBELO, Fernando – *Risco e crise nas inundações rápidas em espaço urbano. Alguns exemplos portugueses analisados a diferentes escalas.*"Territorium",Coimbra, MinervaCoimbra, 4, 1997,p. 29-47.

REBELO, Fernando - *Riscos Naturais e Acção Antrópica*, Coimbra, Imprensa da Universidade, 2001.

RIBEIRO, Orlando, LAUTENSACH, Hermann, DAVEAU, Suzanne, *Geografia de Portugal – O Ritmo Climático e a Paisagem*, vol. II, Lisboa, Edições João Sá da Costa, 1994 p.335-502

ROCHA, João Soromenho, *Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios em zonas inundáveis*, "Territorium", 2, Minerva, Coimbra, 1995, p. 11-19

RODRIGUES, António, AZEVEDO, Maria de Fátima, HENRIQUES, António, *Avaliação de caudais de cheia e mapeamento de zonas inundáveis – aplicação ao caso da ribeira da Laje (Oeiras)*, "Revista da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos", vol. 6, n° 3, Setembro, 1995, p. 3-12.

SARAIVA, Maria da Graça Magalhães, *O Rio como Paisagem. Gestão de corredores fluviais, Risco de Cheias e Ordenamento do Território*, ISA, Lisboa, 1995, p. 275.

SMITH, Keith - *Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster*, Londres, Routledge, 1992, p. 1-99; 209- 237; 258- 288; .

SMITH, Keith, WARD, Roy, *Floods – Physical Processes and Human Impacts*, West Sussex, John Wiley, 1998, p.3-338.

TELHADO, A., *Medidas Minimizadoras resultantes das infraestruturas rodoviárias nos recursos hídricos*, INAG, p1-8.

TOBIN, Graham A., BURRELL, E. Montz - *Natural hazards: explanation and integration*, Nova Iorque, Guilford Press, 1997.

TRENBERTH, Kevin E.- *Conceptual Framework for Changes of Extremes of the Hydrological Cycle with Climate Change*, in: KARL,Thomas R et all., ed., "Weather and Climate Extremes". Londres, Klumer Academic Publishers, vol. 42, nº 1, 1999, p.327-339.

VELHAS, Edite, *A Bacia Hidrográfica do Rio Leça. Estudo Hidroclimático*, Porto, FLUP, 1991, P.8-155.

VELHAS, Edite - *Bacia Hidrográfica do Rio Leça. Estudo Hidroclimatológico.* "*Revista da Faculdade de Letras - Geografia*", Porto, FLUP, I série, vol.VII, 1991,p.139-251.

VELHAS, Edite - *As cheias na área urbana do Porto. Risco, percepção e ajustamentos.* "*Territorium*", Coimbra, MinervaCoimbra, 4, 1997,p.49-62.

VELLINGA, P., VERSEVELD, J. van - *Climate Change and Extreme Weather Events*, Gland, WWF- World Wide Fund for Nature, Institute for Environmental Studies, Universiteit Amsterdam, Setembro, 2000.

VENTURA, José, As Precipitações no Sul de Portugal: ritmo e distribuição espacial, Lisboa, 1994.

VIERS, Georges - *Eléments de Climatologie*, France, Éditions Fernand Nathan, 1968.

WALSH, Rory – *Extreme weather events*, in: Pacione, Michael, ed., "Applied Geography: Principles and Practice", Londres, Routledge, 1999,p. 52-65.

WATTEL, P. - *Sociologie du Risque*, Paris, Armand Colin, 2002.

WILSON, K. - *Communicating climate change through the media, in:* ALLAIN, S., ADAM, B., CARTER, C., eds, "Environmental Risques and the Media". Londres, Routledge, 2000, p. 201-217.

Principais "sites" consultados:

1. **Fontes de dados**

   http://www.ipamb.pt

   http://www.snirh.inag.pt

2. **Cartografia**

   http://www.snpc.pt

   http://www.snirh.inag.pt

3. **Reflexões sobre riscos naturais (incluindo precipitações intensas)**

   http://www. siam.fc.ul.pt

   http://www. weather.jsmus.edu/hurricane.htm

   http://www.eea.eu.int

   http://www.ipcc.ch

4. **Reflexões sobre sustentabilidade/aquecimento global**

   http://www.conciencia.br/reportagens/clima/clima06.htm

   http://www. earth.columbia.edu/news/story2_2_01.html

   http://www. frigoletto.com.br/ecologia/aqueceglobe.htm

   http://www.centroclima.org.br/aquecimento.htm

   http://www. ecoambiental.com.br/mleft/aqueceglobal.htm

   http://www.ivig.copp.ufrj.br/arquivos/rio_joanesburg.pdf

   http://www. earthlink.hpg.ig.com.br/2002/08/index10.htm

   http://www.earth.columbia.edu/library/earthmatters/spring2000/pages. html

   http://www.dola.state.co.us/mitigation/plan/hazards_Atoe.pdf

   http:// iri.Ideo.colombia.edu/climate/cid/Sep2001/impacts.html

   http:// iri.Ideo.colombia.edu/climate/impact/swasia/impact.html

   http://www.proclim.unibe.ch

   http://www.eea.eu.int

   http://www.ipcc.ch

5. Notícias nos média sobre paroxismos climáticos

http://www. jn.pt

http://www. publico.pt

http://www.dn.pt

http://www.mol.co.mz/noticias/010105

http://www.online.expresso.pt

http://www.oprimeirodejaneiro.pt

ÍNDICES

a) Índice de quadros

Quadro 1 - Características da Bacia Hidrográfica da Ermida.

Quadro 2 - Hierarquização fluvial da Bacia Hidrográfica da Ermida, segundo Strahler.

Quadro 3 - Índices relacionados com a análise morfométrica da rede fluvial da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida.

Quadro 4 - Índices relativos à forma da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida.

Quadro 5 - Índices relacionados com a análise hipsométrica da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida.

Quadro 6 - Índices relativos à Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida (sub-bacia do Rio Ferreira), da Ribeira de Picotos (sub-bacia do Rio Leça) e da Ribeira da Junqueira (sub-bacia do Rio Leça).

Quadro 7 - Índices relativos à Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida (sub-bacia do Rio Leça) e da Ribeira da Farinha Podre (sub-bacia do Rio Alva).

Quadro 8 - Parâmetros característicos da série de valores anuais de precipitação no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Quadro 9 - Método dos Quintis.

Quadro 10 – Definição de anos muito chuvosos, chuvosos, normais, secos e muito secos no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Quadro 11 – Parâmetros estatísticos referentes aos anos muito pluviosos e aos anos muito secos (Porto-Serra do Pilar, entre 1930/31-2002/03).

Quadro 12 - Parâmetros estatísticos dos valores de precipitação anual na estação Porto-Serra do Pilar, por década.

Quadro 13 - Parâmetros caracterizadores das séries semestrais de precipitação na estação Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Quadro 14 - Valores mensais da quantidade, frequência (em número de dias) e intensidade média das precipitações no Porto- Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Quadro 15 - Anos em que o total mensal de precipitação no mês de Junho ultrapassou os 100 mm na estação da Serra do Pilar (1930/31 - 2002/03).

Quadro 16 - Parâmetros estatísticos das séries de precipitação mensal (1930/31-2002/03).

Quadro 17 - Anos em que o total mensal de precipitação nos meses de Novembro a Fevereiro não ultrapassou os 25 mm, na estação da Serra do Pilar (1930/31 a 2002/03) .

Quadro 18 - Distribuição de frequência (absoluta) dos totais mensais de precipitação na estação da Serra do Pilar (1930/31-2002/03). A azul estão realçadas as classes com representatividade relativa mais elevada para cada um dos meses do ano.

