

SECRETARIA DE ESTADO DAS OBRAS PÚBLICAS

INTERVENÇÃO NA BACIA E NA REDE HIDROGRÁFICA

Miguel Azevedo Coutinho\*

RESUMO

A verificação dos caudais elevados em pequenas bacias está intimamente relacionada com a ocorrência de precipitações intensas.

A resposta de uma pequena bacia à ocorrência de precipitações intensas depende de numerosos factores dos quais se destacam além das características fisiográficas, geológicas e pedológicas, as condições de uso e ocupação do solo.

As actividades humanas se, na generalidade dos casos, não introduzem grandes condicionamentos ao escoamento dos caudais resultantes da precipitação podem, potencialmente, em condições de uso inadequado dos solos, de obstrução e de ocupação dos leitos e de modificação das condições naturais de drenagem, criar sérias dificuldades contribuindo para o aumento dos caudais máximos, dos volumes, dos períodos de inundação e dos caudais sólidos e volume de detritos associados às cheias repentinas.

Evidenciam-se os problemas hidráulicos de cheias repentinas em bacias onde a intervenção humana se revestir de grande importância. Analisam-se as várias formas de intervenção e os mecanismos dos processos a elas associados procurando-se realçar os efeitos positivos ou negativos do ponto de vista hidráulico.

Enunciam-se conceitos que deverão estar implícitos nos programas de acção e nas soluções que deverão ser desencadeadas por iniciativa da administração - obras e medidas de correcção das condições de escoamento e de prevenção e defesa em relação à ocorrência de caudais elevados.

---

\* Engenheiro Civil (IST), Ph.D. (CSU-USA), Professor Auxiliar da Secção de Hidráulica do IST, membro do CEHIDRO.

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO
2. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA
  - 2.1 - CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA. USO DO SOLO
  - 2.2 - REGIME HIDROLÓGICO
  - 2.3 - CAUDAIS DE CHEIA. CONDIÇÕES DE ESCOAMENTO
3. OCUPAÇÃO DA BACIA E INTERVENÇÃO HUMANA
  - 3.1 - ACTIVIDADES HUMANAS NA BACIA
  - 3.2 - INTERVENÇÃO NOS PROCESSOS NATURAIS
  - 3.3 - EFEITOS DA INTERVENÇÃO
4. CONDIÇÕES DE VAZÃO. MEDIDAS CORRECTIVAS
  - 4.1 - ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE VAZÃO
  - 4.2 - MEDIDAS CORRECTIVAS. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO
5. RISCOS E PREJUÍZOS ASSOCIADOS ÀS CHEIAS
  - 5.1 - ANÁLISE DO RISCO
  - 5.2 - PREJUÍZOS
6. O EXEMPLO DE CASCAIS
  - 6.1 - ANTECEDENTES
  - 6.2 - AS CHEIAS DE NOVEMBRO DE 1983
  - 6.3 - MEDIDAS A CONSIDERAR

## 1 - INTRODUÇÃO

Desde que os seres humanos se aperceberam que tinham de lutar pela sobrevivência e aprenderam a recolher os ensinamentos da observação do comportamento da Natureza, existe um grande respeito pela "força" dos processos naturais. Da incompreensão à explicação mitológica e depois à procura da precisa explicação científica decorreram e decorrerão ainda grandes intervalos de tempo.

A razão e a introdução deste Seminário foi apresentada e já houve oportunidade de os participantes se aperceberem do seu âmbito. A participação do CEHIDRO como braço de ligação e de apoio da Universidade à Comunidade já foi justificada.

A participação do CEHIDRO em que se inclui a presente comunicação não pretende constituir uma lição ou uma contribuição de vanguarda, mas pelo contrário uma base de diálogo e de análise em torno de situações concretas como são as que resultaram da ocorrência das cheias de Novembro de 1983 na região de Lisboa.

As características particulares de formação das individualidades presentes neste Seminário tornaram fácil a tarefa de apresentação da matéria que assim pode ser feita em linguagem técnica de entendimento geral. Decidiu-se, no entanto, não sobrecarregar a exposição de formalismos e análises matemáticas associadas habitualmente ao tratamento dos processos físicos da hidrologia e da hidráulica das bacias hidrográficas.

