

**territorium**

**territorium**

**territorium**

**territorium**

REVISTA DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA  
NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E  
GESTÃO DE RISCOS NATURAIS

MINERVA  
COIMBRA 99

## As cheias do Rio Tâmega. O caso da área urbana de Amarante

**António de Sousa Pedrosa \***  
**Francisco da Silva Costa \*\***

### Resumo:

As cheias do Rio Tâmega (Norte de Portugal) são relacionadas com as características climáticas regionais e definidas através de algumas variáveis hidrométricas. Mostram-se, também, as áreas de inundação na cidade de Amarante.

### Palavras chave:

Tâmega, cheias, inundações, Amarante.

### Résumé:

Les crues du fleuve Tâmega (nord du Portugal) sont présentées en relation avec les caractéristiques du climat régional et définies par quelques variables hydrométriques. Sont également présentées les aires d'inondation dans la ville de Amarante.

### Mots clés:

Tâmega, crues, inondations, Amarante.

### Abstract:

Floods of Tâmega river (northern Portugal) are introduced in comparison with the regional climate characteristics and defined by some hydrometric variables. Flooding areas in the town of Amarante are shown too.

### Key words:

Tâmega, floods, flooding areas, Amarante.

### Introdução

O rio Tâmega, elemento integrante e preponderante da morfologia natural e urbana de Amarante, foi a componente essencial na implantação do sítio do burgo original, influenciando a expansão urbana do seu centro histórico. Constitui, por excelência, o factor de continuidade física e urbana da paisagem envolvente.

O rio Tâmega revela-se pelos valores biogeofísicos, geomorfológicos e paisagísticos detectados, e pelos recursos naturais e económicos que oferece no abastecimento de água, na agricultura e nas actividades turísticas e de lazer.

Frequentemente abordado na literatura romanesca e poética, o tema das cheias do rio Tâmega tem sido desprezado na análise física dos planos de ordenamento. As componentes geomorfológicas e a hidrodinâmica fluvial são alguns aspectos que necessitam de um aprofundamento científico, de forma a poder contribuir decisivamente no desenvolvimento de planos integrados sobre a área que este rio percorre.

O interesse pelo conhecimento do regime das cheias e das áreas inundáveis, assim como dos processos que as condicionam, foi sempre um domínio privilegiado da investigação, em geografia física. Infelizmente, no que respeita à área em análise, os estudos são praticamente inexistentes. Desta forma, optamos por uma abordagem essencialmente interpretativa do fenómeno das cheias no espaço urbano de Amarante, sem esquecermos, no entanto, a importância da

\* Professor Auxiliar. Instituto de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

\*\* Assistente. Departamento de Geografia e Planeamento, Universidade do Minho.



aplicação dos modelos matemáticos e das variáveis hidrométricas<sup>(1)</sup>.

### Alguns aspectos da geomorfologia fluvial

Encaixado num vale resultante de uma falha de orientação NE-SW, o rectilíneo canal do rio Tâmega apresenta-se, na sua passagem pelo centro urbano de Amarante, ligeiramente desviado para noroeste, devido ao cruzamento desta falha com outra que define o vale de fractura do rio Fornelo (A. PEINADOR FERNANDES, 1960).

As margens apresentam características morfológicas e biogeográficas distintas. Na margem esquerda, com declives mais suaves, são visíveis algumas manchas de retalhos de aluviões actuais. A margem direita voltada aos quadrantes do sul, de perfil mais irregular, é aproveitada para a prática agrícola de forma mais intensiva, nomeadamente nas encostas onde são plantados os vinhedos.

São diversificados os elementos naturais presentes ao longo das margens: rochas nuas, matas ribeirinhas, matos e culturas arbustivas, manchas de floresta mista, áreas agrícolas. Subsistem ainda alguns núcleos de vegetação ribeirinha autóctone, além de uma fauna própria de ecossistemas fluviais.

O rio Tâmega atravessa Amarante no seu curso médio (a cerca de trinta quilómetros da sua foz, em Entre-os-Rios, onde desagua no rio Douro), transportando diversos materiais resultantes dos processos hidrológicos actuantes nas vertentes, o que é bem visível pelas águas turvas que este apresenta.

Funcionando, essencialmente, como canal de escoamento, são visíveis diferenciadas acções de desgaste mecânico (corrosão ou abrasão) e acumulação.

As correntes fluviais actuam de forma contínua e diferenciada, seja desgastando as margens, seja actuando sobre o material rochoso que compõe o leito. A potência erosiva, ligada ao caudal e à velocidade do escoamento, promove a esculturação de variadas formas topográficas a diversas escalas de grandeza.

A variabilidade de formas de relevo que encontramos, ao longo, e neste troço, do rio (fig. 1), está ligada à dinâmica e à mecânica dos fluxos do rio e pressupõe a interferência de alguns factores físicos locais.

O *Penedo do Açúcar*, situado junto ao Parque de Campismo, é um grande bloco, assim chamado, por ter sempre alguma areia ou pedra moída (L.V.Z. MACEDO, 1984) na sua superfície. Encontramos também alguns belos exemplares de marmitas de gigante resultantes da acção dos materiais sólidos, transportados durante o movimento turbilhonar das águas.

As rupturas de declives (trechos em que há mudança brusca no declive entre dois segmentos fluviais) são frequentes, como são exemplos os rápidos (os açudes da Feitoria, na Madalena e dos Morleiros, em São Gonçalo) e as cachoeiras.

Desta forma, os leitos rochosos e os leitos irregulares de blocos esparsos dão origem a formas de grande beleza e distribuem-se, regularmente, ao longo do perfil do rio.

A hidrodinâmica fluvial também intervém nas formas de relevo relacionadas com processos de sedimentação. Os bancos detríticos são elementos fluviais que se manifestam de duas formas diferentes no troço urbano do Rio Tâmega: as ilhas (ou ínsuas, como são designadas localmente) e as praias fluviais (fig. 1).

Os bancos, constituídos por sedimentos que se escalonam dos cascalhos às areias, são uma manifestação das sucessivas descontinuidades tempo-espaciais dos fluxos aluviais (J. TRICART, 1978). Resultantes de vários factores hidráulicos, hidrológicos e geomorfológicos, formam-se quando há um excesso de fornecimento de material detrítico, em quantidade maior àquela que o rio pode transportar. Travando a corrente, a acumulação tende a aumentar, possibilitando a emergência de um banco detrítico, em época de águas baixas. A colonização pela vegetação arbustiva e a grande variedade de material heterométrico acrescem o efeito de travão, possibilitando a formação de ilhas.

O exemplo mais espectacular é representado pela *Ínsua dos Frades*, uma ilha de contornos irregulares, situada entre o açude da Feitoria e a Ponte Nova. A sua génese terá sido, provavelmente, influenciada pela sua localização no cotovelo do canal (que resultou do cruzamento das duas falhas de maior importância regional), o que terá acelerado o efeito de travão e a acumulação de materiais detríticos até a emersão da ilha. Consequentemente, neste local, surgiu um braço de rio que voltou ao leito principal, após a formação da ilha, originando, desta forma, um canal ramificado.

As praias fluviais são outra forma de deposição resultante de factores similares à formação de bancos detríticos. O processo de sedimentação de areias e outros materiais finos, junto às margens, é reflexo do

(1) Dada a extensão da bacia hidrográfica do rio Tâmega e a especificidade da área em estudo, o desenvolvimento deste artigo far-se-á, sempre que possível, tendo em conta as temáticas referenciadas à escala do espaço urbano de Amarante e do troço do rio Tâmega que o atravessa. Devido a várias dificuldades, opta-se por analisar a evolução da cheias no período que decorre entre 1960 e 1996. Para o efeito são utilizados valores adoptados relativos às estações hidrométricas de Ponte de Canaveses (situada a cerca de 13 quilómetros a jusante de Amarante) e de Ponte de Cavez (localizada a cerca de 40 quilómetros a montante de Amarante) durante o período que decorre entre 1960 e 1986 (já que em 1988, a estação hidrométrica de Ponte de Canaveses foi extinta). É claro que os valores de caudais que passam na cidade de Amarante são muito próximos dos registados em Ponte de Canaveses.