Quadro 19 - Parâmetros estatísticos da precipitação máxima mensal em 24 horas, ocorrida na Serra do Pilar (1930/31-2002/03)

Quadro 20 - Probabilidades de excedência de valores de precipitação máximos anuais e mensais em 24 horas, no Porto- Serra do Pilar (1930/31- 2002/03).

Quadro 21 - Períodos de retorno (anos) para as precipitações máximas anuais e mensais em 24 horas, no Porto- Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Quadro 22 - Estimativas dos valores máximos de precipitação anual e mensal em 24 horas, em função do período de retorno, no Porto-Serra do Pilar.

Quadro 23 - Distribuição de frequência (relativa) dos dias sem precipitação na estação do Porto-Serra do Pilar (série 1930/31-2002/03). A amarelo estão realçadas as classes com mais representatividade para cada um dos meses do ano.

Quadro 24 – Duração máxima mensal dos períodos secos e seu ano de ocorrência na estação do Porto-Serra do Pilar (série 1930/31-2002/03).

Quadro 25 - Distribuição anual dos meses secos e respectiva duração (nº de dias), na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Quadro 26 - Correlações entre os valores de precipitação dos cinco observadores e da estação do Porto-Serra do Pilar (2003/04).

Quadro 27 - Correlações entre os valores de precipitação dos cinco observadores e da estação do Porto-Serra do Pilar no semestre chuvoso (2003/04).

Quadro 28 - Parâmetros característicos da série anual de precipitação no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

Quadro 29 - Parâmetros caracterizadores da série anual e do período chuvoso na Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

Quadro 30 - Parâmetros caracterizadores das séries semestrais no Porto-Serra do Pilar (2003/04).

Quadro 31 - Parâmetros caracterizadores das séries semestrais em Sobrado (2003/04).

Quadro 32 - Valores mensais da quantidade e frequência (em número de dias) da precipitação no Porto-Serra do Pilar (2003/04).

Quadro 33 - Valores mensais e frequência (em número de dias) da precipitação em Sobrado (2003/04) .

Quadro 34 - Número médio de dias com precipitação na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Quadro 35 - Número de dias com precipitação na estação do Porto-Serra do Pilar (2003/04).

Quadro 36 - Distribuição de frequência (absoluta) dos totais mensais de precipitação na estação do Porto-Serra do Pilar. (2003/04). A azul estão realçadas as classes com a representatividade mais elevada para cada um dos meses do ano.

Quadro 37 - Distribuição de frequência (absoluta) dos totais mensais de precipitação em Sobrado (média 5 observadores) no ano 2003/04. A azul estão realçadas as classes com representatividade mais elevada para cada um dos meses do ano.

Quadro 38 - Características pluviométricas do Porto-Serra do Pilar e de Sobrado (Julho de 2003 a Setembro de 2004).

Quadro 39 - Número de dias com precipitação superior a 30 mm no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

Quadro 40 - Sequência de dias com precipitação, no Porto SP, entre Novembro de 2000 e Março de 2001.

Quadro 41 - Parâmetros caracterizadores do comportamento pluviométrico em 2000/01 e em 2003/04, na estação do Porto-Serra do Pilar.

Quadro 42 - Parâmetros estatísticos caracterizadores do comportamento pluviométrico mensal em 2000/01, na estação do Porto-Serra do Pilar.

Quadro 43 - Parâmetros estatísticos caracterizadores do comportamento pluviométrico mensal em 2003/04, na estação do Porto-Serra do Pilar.

Quadro 44 - Valores mensais da quantidade, frequência (em número de dias) das precipitações no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Quadro 45 - Caracterização mensal dos quantitativos pluviométricos, em 2003/04, na estação do Porto-Serra do Pilar.

Quadro 46 - Caracterização mensal dos quantitativos pluviométricos, em 2000/01, na estação do Porto-Serra do Pilar.

Quadro 47 – Caracterização mensal dos quantitativos pluviométricos médios, de 1930/31 a 2003/04, na estação do Porto-S. Pilar.

Quadro 48 - Coeficientes de rugosidade e inclinação média do leito nos três pontos de medição das alturas hidrométricas.

Quadro 49 - Parâmetros geométricos e hidráulicos da secção transversal junto à Ponte da Ribeira da Ermida.

Quadro 50 - Caudal máximo instantâneo do rio Leça em Ponte de Fervença e de Pereiras (1979/80-1987/88).

Quadro 51 - Precipitação total diária ocorrida na estação do Porto-Serra do Pilar desde Março a Junho de 2003 e caudal registado nos dias de medição.

Quadro 52 - Precipitação total diária ocorrida em Sobrado desde Julho de 2003 a Setembro de 2004 e caudal registado nos dias de medição.

Quadro 53 - Precipitação total diária ocorrida em Sobrado entre Outubro e Dezembro de 2004 e caudal registado nos dias de medição.

Quadro 54 – Episódios de precipitações intensas (dia anterior à medição e dia da medição das alturas hidrométricas) e respectivo caudal instantâneo na Bacia Hidrográfica da Ermida entre Março de 2003 e Dezembro de 2004.

Quadro 55 – Episódios de precipitações intensas (no dia anterior à medição das alturas hidrométricas) e respectivo caudal instantâneo na Bacia Hidrográfica da Ermida desde Março de 2003 a Dezembro de 2004.

Quadro 56 - Episódio de precipitações intensas (no dia da medição das alturas hidrométricas) e respectivo caudal instantâneo na Bacia Hidrográfica da Ermida, desde Março de 2003 a Dezembro de 2004.

b) Índice de figuras

Fig. 1 - Dimensões do risco.

Fig. 2 – Condições de progressão da vulnerabilidade.

Fig. 3 - Riscos ambientais, desde eventos geofísicos a actividades humanas.

Fig. 4 - Eventos climáticos extremos.

Fig. 5 - Síntese artigos jornalísticos.

Fig. 6 - Rede Hidrográfica do Norte de Portugal.

Fig. 7 - Hipsometria do Norte de Portugal.

Fig. 8 - Bacia Hidrográfica da Ermida: localizar nesse mapa a confluência (excerto da carta 1/50 000).

Fig. 9 - Perfil longitudinal da Ribeira da Ermida.

Fig. 10 - A rede hidrográfica da Bacia da Ermida, hierarquização segundo o método de Strahler

Fig. 11 - Mapa de declives da Bacia Hidrográfica da Ermida.

Fig. 12 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica da Ermida.

Fig. 13 – Ocupação do solo na Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida.

Fig. 14 - A precipitação total (mm) na região norte de Portugal.

Fig. 15 - A variação da precipitação no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Fig. 16 - Evolução das precipitações médias anuais, por década, na estação do Porto-Serra do Pilar, desde a década de 30 até à década de 90.

Fig. 17- Curva integral dos desvios da precipitação em relação ao valor médio (Porto-Serra do Pilar 1930/31-2002/03).

Fig. 18 - Frequência mensal dos dias com e sem precipitação, na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Fig. 19 - Frequência mensal dos dias com precipitação inferior a 10 mm e igual ou superior a 10 mm, na estação Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Fig. 20 - Frequência mensal dos dias com e sem precipitação ocorridos nos anos muito pluviosos, na estação do Porto-Serra do Pilar (série 1930/31-2002/03).

Fig. 21 – Frequência mensal dos dias com e sem precipitação ocorridos nos anos muito secos, na estação do Porto-Serra do Pilar (série 1930/31-2002/03).

Fig. 22 - Meses mais pluviosos nos anos hidrológicos 1930/31-2002/03 no Porto-Serra do Pilar (percentagem de frequência).

Fig. 23 - Meses classificados segundo a precipitação recebida, por ano hidrológico.

Fig. 24 - Distribuição mensal dos valores máximos anuais de precipitação em 24 horas, no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Fig. 25 - Ajustamento da Lei de Gumbel às precipitações máximas em 24 horas, na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Fig. 26 - Estimativa dos valores máximos de precipitação mensal em 24 horas para um período de retorno de 20, 50 e 100 anos, no Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Fig. 27 Isolinhas das precipitações associadas ao período de retorno de 100 anos para das durações de 6 e 24 h, considerando a série udográfica analisada (Extraído de: Análise de fenómenos extremos precipitações intensas em Portugal Continental, Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos).