Procura-se de forma clara e sintética deixar bem vincado que:

- os conhecimentos actuais de que se dispõe;
- os meios existentes para análise e cálculo, das condições do escoamento nas bacias;
- os instrumentos e medidas de planeamento do ordenamento do território desenvolvidos;
- o corpo de legislação e de princípios orientadores da actividade humana e, o enquadramento institucional e administrativo do País;

constituem uma base valiosa e amplamente suficiente para melhorar as condições de ocupação do território e, assim, diminuir os inconvenientes e os riscos a que está sujeita grande parte da população nacional e em particular a da Região de Lisboa, como ficou

patente na ocorrência destas cheias.

A decisão do Senhor Secretário de Estado das Obras Públicas de juntar neste Seminário um tão amplo espectro de organismos permite, em boa hora, a troca de ideias e de informações que se classificam de fundamentais para a eficácia do sistema, evitando duplicações de actuação e congregando esforços no sentido de melhorar as condições de ocupação do território.

É reconhecido por diversos autores que a água desempenha um papel fundamental no planeamento da ocupação territorial. Segundo McHarg, 1971 "... há necessidade de regras simples que garantam que a sociedade proteja os valores dos processos naturais e se defenda a si própria ...".

Considerando a água como um indicador do valor das zonas geográficas relativamente à ocupação urbana ou, inversamente, da intolerância dos sistemas ambientais à mesma ocupação, poder-se-ão classificar as referidas zonas por ordem crescente da sua capacidade para ocupação urbana (McHarg, 1971):

- lagos, albufeiras e linhas de água;
- zonas pantanosas;
- zonas inundáveis;
- aquíferos e zonas de recarga de aquíferos;
- encostas declivosas;
- solos agrícolas de 1ª qualidade;
- solos florestáveis;
- zonas planas não florestadas.

Esta ordenação resulta, entre outros aspectos, da consideração de factores restritivos de ocupação, ligados à água, que são:

- permanência da água e falta de drenagem;
- riscos de inundação;
- riscos de erosão dos solos.

Nesta exposição limita-se a intervenção à análise das condições hidrológicas e hidráulicas das pequenas bacias, da sua especificidade e das suas implicações no planeamento da ocupação territorial.

## 2 - CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS

### 2.1 - CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA. USO DO SOLO

O factor de distinção fundamental entre pequenas e grandes bacias é a área, sobrepondo-se a outros factores fisiográficos. Segundo vários autores, em particular de acordo com a metodologia de cálculo dos caudais de cheia do Soil Conservation Service (Viessmam e al., 1977), as pequenas bacias têm áreas da ordem das poucas dezenas de quilómetros quadrados, podendo no máximo atingir valores da ordem das duas ou três centenas.

Outro factor igualmente característico, é o tempo de concentração que se considera poder atingir valores da ordem de seis horas.

No contexto de regiões hidrográficas, as pequenas bacias têm em média declives relativamente acentuados, correspondendo a bacias que, segundo a classificação de Strahler e em regiões sem condicionamentos geológicos particulares, raramente ultrapassam a quarta ou quinta ordem.

Verifica-se que os comprimentos médios destas bacias, ao longo da linha de água principal são da ordem das poucas dezenas de quilómetros.

É difícil estabelecer com precisão o limite superior da área de pequenas bacias pois bacias em condições particulares sob precipitações intensas e de longa duração, algumas bacias podem revelar comportamentos semelhantes a pequenas bacias desde que apresentem um ou mais dos atributos que a seguir se indicam:

- declive acentuado;
- baixo índice de bifurcação;
- forma relativamente arredondada;
- elevada densidade de drenagem;
- solos de cobertura pouco permeáveis ou saturados a seguir a longos períodos de precipitação;
- elevados índices de ocupação urbana, de terrenos incultos e ausência de correcção torrencial e de florestação.

Outras características fisiográficas, tipos e usos do solo

lo que geralmente são importantes para a caracterização da relação precipitação-escoamento desempenham nas pequenas bacias, em situação de ocorrência de precipitações excepcionais, um papel secundário.