Sem diminuir a valoração científica das conclusões avançadas, recorremos a dados e valores que tenham sempre presente a bacia hidrográfica como unidade espacial de análise mais correcta, ao nível do ordenamento do território.

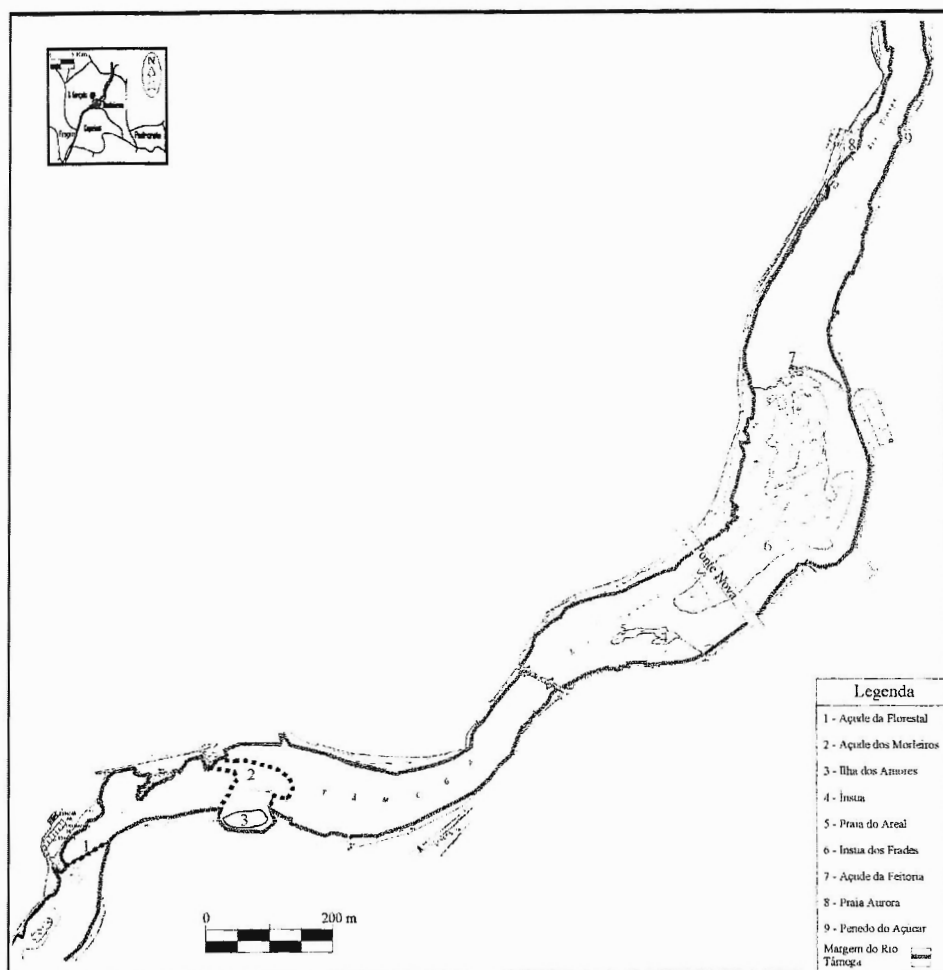


Fig. 1 - Elementos da geomorfologia fluvial do rio Tâmega no troço urbano de Amarante

regime e ambiente fluviais e de condicionalismos locais.

Na margem direita, é de realçar, pelas suas aptidões ambientais, geográficas e turísticas, a *Praia Aurora* (junto à estação elevatória de água). Este areal originou-se em 1952, aumentando a sua extensão até atingir um máximo de 800 metros quadrados em 1972 (Jornal Flor do Tâmega, 72/09/03). Foram as grandes cheias de 1960 e 1962 que permitiram a extensão do areal para a área envolvente a jusante (para garantir a continuação do areal, foram colocadas em toda a sua periferia estacas de pinheiro de acordo com as instruções recebidas pela Direcção Hidráulica do Douro), transformando o local em espaço privilegiado para os banhistas.

### As cheias do rio Tâmega (breve abordagem ao regime hidrológico)

O estudo de cheias reveste-se de características singulares ao ser condicionado por um conjunto de elementos e condições que podem facilitar ou prejudicar a sua génese. O regime climático, as características, o grau e tipo de ocupação e a utilização dos vales inundáveis à escala da bacia hidrográfica são os prin-

cipais factores a ter em conta na ocorrência de cheias.

Do conjunto das variáveis climáticas, aquela que mais directamente interessa aos processos de escoamento fluvial é a precipitação.

O ritmo anual de precipitações médias mensais mostra que o núcleo central da estação pluviosa tende a definir-se de Outubro a Março, apresentando Abril-Maio características de transição mais marcadas do que o mês de Outubro (fig. 2), o que não impede que a estação pluviosa se alargue, frequentemente, de Outubro a Maio.

Os aguaceiros concentrados e violentos que geralmente ocorrem no princípio de Outono provocam um aumento pouco significativo dos caudais e têm, sobre o regime do rio, influência muito reduzida. Nesta altura do ano, os terrenos ressequidos por uma estiagem prolongada absorvem grande parte da precipitação, retardando os seus efeitos de escoamento.

Nos meses de Inverno, a passagem de repetidos sistemas frontais, originando períodos de aguaceiros intensos, aumenta a frequência e a intensidade dos quantitativos pluviométricos<sup>(2)</sup>. Excepcionalmente

(2) O exemplo de 1978 é elucidativo: durante as cheias desse ano, verificou-se que o território do continente foi atravessado por treze sistemas frontais, desde 14 de Fevereiro até 4 de Março, originando grande quantidade de precipitação.

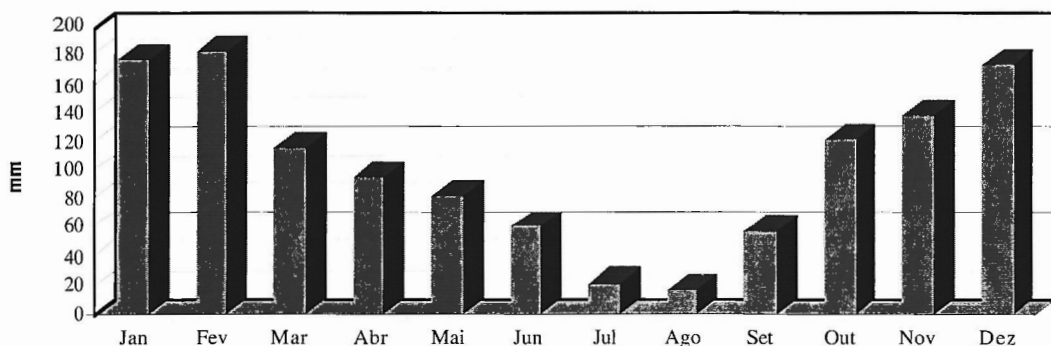


Fig. 2 - Variação da precipitação média mensal no período de 1960 a 1986 no centro urbano de Amarante