Fig. 28 - Meses mais secos nos anos hidrológicos 1930/31-2002/03 na estação do Porto-Serra do Pilar (frequência absoluta).

Fig. 29- Frequência anual dos meses com mais de 15 dias sem precipitação, na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Fig. 30 - Frequência anual dos meses com mais de 25 dias sem precipitação, na estação do Porto-Serra do Pilar (1930/31-2002/03).

Fig. 31 - Localização dos postos de registo da precipitação, em Sobrado. (excerto carta 1/50 000)

Fig. 33- Frequência mensal dos dias com precipitação no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

Fig. 34 - Frequência mensal dos dias sem precipitação no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

Fig. 35- Frequência mensal dos dias com precipitação superior a 20 mm no Porto-Serra do Pilar e em Sobrado (2003/04).

Fig. 36 - Variação dos totais de precipitação mensal de Julho de 2003 a Setembro de 2004.

Fig. 37 – Precipitação acumulada entre Novembro e Março (Porto Serra do Pilar, 1900 – 2001).

Fig. 38 - Número de dias com precipitação superior a 20 mm em 2000/01, 2003/04, 1930/31-2002/03, na estação do Porto-Serra do Pilar.

Fig. 39 - Número de dias com precipitação superior a 30 mm, em 2000/01, 2003/04, 1930/31-2002/03, na estação do Porto-Serra do Pilar.

Fig. 40 – A variação da precipitação diária na estação do Porto-Serra do Pilar, ao longo do ano hidrológico 2000/01.

Fig. 41 – A variação da precipitação diária na estação do Porto-Serra do Pilar, ao longo do ano hidrológico 2003/04.

Fig. 42- Locais de medição das alturas hidrométricas, em Sobrado (excerto da carta 1/25 000, folha 111).

Fig. 43 - Variação dos caudais registados na Ponte da Ermida, na Ponte da Balsa e na Ponte da Nossa Senhora das Necessidades, desde Março de 2003 a Dezembro de 2004.

c) Índice de fotografias

Fotografias 1 - Inundações ocorridas na baixa de Sobrado nos dias 26 e 27 de Dezembro de 2002.

Fotografias 2 – Variação de ocupação do leito menor da Ribeira da Ermida e do Rio Ferreira.

ANEXOS



Fig. Anexa 1 - Localização Geográfica da Serra do Pilar, Valongo, Sobrado

(Excerto da carta 1/100 000).

1 **Estação do Porto-Serra do Pilar**

2 **Valongo** (observadora)

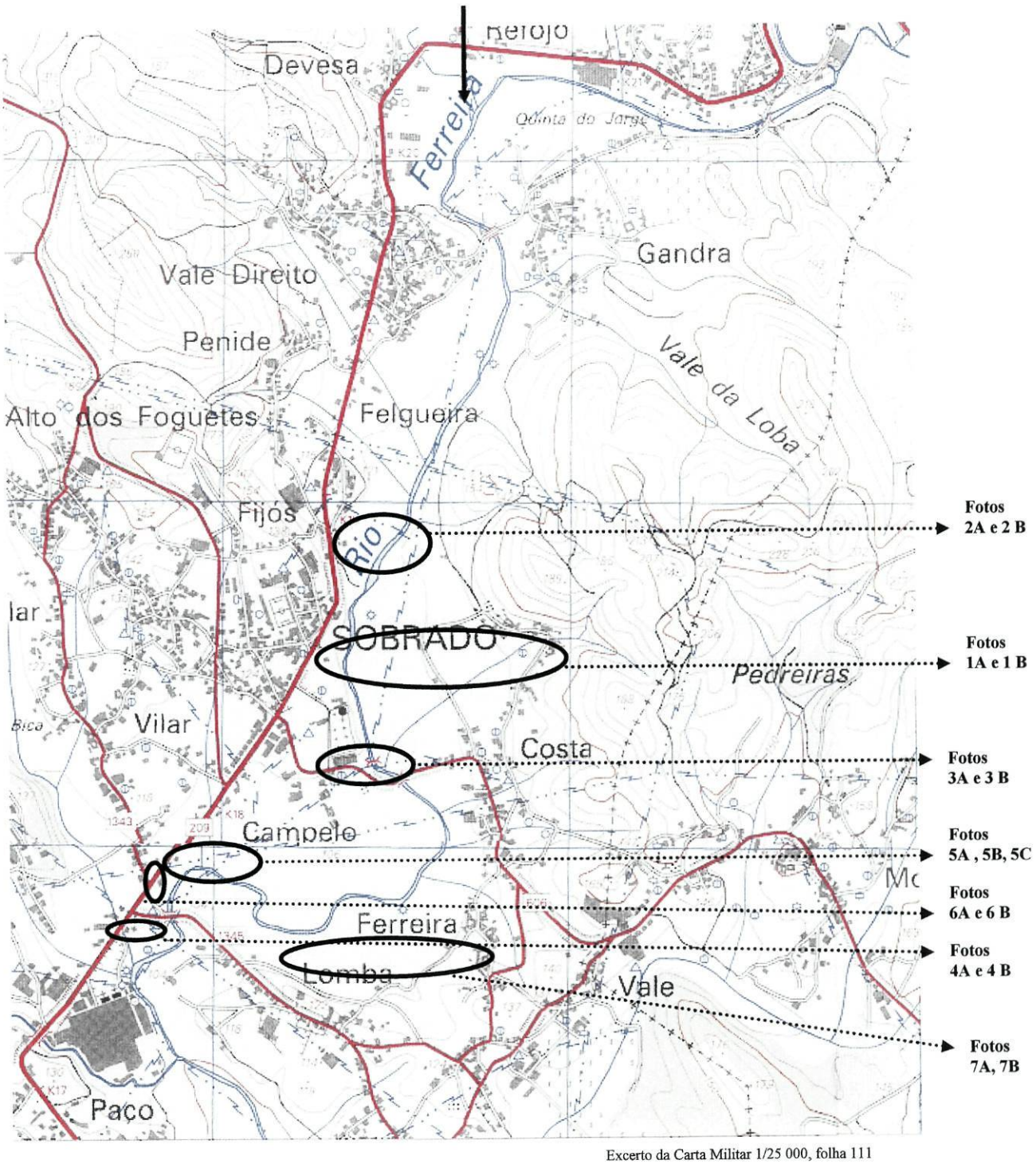
3 **Valongo** (estação automática)

4 **Sobrado** (5 observadores)