Importa referir também, que as dimensões das pequenas bacias são tais que os núcleos das tempestades, produtores da precipitação, têm dimensões da mesma ordem de grandeza, situação que faz que a previsão de cheias nesta situação dependa mais de meios meteorológicos do que da possível instrumentação udométrica e hidrológica de superfície.

## 2.2 - REGIME HIDROLÓGICO

As pequenas bacias, em Portugal, caracterizam-se hidrologicamente por um regime que se pode designar de torrencial. A resposta à precipitação dá-se com elevada rapidez e o escoamento sobre a bacia é do tipo Hortoniano (superficial).

Em regiões climáticas, mediterrânicas e fortemente influenciadas por massas de ar transportadas por acção de depressões ciclónicas o regime de precipitação é muito irregular ao longo da época de chuvas, e caracteriza-se pela possibilidade de ocorrência de situações de precipitação intensa.

No caso de precipitações intensas, especialmente se estas se verificarem em condições em que as depressões do terreno estejam preenchidas e as intensidades de infiltração estabilizadas, a resposta da bacia traduz-se por caudais de elevados valores específicos.

Este regime torrencial, associado a valores habitualmente diminutos dos escoamentos subterrâneos e subsuperficiais que poderiam contribuir para o caudal de base é responsável por leitões menores de pequenas dimensões cuja ocupação e eventual transbordo só se dá de anos a anos.

Associado aos escoamentos do regime torrencial referido, ocorrem também caudais sólidos, transportados em suspensão ou por arrastamento, geralmente elevados.

A acção extremamente erosiva da precipitação intensa, que atinge valores muito elevados na zona climática em que se situa Portugal, e, posteriormente a elevada capacidade de arrastamento do escoamento, constituem problemas adicionais importantes na medida em que o material sólido erodido e transportado das encos

tas e dos leitos nas zonas altas e declivosas das bacias, se vai depositar nas zonas baixas, obstruindo os leitos.

Do que se referiu, ressalta que em condições naturais o leito menor é de pequenas dimensões e, relativamente ao leito e zonas de inundação ocupados com uma cheia apresenta uma relação de probabilidade elevada que é tanto menor quanto maior é a área da bacia.

### 2.3 - CAUDAIS DE CHEIA. CONDIÇÕES DE ESCOAMENTO

As condições que são responsáveis por caudais elevados em pequenas bacias, como já se referiu, estão associadas à ocorrência de precipitações intensas.

O valor dos caudais máximos atingidos depende de numerosos factores:

- intensidade de precipitação e sua distribuição temporal;
- retenção da água sobre as depressões do terreno e cobertura vegetal;
- grau de saturação do solo e sua permeabilidade;
- geometria das encostas e condições de escoamento sobre o terreno (contribuições do escoamento subterrâneo e subsuperficial);
- geometria e estado de conservação dos leitos da rede hidrográfica.

Os modelos de estimativa de hidrogramas de cheia em pequenas bacias, e o cálculo de propagação de caudais ao longo de uma rede de drenagem beneficiaram de incrementos substanciais nos últimos anos. Infelizmente, em Portugal, estas novas técnicas não são do conhecimento geral e a sua aplicação situa-se ainda a níveis incipientes.

Torna-se necessário conhecer com relativa precisão a contribuição dos vários processos nas cheias.

As condições de cheia podem ser definidas por registos cronológicos de caudais, no entanto, de forma sintética poder-se-ão caracterizar os seguintes parâmetros:

- volume;

- caudal máximo;
- duração.

O conhecimento destes parâmetros é fundamental para a análise das condições de escoamento nos leitos, em condições naturais ou em situação modificada pela intervenção humana.

Da análise das condições de escoamento resultam as seguintes informações:

- níveis atingidos;
- áreas inundadas;
- velocidades do escoamento.

### 3 - OCUPAÇÃO DA BACIA E INTERVENÇÃO HUMANA

#### 3.1 - ACTIVIDADES HUMANAS NA BACIA

As actividades humanas nas bacias hidrográficas revestem-se de dois aspectos particularmente importantes:

- sua adaptabilidade às condições geográficas e climáticas;
- seu ajustamento em face da localização e da disponibilidade de recursos.