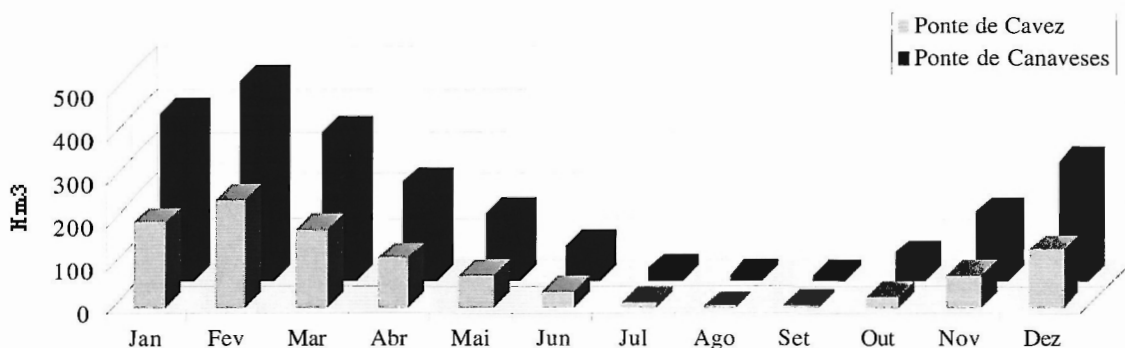


Fig. 3 - Variação das afluências médias mensais no período de 1960 a 1986 nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez

(1963, 1971, 1983, 1994 e 1995), pode aparecer a neve que funde nesta altura do ano, aumentando o caudal do rio.

Ao longo do período considerado, a variação da precipitação média mensal (fig. 2) tem um comportamento paralelo à variação mensal do regime de escoamento (fig. 3).

O mesmo sucede se tivermos em conta os valores anuais (figs. 4 e 5).

Parece, assim, haver uma associação bi-unívoca entre a ocorrência de fortes intensidades de precipitação e formação de caudais mais elevados (E. VELHAS, 1991), mais visível durante o Inverno do que no Outono, já que nesta época do ano, registam-se os principais picos de cheia. O mês de Fevereiro é o que apresenta o maior número de alturas que habitualmente originam cheias. A intensidade da precipitação e não exclusivamente o seu valor (daí que quantidades

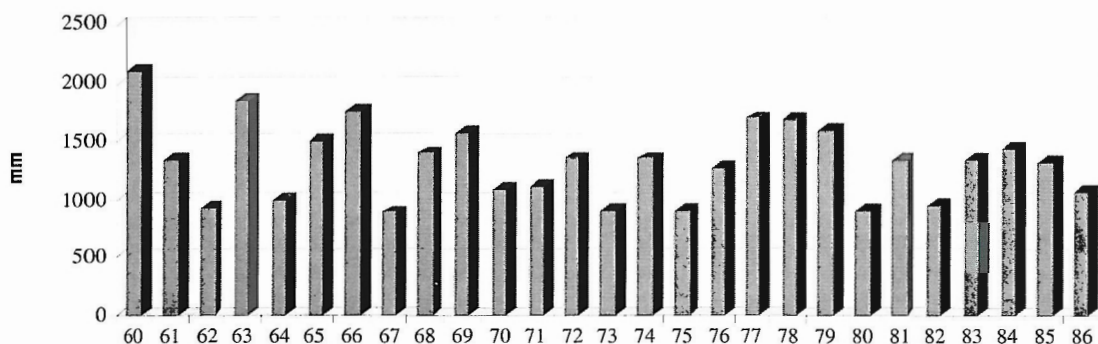


Fig. 4 - Evolução da precipitação anual no período de 1960 a 1986 no centro urbano de Amarante

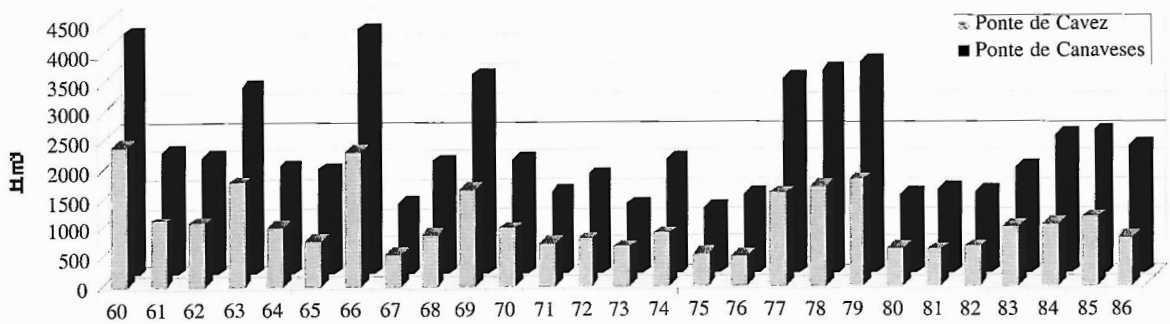


Fig. 5 - Evolução do caudal anual no período de 1960 a 1986 nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez

significativas caídas num curto espaço de tempo possam levar a uma ponta de cheia) aliada à saturação dos terrenos e dos reservatórios subterrâneos naturais (frequente nesta época do ano, dificultando a infiltração e favorecendo o escoamento) são os motivos que podem levar à ocorrência destas cheias. Com a chegada da Primavera, a tendência geral é para uma descida gradual das águas do rio, acompanhando a diminuição da precipitação e das reservas freáticas que se encontram preenchidas e assim vão, ainda, alimentar o rio durante algum tempo. Por esta razão são frequentes os aumentos de caudal, no início da Primavera, sempre que se verifique alguma precipitação mais intensa, embora as chuvas tardias de Maio já tenham pouca influência no regime do rio.

Após o período de estio, a data de retomada do escoamento e a ocorrência de caudais significativos é muito variável inter-anualmente. A duração do período de águas baixas e o seu termo estão relacionados com a maior ou menor precocidade das chuvas de Outono e com as suas características de duração e intensidade.

O regime climático, nomeadamente no que se refere às condições meteorológicas excepcionais, é o principal factor a ter em conta para a compreensão da génese das cheias. No entanto, dado o carácter integrado deste fenómeno fluvial, é indispensável inferir do papel de outras variáveis interdependentes, quer à escala local, que seja ao nível da bacia hidrográfica.

Dadas as características morfológicas do sítio do burgo de Amarante (situado numa área de depressão) e da passagem do rio Tâmega pelo seu centro histórico, são numerosos os episódios ligados às cheias.

Apresentamos um resumo cronológico das grandes cheias (quadro 1) que afectaram Amarante, para, de seguida, poder estabelecer algumas características que permitam uma melhor compreensão do fenómeno das cheias.

Quadro 1 - Descrição das principais cheias que afectaram o centro urbano de Amarante no período de 1960 a 1997.