Bacia Hidrográfica da Ermida

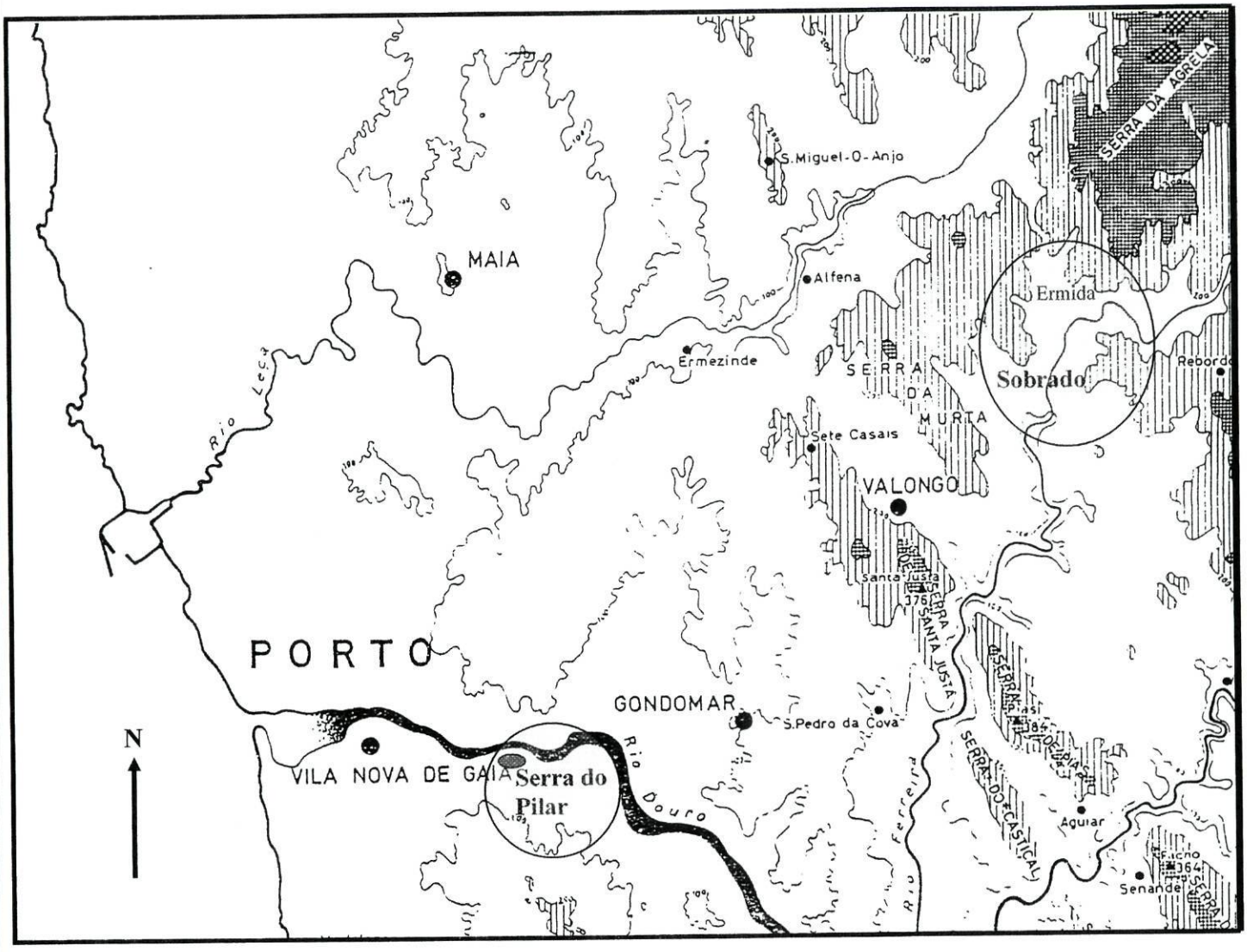
Confluência da Ribeira da Ermida com o Rio Ferreira

Confluência da Ribeira da Ermida com o Rio Ferreira



Excerto da Carta Militar 1/25 000, folha 111

Fig. Anexa 2 - Localização das fotografias referentes ao Rio Ferreira (momento de cheia e momento pós-cheia).



Adaptado de: *Serras de Valongo, estudo de Geomorfologia*

5 altitudes acima de 500 m

4 altitudes de 400 a 500 m

3 altitudes de 300 a 400 m

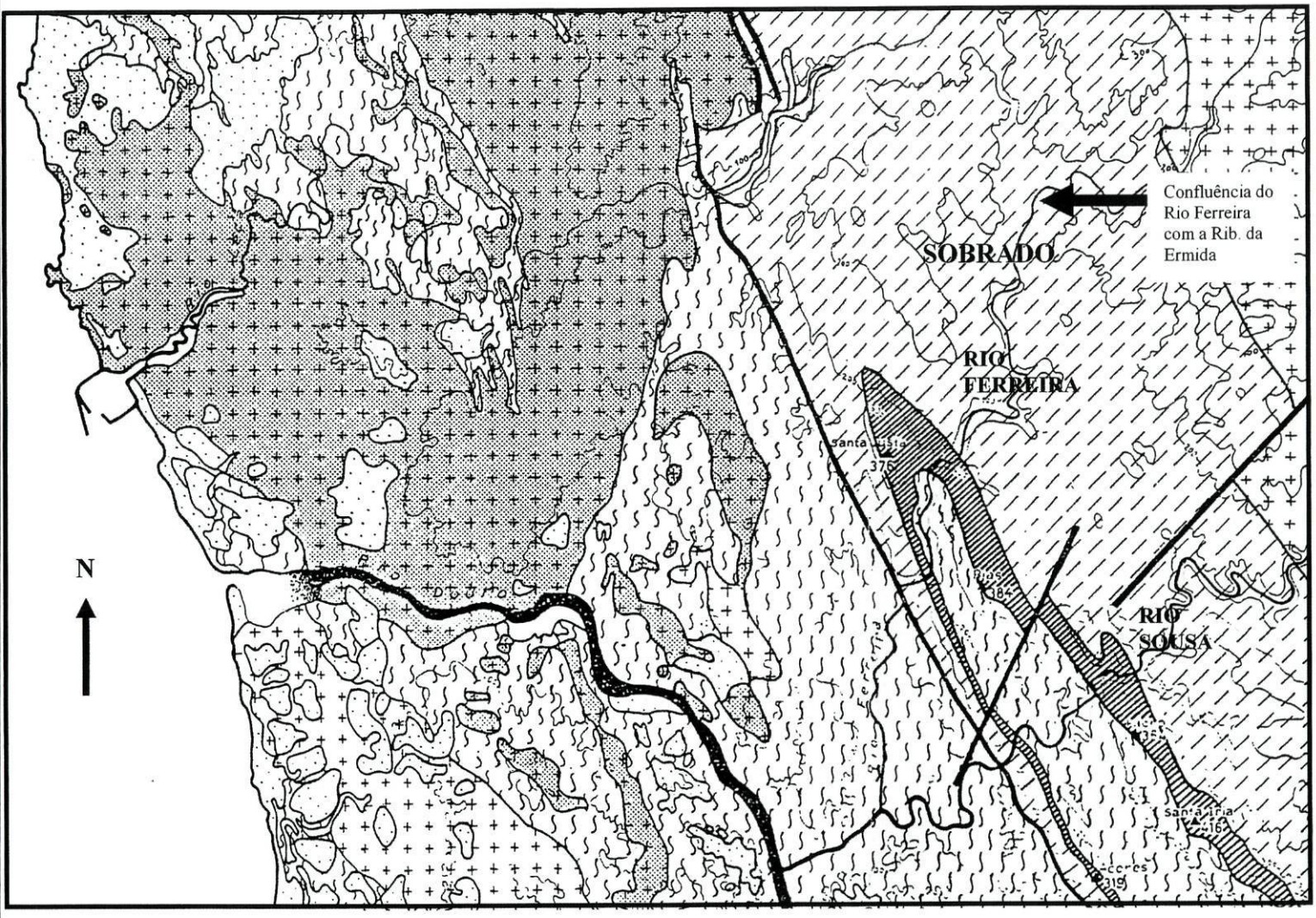
2 altitudes de 200 a 300m

1 altitudes até 200 m

(a) vértices geodésicos nas cristas quartzíticas principais

0 2 4km

Fig. Anexa 3 - Localização das Serras que pertencem, parcialmente, à Bacia Hidrográfica da Ermida (Serra da Agrela, Serra da Murta) e das que estão próximas (Serra de Santa Justa, Serra de Pias, Serra do Castiçal)



Extraído de *Serras de Valongo, estudo de Geomorfologia (adaptado)*

Fig. Anexa 4 - Esboço petrográfico do Porto e área envolvente

PLANO DIRECTOR MUNICIPAL

PLANTA ACTUALIZADA DE CONDICIONANTES

CÂMARA MUNICIPAL DE VALONGO

DATA MARÇO/95

ESC. 1:10.000

RESERVA AGRÍCOLA NACIONAL

RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL

LINHAS DE ÁGUA

Fig. Anexa 5 – Principais áreas de REN que integram a Bacia Hidrográfica da Ribeira da Ermida, no concelho de Valongo.