DATA	ÁREA AFFECTADA	DESCRIÇÃO
1960 NOV.	- Parte baixa da cidade	- Chuvas torrenciais - Navegou-se na Rua 31 de Janeiro até quase à Ponte de S. Gonçalo. - O rio tentou por 3 vezes invadir este local
1961 JAN.		- Chuva há 4 meses
1962(*) ABR.	- Parte baixa da cidade	- Chuva contínua - Inundação que obrigou a fazer o trajecto da parte alta para a baixa por meio de barcos - As águas do rio atingiram as pedras angulares dos 3 arcos da Ponte S. Gonçalo - Caudal superior a 2000 m <sup>3</sup> /s
1963 JAN.	- Parte baixa da cidade	- Chuvas fazem crescer o rio até às lojas destinadas aos arrumos
1966 JAN./FEV.	- Lg. Conselheiro António Cândido	- Chuvas constantes - O rio atingiu uma elevada altitude, galgando as oficinas e inundando o Lg. Conselheiro António Cândido
1969 MAR.	- Rua 31 de Janeiro e Av. Beira-Rio	- Chuvas diluvianas constantes - Galgou a Av. Beira-Rio e obrigou a fazer a passagem em parte da Rua 31 de Janeiro de barco - O rio Tâmega baixou lentamente ao seu leito normal
1972 FEV.		- O Tâmega andou nas ruas
1978 MAR DEZ	- Rua 31 de Janeiro e Lg. Conselheiro	- 3 cheias quase seguidas com prejuízos materiais - Inundação de todas as casas da parte baixa da cidade - Lago no Lg. Conselheiro criado pela subida das águas através dos esgotos - O rio subiu cerca de 7 metros
1979 JAN.	- Parte baixa da cidade	- Cerca das 14 horas, a PSP foi alertada por Mondim de Basto que o rio Tâmega estava a sofrer uma forte cheia. Por volta das 15 horas, as águas começaram a subir à média de um metro por hora, atingindo o nível da cheia de Abril de 62. Eram cerca de 22 horas quando o Tâmega começou a baixar lentamente.
1982 JAN.	- Lg. Conselheiro	- Faltava apenas um palmo para o Tâmega invadir o Lg. Conselheiro
1987 OUT.	- Praias fluviais	- A água cobriu a Praia Aurora e até meio das árvores da Praia do Areal.
1992 DEZ	- Em toda cidade	- Forte queda de água - Grandes inundações provocados pelo transbordamento através das condutas dos esgotos em consequência do rápido aumento do caudal do rio Tâmega
1995/96 DEZ/JAN.	- Parte baixa da cidade	- Inverno chuvoso - Temporal com uma hora de chuvas torrenciais contínuas - O rio ameaçou o Lg. Conselheiro e a Rua 31 de Janeiro, tendo invadido o jardim Amadeu Sousa Cardoso. A ribeira de São Lázaro galgou as margens

\* É considerada uma das cheias mais importantes do século a par das cheias de 1909 e 1939.

**Análise de algumas variáveis hidrométricas**

A consulta descritiva das cheias, com maiores efeitos no espaço urbano de Amarante, permite retirar algumas ilações que são reforçadas com a análise dos caudais médios diários, os máximos diários instantâneos e os valores referentes às influências integrais mensais.

A observação dos gráficos relativos à evolução dos caudais médios diários, ao longo das inundações de 1960, 1962, 1966, 1969, 1972, 1978 e 1979 (isto é, para as quais existem valores de caudais registados) permite inferir da variação do regime do rio e possibilita a distinção entre dois tipos de cheias (M. PARDÉ, 1968):

- simples - que se caracterizam por um pico de cheia atingido em tempo de concentração acelerada. A descida é normalmente acentuada e a curva de enfraquecimento é muito rápida. É o caso das cheias de 1960, 1962, 1969 e 1972 (figs. 6-A; 6-B; 6-C; 6-D);
- complexas - as cheias de 1966, 1978 e 1979 mostram duas ou mais pontas, de valor desigual, separadas por águas baixas, mas, simultaneamente,

mantendo o caudal elevado por períodos de tempo mais longos (figs. 6-E, 6-F, 6-G).

O caudal médio diário constitui a noção de base e o ponto de partida para estabelecer os caudais característicos, necessários para descrever o comportamento de um rio. No entanto, o caudal médio diário é só um reflexo do verdadeiro caudal máximo atingido no momento mais forte da cheia (o pico de cheia que é registado sob a designação de máximo instantâneo diário). Em cada ano, o rio atinge um caudal diário

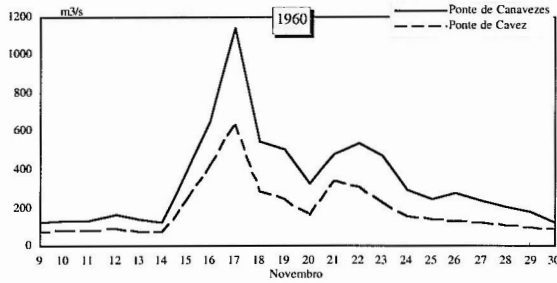


Fig. 6-A - Evolução dos caudais médios diários na inundação de 1960

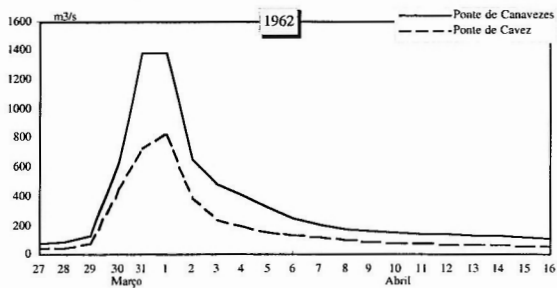


Fig. 6-B - Evolução dos caudais médios diários na inundação de 1962

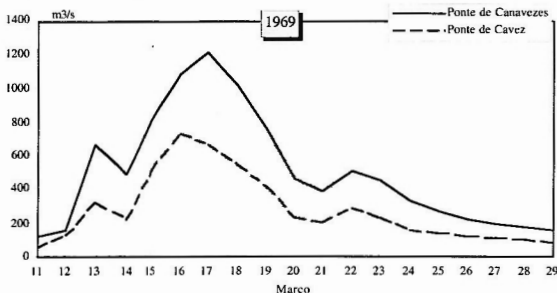


Fig. 6-C - Evolução dos caudais médios diários na inundação de 1969

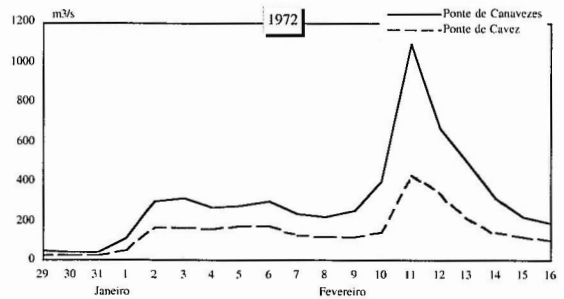


Fig. 6-D - Evolução dos caudais médios diários na inundação de 1972

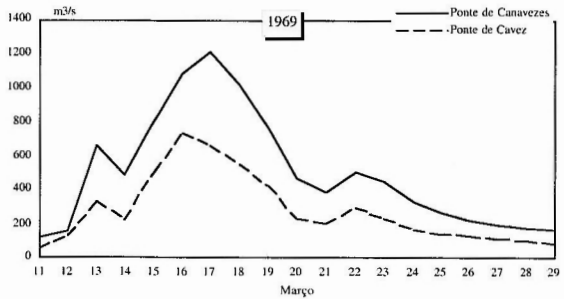


Fig. 6-E - Evolução dos caudais médios diários na inundação de 1966

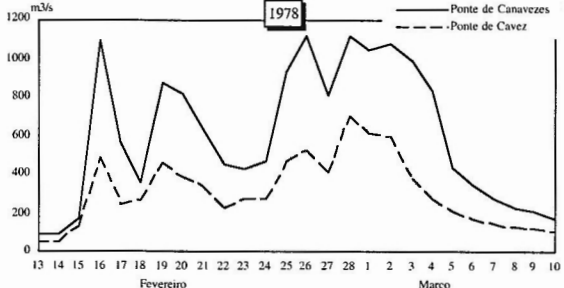


Fig. 6-F - Evolução dos caudais médios diários na inundação de 1978

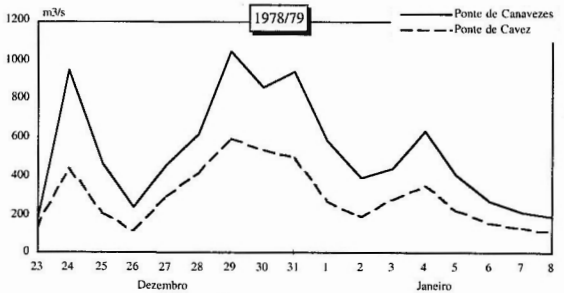


Fig. 6-G - Evolução dos caudais médios diários na inundação de 1978/79



momentâneo máximo, independentemente do facto causar ou não inundação. O valor atingido é de grande utilidade no estudo detalhado da variação inter-anual do regime hidrológico do rio, tornando-se fundamental referenciar a evolução dos caudais máximos instantâneos registados anualmente, tomando por base o período considerado.