Artigos jornalísticos (JN) 1991-2004

Dia	Título do artigo	Assunto	Área afectada	nº d c prec.	Precip.acumulada (mm)
09-01-1992	Vento e chuva fustigam a cidade - barracas e árvores as maiores vítimas	Vento forte/aguaceiros fortes	Cidade do Porto	2	88
19-01-1992	Ribeiro em S. Mamede de Infesta é "carrasco" para os moradores	Inundações	S. Mamede de Infesta - Matosinhos	0	0
24-03-1992	Primeiras chuvas ainda tímidas	Reduzida precipitação	Porto, Viana do Castelo	0	1,1 (só choveu no dia 23)
03-04-1992	Domingo que vem já poderá ser de sol	Pluviosidade reduzida/ fortes chuvadas dos últimos dias	Região norte, alentejo, ...	5	78,6
09-04-1992	Chuva vai deixar-nos nos próximos 10 dias	Chuvas ocorridas nos últimos dias, sua importância para aumentar as reservas hídricas	Território nacional	3	12,9
05-12-1992	Choveu a potes ... e foram rios de problemas	Ventos fortes/precipitações intensas/inundações	Porto e concelhos limítrofes	2	35
08-10-1993	Aguaceiros trouxeram uma enxurrada de inundações	Forte aguaceiro/inundações	Grande Porto	10	113,8
10-10-1993	Chuvadas de Outono avivam chagas sociais	Chuva "persistente"	Porto e concelhos limítrofes	12	189,2
11-10-1993	Enxurradas em Alfena levam protestos a Valongo	Precipitação/inundações	Alfena (Valongo)	13	204,6
06-01-1994	Mau tempo no norte e no centro põe a Protecção Civil de prevenção	Ventos fortes/precipitação intensa	Porto e concelhos limítrofes (faz referência e descreve situações em Valongo),também refere outras áreas da região norte e centro	14	124,8 (no dia 5 Jan. choveu 47 mm)
07-01-1994	Chuvas inundam muitas residências	Chuvas/inundações	Valongo	15	145,1
10-01-1994	Temporal no Porto	Ventos fortes/chuva abundante e inundações	Porto e concelhos limítrofes (faz referência e descreve situações em Valongo)	18	218,6 (no dia 9 e 8 jan choveu 68 mm)
12-01-1994	Cheias dos rios sem grandes consequências	Cheias/precipitação forte	Território nacional, descrição de casos região norte	20	252,1 (de 8 a 11 jan choveu 101,6 mm)

Dia	Título do artigo	Assunto	Área afectada	nº d c prec.	Precip.acumulada (mm)
12-01-1994	Carros "desaguam" em riacho de Sobrado	Acidente de viação/ escoamento (indirectamente) *..." o riacho, que nesta altura mais parece um rio, tal o volume do caudal..."*	Sobrado (Valongo)	20	252,1
06-11-1994	Temporal desfeito desabou sobre o Porto e arredores	Vento forte/precipitação abundante	Porto e arredores	8	58
31-12-1994	Chuva forte brinda chegada do ano novo	Vento forte/precipitação abundante	Região Norte (e também Sul)	2	40 (no dia 30 choveu 27,6 mm)
05-02-1995	Sol aquece Fevereiro	Retrata o mau tempo do mês de Janeiro, esperando uma melhoria para Fevereiro	Região norte	20	146,8
25-10-1995	Chegada do tempo outonal provocou situações caóticas	Vento forte/precipitação intensa	Porto, Lisboa, ... (várias áreas a nível nacional)	2	21 (no dia 24 choveu 20,2 mm/ 23 só 0,8 mm)
01-12-1995	Subiram as águas do rio (Douro) mas não há perigo de cheias	Forte precipitação, consequências do mau tempo	Porto (também região norte)	21	338,2
23-12-1995	Lençol de água na via rápida causa despiste mortal	Consequências da precipitação abundante	Porto e área envolvente	3	50,5 (só no dia 22 choveu 33,2 mm)
26-12-1995	Bombeiros e autoridades foram insuficientes	Consequências da precipitação ininterrupta e abundante	Áreas Metropolitana do Porto	6	179 (só nos dias 24 e 25 choveu 115 mm)
26-12-1995	Mau tempo chuvoso provocou situações de emergência - aluimento sob linha férrea atirou comboio ao rio Leça	Consequências das precipitações abundantes, entre elas o aluimento	Área Metropolitana do Porto	6	179 (só nos dias 24 e 25 juntos choveu 115 mm)
26-12-1995	Mau tempo no Douro	Consequências do mau tempo (vento forte, precipitações intensas)	Porto - áreas marginais ao Douro	6	179 (só nos dias 24 e 25 juntos choveu 115 mm)
27-12-1995	Mau tempo provocou situações de emergência - rio Leça voltou ao leito mas há famílias sem cama; chuvas levam à ruina prédios degradados; mar e rio juntaram-se para inundar a Afurada	Precipitações abundantes- descrição de vários casos a nível nacional, incluindo no Porto e arredores	Porto e arredores (e outros casos a nível nacional)	7	187
30-12-1995	Ponte obstruída por entulho causa inundações em Rio Tinto	Inundações várias, consequência do mau tempo	Margens do Rio Tinto	10	223 (só de 24 a 29 choveu 159 mm)
09-01-1996	Portugal mergulha no mais duro Inverno	Mau tempo: precipitação intensa, trovoada, ...	Descrição de várias situações nacionais, inclui no Porto e área envolvente	5	102,2 (só no dia 8 choveu 40,5 mm)
21-01-1996	Inverno sem memória - o país sob chuva e as montanhas com neve	Precipitação abundante, temperaturas reduzidas - suas consequências	Descrição de várias situações nacionais, inclui no Porto e área envolvente	3	36,6 (só no dia 20 choveu 29,2 mm)
14-12-1996	Mar na foz do Douro invadiu Passeio Alegre - mau tempo está a percorrer o país de Norte a Sul	Vento forte/precipitações abundantes	Porto e área envolvente (mas também retrata outros casos nacionais)	3	38,5