Os valores registados nas estações hidrométricas consideradas (quadro II) mostram uma grande variação inter-anual e distribuem-se entre os meses de Novembro e Abril.

É nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro que ocorrem mais frequentemente os máximos diários instantâneos. A única referência ao mês de Abril coincide com a maior inundação dos últimos cinquenta anos. Mais de 50% das cheias anuais na estação hidrométrica de Ponte de Canaveses ultrapassam o valor de 1000 m<sup>3</sup>/s, enquanto que, em Ponte de Cavez, esta percentagem diminui para cerca de 15 % (dada a sua localização a montante).

Tomando por base as duas séries de máximos instantâneos e ordenando-as por ordem decrescente (quadro II), verificamos que as cheias classificadas até ao sétimo lugar são relativas aos anos de 1960, 1962, 1966, 1969, 1972, 1978 e 1979 (com uma decalagem no caso da estação hidrométrica de Ponte de Cavez), o que corresponde aos episódios de inundação já descritos e analisados anteriormente.

A análise de cheias deve conduzir à estimativa dos picos de caudais de cheia e à sua frequência de ocorrência em cada secção transversal considerada. A listagem com o registo de 27 anos (1960 a 1986) possibilita a avaliação dos picos de cheia, utilizando análises probabilísticas através de métodos estatísticos.

Aplicando uma lei estatística conhecida, Lei do Logaritmo Normal ou Lei de Gumbel (que resulta da teoria dos valores extremos<sup>(3)</sup> delineada por E.J. Gumbel), é possível estabelecer para cada cheia (quadro II) o seu intervalo de retorno (Ir) que pode ser definido como o intervalo de tempo que decorre entre duas cheias de igual magnitude<sup>(4)</sup> (A. CRISTOFOLLETTI, 1981).

Dessa maneira, os caudais atingidos pelas cheias de dois, cinco e dez anos podem ser, satisfatoriamente, definidos, para as estações hidrométricas consideradas, com o auxílio de um gráfico à escala logarítmica (fig. 7).

A cheia bienal assume um valor próximo dos 921,5 m<sup>3</sup>/s em Ponte de Canaveses, baixando para os

Quadro II - Máximos diários instantâneos nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez no período de 1960 a 1986

Ponte de Canaveses				Ponte de Cavez					
Máx.	diários	inst.	Ordenação	Máx.	diários	inst.	Ordenação	Ir	
1960	1594		1962	1961	1960	1053	1966	1152	28,00
61	936		78	1882	61	688	62	1082	14,00
62	1961		72	1653	62	1082	69	1057	9,33
63	1145		69	1640	63	660	60	1053	7,00
64	712		60	1594	64	424	72	730	5,60
65	1057		66	1553	65	575	81	711	4,67
66	1553		79	1334	66	1152	79	702	4,00
67	631		81	1296	67	377	61	688	3,50
68	834		84	1262	68	477	63	660	3,11
69	1640		77	1214	69	1057	70	624	2,80
70	1210		70	1210	70	624	85	594	2,55
71	627		74	1193	71	323	65	575	2,33
72	1653		63	1145	72	730	77	502	2,15
73	815		65	1057	73	393	84	486	2,00
74	1193		85	1041	74	478	74	478	1,87
75	422		83	956	75	200	68	477	1,75
76	561		61	936	76	180	64	424	1,65
77	1214		86	854	77	502	86	410	1,56
78	1882		68	834	78	157	73	393	1,47
79	1334		73	815	79	702	67	377	1,40
80	478		82	757	80	209	83	349	1,33
81	1296		64	712	81	711	71	323	1,27
82	757		67	631	82	315	82	315	1,22
83	956		71	627	83	349	80	209	1,17
84	1262		76	561	84	486	75	200	1,12
85	1041		80	478	85	594	76	180	1,08
1986	854		1975	422	1986	410	1978	157	1,04

504,8 m<sup>3</sup>/s na estação hidrométrica de Ponte de Cavez. Na cheia quinquenal e decenal, os valores sobem para 1527,5 e 1982 m<sup>3</sup>/s (Ponte de Canaveses), e 861,8 e 1129,5 m<sup>3</sup>/s (Ponte de Cavez), respectivamente.

A extrapolação das relações entre as magnitudes e os períodos de retorno, pela recta de regressão, possibilita a leitura aproximada para as cheias com intervalos de 50, 100<sup>(5)</sup> ou mais anos<sup>(6)</sup>. Por esse processo, a cheia centenária, importante instrumento no planeamento das zonas críticas de cheias, assume valores que variam entre os 3497 m<sup>3</sup>/s (em Ponte de Canaveses) e os 2022 m<sup>3</sup>/s (Ponte de Cavez).

Canaveses e Ponte de Cavez), utilizando vários métodos matemáticos. Os resultados encontrados, quanto aos períodos de retorno, são muito idênticos àqueles a que chegamos com a aplicação da lei de Gumbel para as secções do rio Tâmega consideradas.

(3) A equação utilizada é expressa da seguinte maneira:

$Ir = N + 1 / M$  em que Ir é o intervalo de retorno, N é o número total dos eventos considerados na série anual e M, o número de ordem que representa a posição da cheia na escala organizada.

(4) Num estudo denominado "A Análise da Frequência regional das Cheias - Região do Noroeste de Portugal", A. S. TAVEIRA (1980) aborda a ocorrência de cheias em sete estações hidrométricas (incluindo as de Ponte de

(5) Em termos gerais, por aplicação de métodos estatísticos (baseados na distribuição Pearson tipo 3), estima-se que, nos rios da região norte, o caudal instantâneo máximo, para o período de retorno de 100 anos, seja duas vezes superior à mediana do caudal instantâneo máximo anual (MA/INAG, 1995). Com base neste método, o caudal da cheia centenária atingiria os 2114 e 1004 m<sup>3</sup>/s nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez, respectivamente.

(6) A definição da recta de regressão linear permitiu a leitura para a cheia de 500 anos que apresenta um resultado de 4554,5 m<sup>3</sup>/s (Ponte de Canaveses), valor próximo daquele que é apresentado para a definição do caudal de máxima cheia afluente (t = 500 anos) para a barragem do Torrão e que é de 4150 m<sup>3</sup>/s (EGF, 1981).



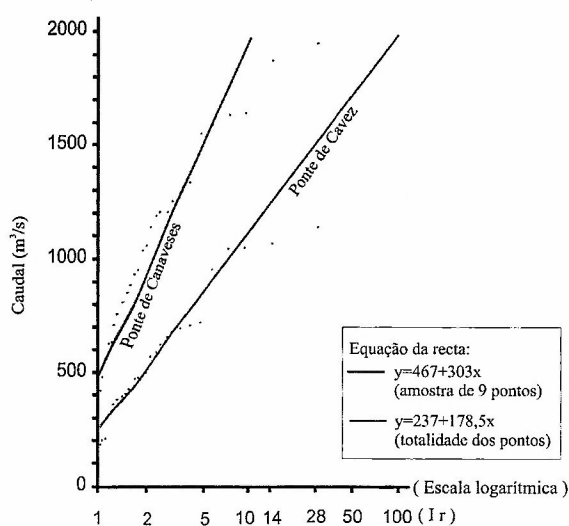


Fig. 7 - Relação entre a intensidade das cheias e os intervalos de retorno nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez com dados relativos ao período de 1960 a 1986.

Os intervalos de retorno encontrados indicam a probabilidade de ocorrência dessas cheias, mas não significam que a variação dos caudais de cheia se distribua, temporalmente, de forma regular. A cheia decenal para a estação hidrométrica de Ponte da Canaveses é um exemplo de desfasamento temporal, em relação ao período de retorno: verificou-se em

1969 e 1972 (com 1640 e 1653 m³/s, respectivamente), isto é com 3 anos de diferença. Pelo contrário, em Ponte de Cavez, a regularidade da cheia decenal é apreciável, tendo ocorrido em 1960, 1969 e 1978 (com os máximos diários instantâneos a atingirem os 1053, 1057 e 957 m³/s, respectivamente).

Neste sentido, as variações sazonais, no decorrer do ano, são mais claramente exprimidas pelas variações dos caudais mensais. As afluições integrais mensais das duas estações hidrométricas estudadas (quadro III,) podem ajudar a descrever os diferentes comportamentos hidrológicos das cheias anuais. A variação interanual dos maiores caudais integrais mensais é elevada, concentrando-se, essencialmente, durante os meses de Inverno (Dezembro, Janeiro e Fevereiro). As afluições mensais não sustentam uma correlação linear perfeita com os máximos diários instantâneos. Isto é, ao caudal mensal mais elevado não corresponde forçosamente a inclusão do pico máximo diário que se registou ao longo de um ano, ou vice-versa. Escalonando estes valores numa série ordenada por ordem decrescente (quadro III), concluímos que as posições cimeiras não correspondem aos episódios de maior magnitude (1960, 1962, 1966, 1969, 1972, 1978 e 1979).

Analisando o comportamento das inundações mais importantes referenciadas, com base na variação do regime do rio ao longo dos meses de maior afluição hidrológica, denotam-se tendências evolutivas diferenciadas:

Quadro III - Afluições integrais mensais nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez no período de 1960 a 1986

Afluições integrais mensais (Hm3)						
	Ponte de Canaveses	Ponte de Cavez		Ponte de Canaveses		Ponte de Cavez
60	829,20	504,50	66	1554,10	66	924,70
61	565,70	313,90	70	1079,40	79	663,50
62	638,50	359,60	77	1046,40	70	551,20
63	633,50	365,50	79	1020,40	69	531,10
64	670,80	391,80	78	1003,10	78	524,80
65	534,10	246,60	69	966,80	77	520,10
66	1554,10	924,70	60	829,20	60	504,50
67	282,00	139,80	85	682,90	64	391,80
68	502,70	231,90	64	670,80	85	368,30
69	966,80	531,10	81	651,20	63	365,50
70	1079,40	551,20	62	638,50	62	359,60
71	330,80	159,50	63	633,50	61	313,90
72	621,60	303,20	72	621,60	72	303,20
73	400,70	223,50	61	565,70	74	292,80
74	554,50	292,80	86	562,00	86	263,50
75	325,70	189,90	74	554,50	83	258,50
76	377,50	149,60	65	534,10	81	252,80
77	1046,40	520,10	84	507,90	65	246,60
78	1003,10	524,80	68	502,70	68	231,90
79	1020,40	663,50	83	493,10	73	223,50
80	281,80	134,00	82	428,30	82	220,00
81	651,20	252,80	73	400,70	84	209,20
82	428,30	220,00	76	377,50	75	189,90
83	493,10	258,50	71	330,80	71	159,50
84	507,90	209,20	75	325,70	76	149,60
85	682,90	368,30	67	282,00	67	139,80
86	562,00	263,50	80	281,80	80	134,00
Média	649,80	344,21	Média	649,80	Média	344,21

- as cheias de 1960, 1972 e 1979 desenvolveram-se num período mais curto devido ao rápido aumento do caudal mensal a seguir a meses de águas baixas (figs. 8-A, 8-B, 8-C); - as cheias de 1962, 1966, 1969 e 1978 resultaram de uma conjuntura que favoreceu o prolongamento de caudais mensais elevados, ao longo de um período mais dilatado (figs. 8-D, 8-E, 8-F, 8-G).

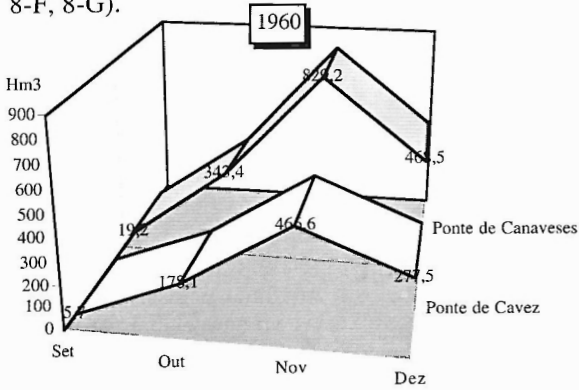


Fig. 8-A - Evolução das aflúncias integrais mensais nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez para a cheia de 1960

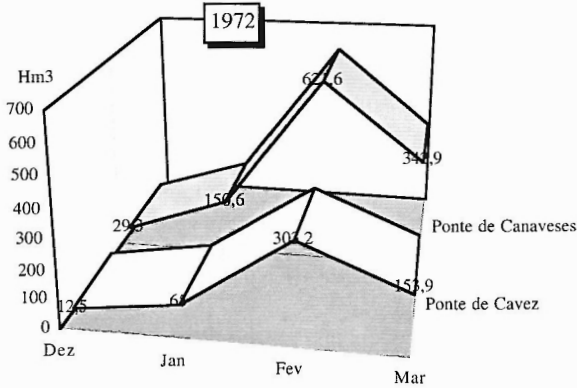


Fig. 8-B - Evolução das aflúncias integrais mensais nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez para a cheia de 1972

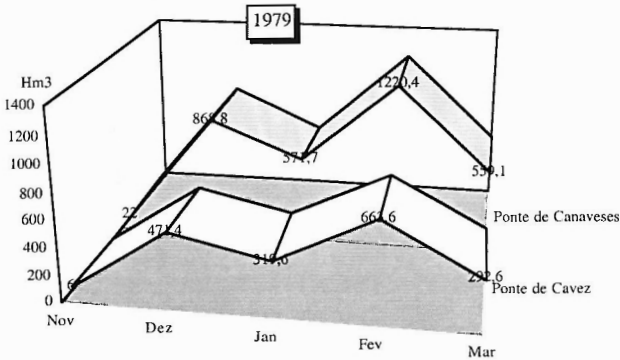


Fig. 8-C - Evolução das aflúncias integrais mensais nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez para a cheia de 1979

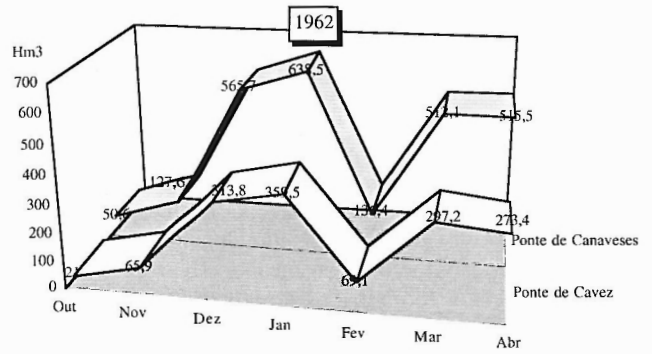


Fig. 8-D - Evolução das aflúncias integrais mensais nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez para a cheia de 1962