Dia	Título do artigo	Assunto	Área afectada	nº d c prec.	Precip.acumulada (mm)
18-11-1997	Mau tempo a Norte	Intensa pluviosidade	Grande Porto (também há referência à região Norte)	2	44 (só no dia 17 choveu 42,9 mm)
19-10-1997	Chuva "entupiu" telefones dos bombeiros do Porto	Chuva intensa, fortes rajadas de vento	Porto, V.N. Gaia	0	41,8 (só choveu no dia 18, os seis dias anteriores a 18 foram secos)
25-11-1997	Casas inundadas na marginal de Gaia	Chuva intensa	V.N. Gaia	9	182,3 (só no dia 24 choveu 47,6 mm)
02-09-1999	Norte sem comboios devido às trovoadas	Mau tempo: trovoada, chuva, vento e granizo	Região N orte, sendo as áreas mais afectadas Maia, Famalicão e Bragança	0	10 (só choveu no dia 1)
21-10-1999	Mau tempo deixou rasto de estragos - Área Metropolitana do Porto fustigada por fortes chuvadas e rajadas de vento	Fortes chuvadas/ventos fortes - suas consequências	Área Metropolitana do Porto	6	67,9 (no dia 19 choveu 30,5 mm)
22-10-1999	Chuvas torrenciais provocam o caos - mau tempo de ontem deixou um rasto de destruição, provocando inundações e obrigando ao encerramento de diversas estradas	Consequências do temporal (chuvas intensas e vento forte)	Grande Porto	7	120,7 (só no dia 21 choveu 52,8 mm)
23-10-1999	Vagas enormes invadiram a marginal na Cantareira	Agitação marítima, inundações (resultantes dos ventos fortes e dos aguaceiros fortes)	Grande Porto	8	144.6
21-04-2000	Cascata de chuva alagou Fontainhas	Forte chuvada ocorrida ontem de manhã na cidade do Porto	Porto	11	200 (só no dia 20 choveu 41,9 mm)
21-04-2000	Água inundou casas na Calçada da Serra (Gaia)	Inundações provocadas pela chuva intensa e pelas obras na via pública	V. N. Gaia	11	200 (só no dia 20 choveu 41,9 mm)
26-04-2000	Inundação deixa família sem tecto	Chuva intensa encheu riacho bloqueado em Lever	V. N. Gaia	16	290,1 (só no dia 25 choveu 42,4 mm)
03-11-2000	Estragos em terra e cautelas no ar - viaturas danificadas, aluimentos e voos desviados foram o resultado de uma noite de chuva e vento	Estragos provocados pelas fortes chuvadas e pelo vento intenso	Grande Porto	4	34,5
13-11-2000	Mau tempo provoca estragos em série	Consequências da chuva intensa e do vento forte que ocorreu ontem	Área Metropolitana do Porto	4	42,5 (só no dia 12 choveu 41,5 mm)
01-12-2000	Vento forte e chuva fazem estragos	Consequências do mau tempo (vento forte e chuva abundante)	Área Metropolitana do Porto, especialmente, Porto, Póvoa de Varzim, Gaia e Maia	3	33,9
06-12-2000	Mau tempo atacou e veio para ficar - Área Metropolitana do Porto despertou, ontem, com fortes chuvadas e rajadas de vento, que provocaram vários incidentes	Consequências do mau tempo	Área Metropolitana do Porto, especialmente Matosinhos, Gaia, Porto e Gondomar	8	146,5 (só no dia 5 choveu 50,4 mm)
08-12-2000	Mais de 400 pessoas com o Natal desgraçado - aluimento de terras na escarpa das Fontainhas (Porto)	Descrição do aluimento, este também motivado pela chuva persistente	Fontainhas (Porto)	10	214,6 (só no dia 7 Dez. choveu 44,3 mm)
08-12-2000	Ribeira do Porto à espera da cheia	Descrição da Ribeira do Porto (risco cheia)	Ribeira do Porto	10	214,6 (só no dia 7 Dez. choveu 44,3 mm)

Dia	Título do artigo	Assunto	Área afectada	nº d c prec.	Precip.acumulada (mm)
06-01-2001	Rio cumpre ameaça em dia de temporal	Descrição da cheia na Ribeira do Porto, a notícia também faz referência à chuva intensa que fustiga o norte do país	Ribeira do Porto	17	275,6 (só no dia 5 choveu 51,3 mm)
07-01-2001	Douro não poupa gentes ribeirinhas	Descrição da cheia - as águas galgaram as margens e atingiram uma altura de cerca de dois metros	Zona ribeirinha do Porto e Gaia	18	285,4(só no dia 5 choveu 51,3 mm)
27-01-2001	Leça causou estragos na Maia e em Valongo	Descrição do mau tempo e das inundações, causadas pelo Leça e seus afluentes	Concelhos: Maia, Valongo e Gondomar	5	146,5 (só no dia 26 choveu 54,7 mm)
28-01-2001	Temporal cria caos do Douro ao Tejo	Descrições das situações de mau tempo, inundações e cheias	Vários pontos do país, incluindo o Porto e sua área envolvente	6	159,2 (só no dia 26 choveu 54,7 mm)
29-01-2001	Não há memória de tantas cheias	Relatos de comerciantes ribeirinhos sobre as cheias	Ribeira do Porto e Gaia	7	169,2
14-11-2002	Temporal violento causou prejuizos	Descrição dos estragos provocados pelo forte temporal que se abateu ontem, ao final da manhã	Grande Porto	3	52,2 (no dia 13 choveu 25,6 mm)
14-11-2002	Prédio abandonado desmoronou na Sé	Descrição da derracada, esta também motivada pelo temporal que se fez sentir	Sé do Porto	3	52,2 (no dia 13 choveu 25,6 mm)
25-12-2002	Chuvada provocou confusão no Porto - em toda a Área Metropolitana multiplicaram-se inundações em habitações,em garagens e estradas	Descrição das inundações	Área Metropolitana do Porto, especialmente relatos da cidade do Porto	8	93 (só no dia 24 choveu 53,2mm)
27-12-2002	Rio Leça desalojou 20 famílias na Maia	Descrição da cheia do Leça na Maia, a notícia também refere que as marcas do mau tempo são extensivas a toda a área metropolitana do Porto	Maia e AMP	10	149,2 (só no dia 26 choveu 55,7 mm)
27-12-2002	Estradas cortadas no Porto	Enumera as consequências do mau tempo na Área Metropolitana do Porto. O artigo refere, entre outros casos, o corte em Sobrado (Valongo) da estrada para Paços de Ferreira	Área Metropolitana do Porto (referência directa a Sobrado)	10	149,2 (só no dia 26 choveu 55,7 mm)
27-12-2002	Dia de temporal no Norte faz o Douro transbordar - zonas alagadas na Régua, Pinhão, Porto e em Gaia, população andou com casa às costas	Caracterização (de forma sucinta) do mau tempo que ocorreu em toda a região norte; descrição das zonas ribeirinhas do Douro	Zonas ribeirinhas do Douro, especial destaque para o Pinhão, Porto e Gaia	10	149,2 (só no dia 26 choveu 55,7 mm)

Dia	Título do artigo	Assunto	Área afectada	nº d c prec.	Precip.acumulada (mm)
28-12-2002	Douro a transbordar na Ribeira	Descrição da cheia (que já dura dois dias)	Ribeira do Porto	11	206 (só no dia 27 choveu 56,8 mm)
28-12-2002	Zonas ribeirinhas em estado de alerta - bacias do Douro, Cávado e Lima são as mais afectadas pelas cheias	Descrição da cheia em várias zonas ribeirinhas	Várias zonas ribeirinhas, incluindo do Porto e Gaia	11	206 (só no dia 27 choveu 56,8 mm)
03-01-2003	Dilúvio previsível - caudais dos rios não são extraordinários, mas os efeitos são maiores	Define cheia, posteriormente caracteriza a pluviosidade dos meses anteriores e refere algumas das maiores cheias nacionais (essas cheias incluem o Inverno excepcionalmente chuvoso de 2000/01)	Norte de Portugal, faz referência directa ao Porto (Douro)	17	293,7 (só no dia 2 choveu 52,2 mm)
04-01-2003	Nova cheia no Douro reaviva velho medo - populações ribeirinhas temem a repetição do Inverno do ano 2000	Descrição da cheia do Douro	Zona ribeirinha do Porto e Gaia	18	301,1
04-01-2003	Mau tempo impede festejos dos Reis	Impossibilidade de festejar os Reis	Centro Histórico do Porto	18	301,1

nº d c prec. : corresponde ao número de dias consecutivos com precipitação (dias que antecederam a notícia)

Precip. acumulada: corresponde ao total de precipitação acumulada (nesses dias), dados da estação do Porto-Serra do Pilar.

Nota: no assunto da notícia utilizamos sempre que possível ao vocabulário expresso no artigo.

Quadro Anexo 1 - Artigos jornalísticos (1991-2004).

	Altura hidrométrica (m)	Área da secção molhada (m^2)	Perímetro leito (m)	Raio hidráulico (m)	**Caudal (m3/s)**	Precip. (mm) ocorrida em **Sobrado** um dia antes da medição[1]	Precip. (mm) ocorrida em **Sobrado** dois dias antes da medição	Precip. (mm) ocorrida no **Porto-Serra do Pilar** um dia antes da medição[2]	Precip. (mm) ocorrida no **Porto-Serra do Pilar** dois dia antes da medição
11-03-2003	0,47	5,64	12,94	0,44	**4,44**			0	0,1
19-03-2003	0,35	4,20	12,70	0,33	**2,75**			0	0
03-04-2003	0,35	4,20	12,70	0,33	**2,75**			0	0,2
17-04-2003	0,35	4,20	12,70	0,33	**2,75**			0	0
30-04-2003	0,52	6,24	13,04	0,48	**5,23**			13,3	1,7
15-05-2003	0,35	4,20	12,70	0,33	**2,75**			0	0
30-05-2003	0,31	3,72	12,62	0,29	**2,26**			0	0
12-06-2003	0,29	3,48	12,58	0,28	**2,02**			0,1	0
01-07-2003	0,28	3,36	12,56	0,27	**1,91**			8,8	23,2
17-07-2003	0,15	1,80	12,30	0,15	**0,69**	0	11,4	0,2	8,8
07-08-2003	0,05	0,60	12,10	0,05	**0,11**	0	0	0	0
25-08-2003	0,05	0,60	12,10	0,05	**0,11**	0	0	0	0,1
16-09-2003	0,1	1,20	12,20	0,10	**0,35**	0	0	0	0
30-09-2003	0,5	6,00	13,00	0,46	**4,91**	0[3]	0	0[4]	0
13-10-2003	0,2	2,40	12,40	0,19	**1,10**	22	11,4	14,7	8
28-10-2003	0,23	2,76	12,46	0,22	**1,38**	4,5	1,2	6,4	0
31-10-2003	0,85	10,20	13,70	0,74	**11,48**	61,5	6,5	15,4	2,6
04-11-2003	0,4	4,80	12,80	0,38	**3,42**	0	0	0	0,1
16-11-2003	0,5	6,00	13,00	0,46	**4,91**	62,1	37,9	47,7	19,9
01-12-2003	1,05	12,60	14,10	0,89	**16,02**	87,6	51,0	46	43,9
09-12-2003	0,9	10,80	13,80	0,78	**12,57**	2[5]	26,9	1,3	15,6
16-12-2003	0,55	6,60	13,10	0,50	**5,73**	0	0	0	0
31-12-2003	0,57	6,84	13,14	0,52	**6,07**	3,5	3,2	1	1,9
13-01-2004	0,57	6,84	13,14	0,52	**6,07**	2,9[6]	8,3	2,3	3,6
27-01-2004	0,99	11,88	13,98	0,85	**14,61**	70,7	20,4	33,4	10,3
10-02-2004	0,55	6,60	13,10	0,50	**5,73**	0	0	0	0,1
09-03-2004	0,36	4,32	12,72	0,34	**2,88**	0	0	0	0,2
23-03-2004	0,45	5,40	12,90	0,42	**4,14**	0	0	0	0

[1] A monitorização da precipitação ocorrida em Sobrado iniciou-se em Julho de 2003 daí que nas medições hidrométricas realizadas antes dessa data têm como referência os dados pluviométricos do Porto-Serra do Pilar.

[2] Precipitação referente ao período das 21-21h.

[3] No dia da medição ocorreu 54,9 mm de precipitação, como a medição foi feita sensivelmente às 18 horas, a precipitação ocorrida nesse dia deverá ter influenciado o caudal instantâneo registado.

[4] No dia 30 de Setembro ocorreu 42,5 mm de precipitação.

[5] No dia da medição ocorreu 25,6 mm de precipitação, como a medição foi feita sensivelmente às 18 horas, a precipitação ocorrida nesse dia deverá ter influenciado o caudal instantâneo registado.

[6] No dia da medição ocorreu 10,7 mm de precipitação, como a medição foi feita sensivelmente às 18 horas, a precipitação ocorrida nesse dia deverá ter influenciado o caudal instantâneo registado

15-04-2004	0,35	4,20	12,70	0,33	**2,75**	0	0	0	0
12-05-2004	0,35	4,20	12,70	0,33	**2,75**	0	0,9	0,1	1,8
25-05-2004	0,38	4,56	12,76	0,36	**3,15**	22	1	20,6	0
15-06-2004	0,25	3,00	12,50	0,24	**1,59**	0	0	0	0
02-07-2004	0,11	1,32	12,22	0,11	**0,41**	0	0	0	0
28-07-2004	0,01	0,12	12,02	0,01	**0,01**	0	0	0	0
18-08-2004	0,6	7,20	13,20	0,55	**6,59**	53,1	0	44,3	0,2
07-09-2004	0,11	1,32	12,22	0,11	**0,41**	6,5	16	0	0,2
16-09-2004	0,2	2,4	12,4	0,19	**1,10**	0	0	0	2,9
11-10-2004	0,59	7,08	13,18	0,54	**6,41**	103	26,3	54,3	11,1
20-10-2004	0,75	9	13,5	0,67	**9,41**	59,5	43,9	24	20,2
29-10-2004	0,76	9,12	13,52	0,76	**9,61**	33,3	32	28,1	20
25-11-2004	0,35	4,2	12,7	0,33	**2,75**	0	0	0	0
2-12-2004	0,47	5,64	12,94	0,44	**4,44**	67,3	9,1	28,9	42,3
31-12-2004	0,35	4,2	12,7	0,33	**2,75**	0	0	0	0

Quadro Anexo 2 - Parâmetros geométricos e hidráulicos da secção transversal junto à Ponte da Balsa (localizada sobre o rio Ferreira, a 914 metros a montante da confluência com a Ribeira da Ermida).

	Altura hidrométrica (m)	Área da secção molhada (m^2)	Perímetro leito (m)	Raio hidráulico (m)	**Caudal (m3/s)**	Precip. (mm) Ocorrida em **Sobrado** um dia antes da medição[7]	Precip. (mm) ocorrida em **Sobrado** dois dias antes da medição	Precip. (mm) ocorrida no **Porto-Serra do Pilar** um dia antes da medição[8]	Precip. (mm) ocorrida no **Porto-Serra do Pilar** dois dia antes da medição
11-03-2003	1,3	13,65	13,1	1,04	**12,62**			0	0,1
19-03-2003	1,2	12,6	12,9	0,98	**11,16**			0	0
03-04-2003	1,1	11,55	12,7	0,91	**9,75**			0	0,2
17-04-2003	1,05	11,025	12,6	0,88	**9,07**			0	0
30-04-2003	1,25	13,125	13	1,01	**11,88**			13,3	1,7
15-05-2003	1	10,5	12,5	0,84	**8,41**			0	0
30-05-2003	1	10,5	12,5	0,84	**8,41**			0	0
12-06-2003	0,92	9,66	12,34	0,78	**7,38**			0,1	0
01-07-2003	0,95	9,975	12,4	0,80	**7,76**			8,8	23,2
17-07-2003	0,9	9,45	12,3	0,77	**7,13**	0	11,4	0,2	8,8
07-08-2003	0,75	7,875	12	0,66	**5,35**	0	0	0	0
25-08-2003	0,86	9,03	12,22	0,74	**6,64**	0	0	0	0,1
16-09-2003	0,9	9,45	12,3	0,77	**7,13**	0	0	0	0

[7] A monitorização da precipitação ocorrida em Sobrado iniciou-se em Julho de 2003 daí que nas medições hidrométricas realizadas antes dessa data têm como referência os dados pluviométricos do Porto-Serra do Pilar.
[8] Precipitação referente ao período das 21-21h.