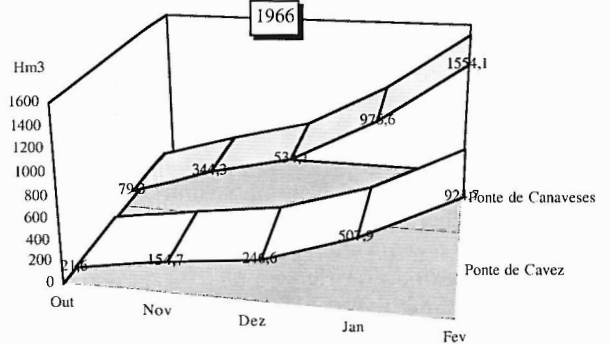


Fig. 8-E - Evolução das aflúncias integrais mensais nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez para a cheia de 1966

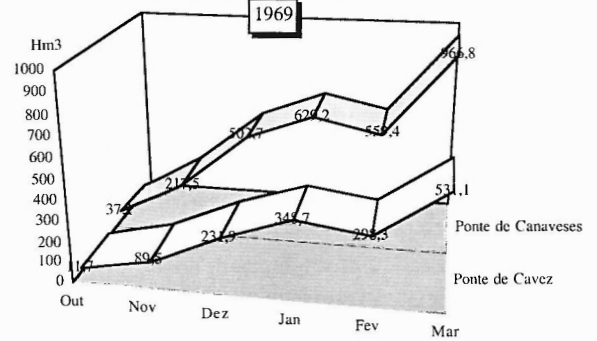


Fig. 8-F - Evolução das aflúncias integrais mensais nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez para a cheia de 1969

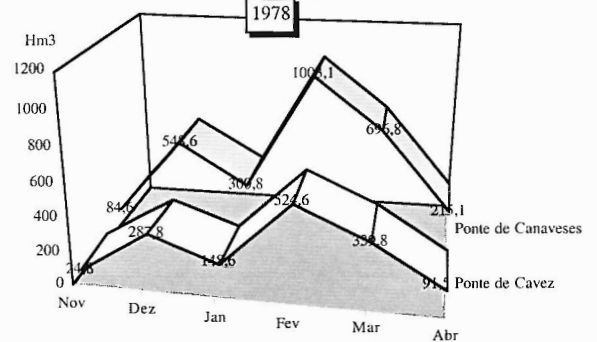


Fig. 8-G - Evolução das aflúncias integrais mensais nas estações hidrométricas de Ponte de Canaveses e Ponte de Cavez para a cheia de 1978

### Área de inundação: alguns aspectos a considerar na sua delimitação para o caso de Amarante

As variáveis hidrológicas definidas pelo regime fluvial são elementos fundamentais na definição e na delimitação das áreas inundáveis. Esta operação técnica e científica, de contornos complexos e delicados, depende de vários factores, destacando-se a topografia e os parâmetros geométricos do leito aparente e da planície de inundação<sup>(7)</sup>. O cruzamento de informação diversificada (baseada essencialmente num trabalho de campo apurado) com os vários modelos hidrográficos e hidráulicos facilita a caracterização das cheias e a definição e delimitação das zonas inundáveis.

A legislação portuguesa prevê a delimitação das áreas inundáveis, caso a caso, que designa por zonas adjacentes, subdivididas em áreas de ocupação edificada proibida e condicionada (decreto-lei n.º 468/71 de 5 de Novembro e decreto-lei n.º 89/87 de 26 de Fevereiro). A marcação de uma área inundada correspondente à cheia centenária “...é usualmente a que interessa em termos legais de definição de leito de cheia”. O período de retorno de 100 anos parece continuar a ser a melhor forma de fundamentar a delimitação dos leitos de cheia. No entanto, como na generalidade dos casos se desconhece aquele limite, esta área é delimitada por uma faixa de cem metros para cada lado da margem. Com o mapeamento de zonas críticas de inundação, é possível identificar e delimitar as principais áreas de susceptibilidade ao risco de inundação, segundo diferentes graus de probabilidade de ocorrência.

Para a definição dessas zonas na cidade de Amarante, seria necessário um trabalho de campo extremamente delicado e complexo (devido às características geomorfológicas do vale do Tâmega) apoiado por técnicos especializados e baseado em tecnologias de medição rigorosas.

A delimitação destas zonas, com a marcação de uma faixa de cem metros a partir de cada margem do rio, é pouco precisa e realista, quando comparada com a altura atingida pela cheia de 1962 (através da medição da altura da placa gravada na artéria 31 de Janeiro

que regista este evento e a partir do nível da rua, foi possível encontrar o valor 70,2 metros para a cota máxima atingida e delimitar a área inundada em Amarante durante esta cheia) ou pelos valores de cotas de superfície livre, apresentados pelos técnicos da EDP<sup>(8)</sup> (fig. 9), sendo por isso de pouca utilidade técnica.

### Conclusão

O exemplo das cheias em Amarante mostra uma diversidade de situações hidrológicas que urge aprofundar. São visíveis algumas tendências repetitivas, mesmo num quadro de excepções bastante significativo: quer se analise o regime hidrológico em período de cheia num período de tempo curto (uma década, por exemplo), ou num período de tempo mais alargado (como foi o caso deste trabalho), é possível detectar conjunturas típicas. Seria de inegável interesse aprofundar estas situações num quadro temporal mais vasto (100 anos), para tentar fundamentar um suporte científico de base a um possível modelo hidrométrico que se aproximasse o mais possível do regime hidrológico do rio Tâmega em períodos de cheia.

A diminuta importância concedida à análise da evolução das cheias nas questões mais vastas do ordenamento e da gestão nos espaços ribeirinhos dificulta a delimitação e a definição das áreas inundáveis, o que contribuiu para o aparecimento de situações de ruptura e/ou de duvidosa sustentabilidade (podemos referir o caso do aproveitamento hidroeléctrico). Qualquer estudo que tenha em conta a bacia hidrográfica do rio Tâmega deverá sempre englobar as situações hidrológicas extremas, de forma a racionalizar a gestão de acções de prevenção e mitigação das suas consequências, bem como procurar influenciar novas formas de gerir os recursos naturais em áreas sensíveis (E. VELHAS, 1997).

(7) Para o geomorfólogo, a planície aluvial é uma área caracterizada por uma distinta sequência de formas e depósitos; para o hidrologista é a área inundada por cheias excepcionais ou catastróficas; para o planeador e legislador, é uma área definida por estatuto próprio. A planície de inundação pode ser delimitada de quatro formas tendo em conta: a topografia, a vegetação, os solos e a extensão das cheias passadas (W. M. MARSH, 1983).

(8) Em 1982, a EDP, procedendo à análise da possível influência sobre as cheias resultantes da construção de um açude a jusante do Parque Florestal, chegou aos seguintes valores das cotas de superfície livre para os caudais de 500, 750, 1000, 1250 e 1500 (m<sup>3</sup>/s), para o referido local: 64,3; 65,9; 67,13; 68,2; 69,16 metros, respectivamente.