30-09-2003	1,05	11,025	12,6	0,88	**9,07**	0 [9]	0	0[10]	0
13-10-2003	0,95	9,975	12,4	0,80	**7,76**	22	11,4	14,7	8
28-10-2003	0,5	5,25	11,5	0,46	**2,80**	4,5	1,2	6,4	0
31-10-2003	1,55	16,275	13,6	1,20	**16,50**	61,5	6,5	15,4	2,6
04-11-2003	1,1	11,55	12,7	0,91	**9,75**	0	0	0	0,1
16-11-2003	1,22	12,81	12,94	0,99	**11,45**	62,1	37,9	47,7	19,9
01-12-2003	1,7	17,85	13,9	1,28	**18,97**	87,6	51,0	46	43,9
09-12-2003	1,65	17,325	13,8	1,26	**18,14**	2[11]	26,9	1,3	15,6
16-12-2003	1,25	13,125	13	1,01	**11,88**	0	0	0	0
31-12-2003	1,21	12,705	12,92	0,98	**11,30**	3,5	3,2	1	1,9
13-01-2004	1,3	13,65	13,1	1,04	**12,62**	2,9[12]	8,3	2,3	3,6
27-01-2004	1,62	17,01	13,74	1,24	**17,64**	70,7	20,4	33,4	10,3
10-02-2004	1,18	12,39	12,86	0,96	**10,87**	0	0	0	0,1
09-03-2004	1,08	11,34	12,66	0,90	**9,48**	0	0	0	0,2
23-03-2004	1,1	11,55	12,7	0,91	**9,75**	0	0	0	0
15-04-2004	1,1	11,55	12,7	0,91	**9,75**	0	0	0	0
12-05-2004	1,09	11,445	12,68	0,90	**9,62**	0	0,9	0,1	1,8
25-05-2004	1,1	11,55	12,7	0,91	**9,75**	22	1	20,6	0
15-06-2004	1	10,5	12,5	0,84	**8,41**	0	0	0	0
02-07-2004	0,94	9,87	12,38	0,80	**7,63**	0	0	0	0
28-07-2004	0,9	9,45	12,3	0,77	**7,13**	0	0	0	0
18-08-2004	1,4	14,7	13,3	1,11	**14,14**	53,1	0	44,3	0,2
07-09-2004	1,06	11,13	12,62	0,88	**9,21**	6,5	16	0	0,2
16-09-2004	1,03	10,82	12,56	0,86	**8,81**	0	0	0	2,9
11-10-2004	1,45	15,23	13,4	1,14	**14,91**	103	26,3	54,3	11,1
20-10-2004	1,6	16,8	13,7	1,23	**17,31**	59,5	43,9	24	20,2
29-10-2004	1,55	16,28	13,6	1,2	**16,5**	33,3	32	28,1	20
25-11-2004	1,1	11,55	12,7	0,91	**9,75**	0	0	0	0
2-12-2004	1,3	13,65	13,1	1,04	**12,62**	67,3	9,1	28,9	42,3
31-12-2004	1,1	11,55	12,7	0,91	**9,75**	0	0	0	0

Quadro Anexo 3 - Parâmetros geométricos e hidráulicos da secção transversal junto à Ponte da Nossa Senhora das Necessidades (localizada sobre o rio Ferreira, a 477 metros a jusante da confluência com a Ribeira da Ermida).

[9] No dia da medição ocorreu 54,9 mm de precipitação, como a medição foi feita sensivelmente às 18 horas, a precipitação ocorrida nesse dia deverá ter influenciado o caudal instantâneo registado.

[10] No dia 30 de Setembro ocorreu 42,5 mm de precipitação.

[11] No dia da medição ocorreu 25,6 mm de precipitação, como a medição foi feita sensivelmente às 18 horas, a precipitação ocorrida nesse dia deverá ter influenciado o caudal instantâneo registado.

[12] No dia da medição ocorreu 10,7 mm de precipitação, como a medição foi feita sensivelmente às 18 horas, a precipitação ocorrida nesse dia deverá ter influenciado o caudal instantâneo registado

FÓRMULAS

- **Distribuição de Gumbel**

Fórmulas para o caso estatístico de ordem máxima:

Média - $\mu = \bar{x} - \frac{\gamma\sqrt{6}}{\pi}s$

$$\mu = \overline{X} - 0{,}45005s$$

γ é o número de Euler = 0,577216
s é o desvio da série de observações
$\overline{X}$ é a média da série de observações

Desvio padrão - $\sigma = \frac{\sqrt{6}}{\pi}s = 0{,}7797s$

Probabilidade de ocorrência de valores extremos acima de valores pré-estabelecidos

$$- P\ (\ X\ >\ x\ )\ =\ 1\ -\ F\ (\ x\ )\ =\ 1\ -\ e^{\ -\ e\ -\ \frac{x\ -\ \mu}{\sigma}}$$

Estimação do período de retorno

$$\tau = \frac{1}{P(A)} = \frac{1}{1 - F(x)}$$

Estimativas dos níveis de retorno

Nível de retorno (x_p) associado ao período de retorno τ , para $P = 1/\tau$:

$$x_p = F^{-1}(1-p) = \mu - \sigma\{1n[-1n(1-p)]\}$$

➢ **Bacia Hidrográfica**

- *Relação de bifurcação*

$$Rb = \frac{Nu}{Nu+1}$$

Rb = relação de bifurcação;
Nu = número de segmentos de uma determinada ordem;
Nu+1 = número de segmentos da ordem imediatamente superior.

- *Relação de comprimento*

$$RL = \frac{\overline{Lu}}{\overline{LU-1}}$$

RL = relação de comprimento;
$\overline{Lu}$ = comprimento médio de todos os segmentos de ordem u;
$\overline{LU-1}$ = comprimento médio de todos os segmentos de ordem imediatamente inferior a u.

- *Densidade de drenagem*

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Dd = densidade de drenagem;
L = comprimento total dos segmentos, em Km;
A= área da bacia, em km^2.

- *Densidade hidrográfica*

$$Dh = \frac{N_1}{A}$$

Dh = densidade hidrográfica;
N_1 = número de canais de ordem 1;
A = área da bacia, em km^2.

- *Coeficiente de torrencialidade*

$$Ct = Dh * Dd$$

Ct = coeficiente de torrencialidade;
Dh = densidade hidrografia;
Dd = densidade de drenagem.

- *Coeficiente de compacidade* ou *índice de Gravelius*

$$K_C = 0{,}28\frac{P}{\sqrt{A}}$$

K_C = coeficiente de compacidade;
P = perímetro da bacia, em km;
A= área da bacia, em km^2.

- *Índice de circularidade*

$$Ic = \frac{4\pi A}{P^2}$$

I_c= índice de circularidade;
A= área da bacia, em km^2;
P= perímetro da bacia, em km.

- *Tempo de concentração (fórmula de **Giandotti**)*

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1{,}5L}{0{,}8\sqrt{Z}}$$

T_c= tempo de concentração (em horas);
A = área da bacia em km^2;
L = comprimento do rio em km, desde a origem até à secção considerada;
Z = altura média da bacia, em metros, na secção considerada.

- *Coeficiente de massividade do relevo*

$$\text{tg } \alpha = \frac{\overline{H}}{A}$$

tg α = coeficiente de massividade;
$\overline{H}$ = altura média da bacia, em metros;
A = superfície da bacia, em km^2.

- *Coeficiente orográfico*

$$C_o = \overline{H}\,\text{tg } \alpha$$

C_o = coeficiente orográfico;
$\overline{H}$ = altura média da bacia, em metros;
tg α = coeficiente de massividade.

- *Altura média da bacia* = amplitude altimétrica*integral hipsométrica

- *Inclinação média da Ribeira da Ermida* – $\frac{\Delta H}{L}$

  ΔH à diferença entre a altitude da nascente e a altitude junto à foz

  L corresponde ao comprimento do curso de água, em metros

➢ **Escoamento**

- *Fórmula de **Manning-Strickler** para estimar indirectamente o caudal*

$$Q = K_s S R^{2/3} i^{1/2}$$

Q = caudal;

K_s = coeficiente de rugosidade;

S = área da secção molhada;

R = raio hidráulico;

i = inclinação da superfície livre da água, que se supõe ser da mesma grandeza da inclinação do fundo do leito.