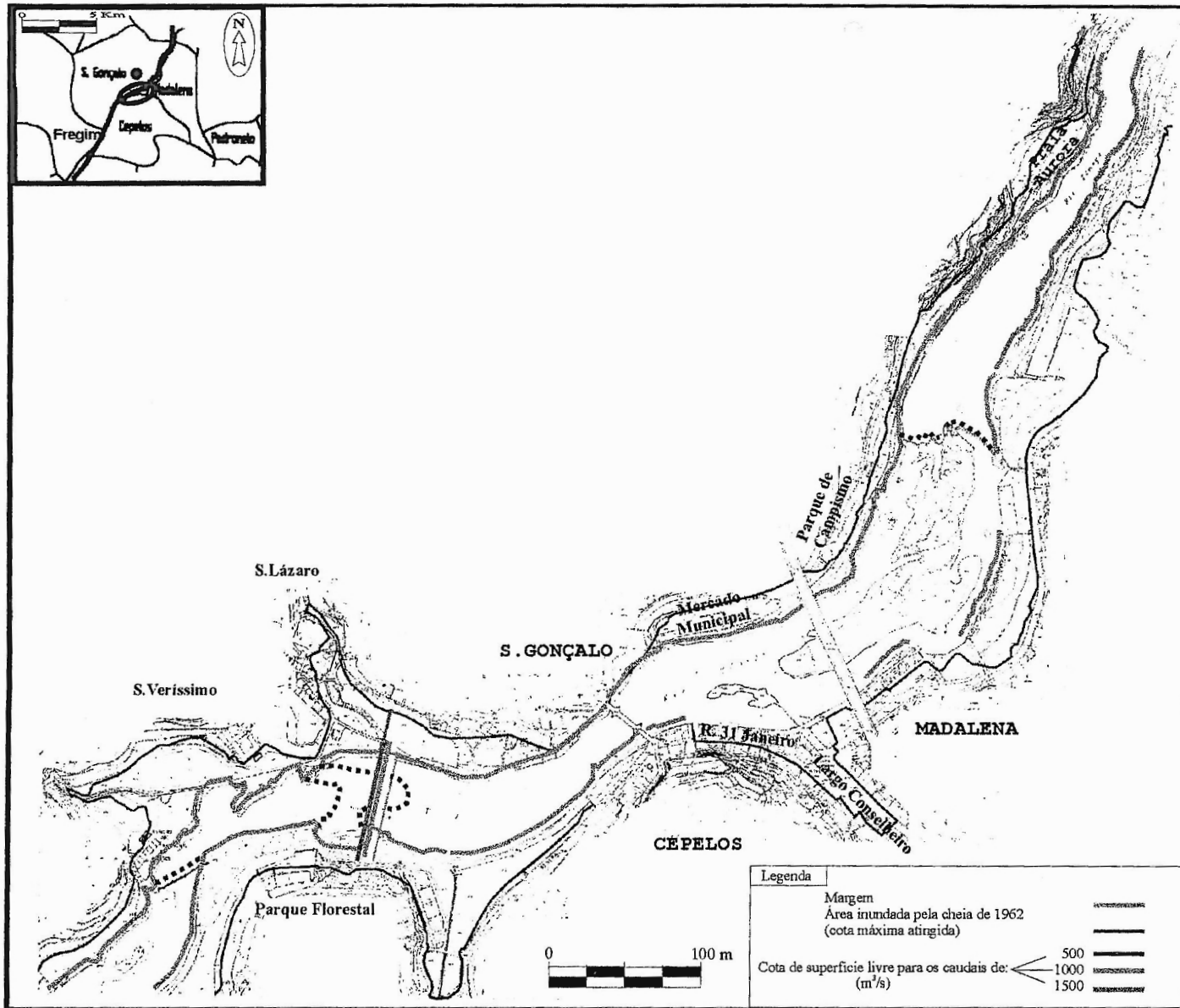


Fig. 9 - Área inundada pela cheia de 1962 e cotas de superfície livre atingidas pelos caudais de 500, 1000 e 1500 m<sup>3</sup>/s

BIBLIOGRAFIA

- CHRISTOFOLETTI, A. (1981) - *Geomorfologia fluvial, Vol. I - O canal fluvial*. Ed.ª Edgard Blucher Ltda, São Paulo.
- COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. (1990) - *Geomorphology in environmental management. A new introduction*. Clarendon Press, Oxford.
- CORREIA, F. N. (1982) - "Caudais de cheia em pequenas bacias hidrográficas". *Seminário nº 247*, L.N.E.C., Lisboa
- D.G.R.A.H. (1986) - *Monografias hidrológicas dos principais cursos de água de Portugal Continental*. Lisboa.
- DOUGLAS, Ian (1983) - *The urban environment*. Edward Arnold, Londres.
- EGF (1981) - *Análise de impactes ambientais da barragem do Torrão - 1ª fase*. EDP, Lisboa.
- FERNANDES, A. Peinador (1960) - "O vale de fractura de Fornelo - Padronelo - Amarante". *Boletim do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências*, 8 (2), Lisboa, p. 139-147.
- HENRIQUES, A. G. et al. (1985) - "Avaliação de caudais de cheia e mapeamento de zonas inundáveis - aplicação ao caso da rib.ª da Laje (Oeiras)". *Recursos hídricos*, Vol. 3, nº 6, Lisboa, p. 3-12.
- LOURENÇO, L. (1989) - "O rio Alva, estudo hidroclimatológico". *Cadernos de Geografia*, nº 8, Coimbra, p. 55-125.
- MA/DRARN-NORTE (1996) - *Atlas de Recursos hídricos do Norte*, Vol. I. Porto
- MA/INAG (1995) - *Recursos hídricos de Portugal continental e sua utilização*, Vol. I e II. Lisboa.
- MACEDO, L. V. Z. (1984) - *Pequena História de Amarante*. 2ª Edição, Amarante.
- MARSH, W. M. (1983) - *Landscape planning - Environmental applications*. Adison-Wesley Publishing Company.
- MIRANDA, António P. C. (1997) - *Adeus Tâmega, Adeus Rio, Adeus Amarante*. Amarante.
- MONTEIRO, António P. (1953) - "O rio Tâmega - subsídios para a sua monografia". *Douro-litoral*, nº VII e VII da 5ª série, Liv.ª Simões Lopes, Porto, p. 81-110.
- O'RIRDAN, T. (1995) - *Environmental science for environmental management*. Longman, Londres.
- PARDÉ, M. (1967) - "Les crues remarquables du Douro inférieur". *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Vol. III, nº 38, p. 231-242.
- PEDROSA, A. S.; PEDROSA, F. T.; MARQUES, B. S. (1995) - "Apresentação geográfica do concelho de Amarante". *Entremuros-I*, Amarante, p.3-9.
- PROJECTO DE GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE (1990) - *Monografias sobre as bacias hidrográficas do norte de Portugal*. PGRH/N, Porto.
- REBELO, F. (1997) - "Risco e crise nas inundações rápidas em espaço urbano. Alguns exemplos portugueses analisados a diferentes escalas". *Territorium 4*, Coimbra, p. 29-47.
- SILVA, D. P. (1968) - "Les grandes crues du Douro". *Études hydrologiques et géographiques offertes à Maurice Pardé*, GAP, p. 521-541.
- SOBRINHO, A. S. (1978) - "Elementos hidrométricos de cursos de água portugueses (decénio 1960/61-1969/70)". *Finisterra*, Vol. XIII, nº 25, CEG, Lisboa, p. 139-148.
- SOBRINHO, A. S. (1985) - "As inundações e o ordenamento do território em Portugal". *Actas do II Colóquio Ibérico de Geografia*, Vol. I, Lisboa, p. 359-385.
- TAVEIRA, A. S. (1980) - "A análise da frequência regional das cheias - região do noroeste de Portugal". *Recursos hídricos*, Vol. 1, nº 3, Lisboa, p. 43-81.
- TRICART, J. (1978) - *Géomorphologie applicable*. Masson, Paris.
- VELHAS, E. (1991) - "A bacia hidrográfica do rio Leça - estudo hidroclimatológico". *Revista da Faculdade de Letras - Geografia*, I série, Vol. VII, Porto, p. 139-251.
- VELHAS, E. (1997) - "As cheias na área urbana do Porto. Risco, percepção e ajustamentos". *Territorium 4*, Coimbra, p. 249-78.