No passado, quando as actividades humanas se desenvolviam mais em torno do sector primário, a ocupação demográfica traduzia a conciliação destes dois aspectos sendo o primeiro respeitado e localizando-se as populações sempre o mais próximo possível das zonas com disponibilidade de recursos.

Em muitos locais esta situação manteve-se durante séculos, atingindo-se elevados níveis de adaptabilidade ao meio, como é o exemplo das construções elevadas sobre estacas - palafitas - que ainda se podem ver nas povoações de pescadores do litoral ou das margens do Tejo.

Presentemente, a mobilidade das populações, o escasseamento e diferente valorização dos recursos tradicionais, as necessidades dos sectores secundários e terciários da actividade económica e a expansão das zonas urbanas constituem factores potenciais de instabilização da equilíbrio adquirido no passado.



As populações mudam-se para zonas que não conhecem, não têm capacidade para apreciar e valorizar os processos naturais e, por último, não se sabem proteger da ocorrência de condições extremas dos mesmos processos.

### 3.2 - INTERVENÇÃO NOS PROCESSOS NATURAIS

A fim de garantir melhor utilização agrícola e florestal dos solos, de há muito que foi reconhecida a vantagem de determinadas práticas e medidas em detrimento de outras.

A conservação dos solos nas encostas, onde geralmente a sua espessura é pequena, levou, por exemplo, a que fosse preferida a cultura em bandas, segundo as curvas de nível e, em casos extremos, à construção de terraços e à execução de um número considerável de obras de correcção torrencial.

Nas zonas baixas, onde se situam geralmente os solos de maior valia agrícola, reconheceu-se a necessidade de fixar as margens dos leitos menores, executar obras de protecção contra cheias mais frequentes e de prever dispositivos para, no caso de cheias excepcionais ou de rotura das obras de protecção, controlar as consequências, como sejam:

- arrastamento dos solos e culturas;
- formação de alvercas de erosão;
- deposição de areias e outro material grosseiro sobre os bons terrenos;
- outros danos causados pelos níveis elevados atingidos pela água e pela acção da corrente.

Com a expansão urbana verificada especialmente nas últimas décadas, a estrutura fundiária foi alterada em muitos casos, o uso da terra também sofreu modificações mas, o que é mais importante, as práticas conservacionistas de raiz tradicional ou resultantes da imposição legal deixaram de ser respeitadas.

A responsabilidade de conservação e manutenção dos leitos que recaía nos proprietários ribeirinhos passou a ser partilhada por condóminos ou a recair directamente nas autarquias que tomaram a seu cargo a manutenção dos lugradouros das zonas urbanizadas.

Em alguns casos, e em franco desconhecimento das condi-

ções locais, construiu-se na zona de inundações, leitos de cheia e mesmo nos leitos menores dos pequenos cursos de água.

Esta situação reprovável de indisciplina pode ser analisada a dois níveis:

- o planeamento de ocupação territorial não teve capacidade de antecipadamente prever determinadas situações, ou foi omissivo em relação a elas;
- não foram respeitados princípios e legislação por indisciplina ou incapacidade da sua implementação.

A intervenção na bacia produz efeitos distintos dos resultantes das condições naturais, interessando avaliar:

- o limite de intervenção e modificações das condições naturais;
- os custos das intervenções e modificação da Natureza;

e estabelecer um enquadramento propício à ocupação adequada e disciplina do território que favoreça as medidas conservacionistas, penalizando as ocupações indevidas que possam prejudicar terceiros.

### 3.3 - EFEITOS DA INTERVENÇÃO

As acções de conservação do solo, modificando as condições hidráulicas das bacias, tem geralmente efeitos benéficos em relação ao regime natural.

As práticas de conservação do solo podem ter os seguintes efeitos:

- aumentam a capacidade de armazenamentos sobre o terreno (em encostas lisas e declivosas poderia assumir valores mínimos da ordem de 1 mm e em terrenos de cultura planos e com prática agrícola apropriada, poderá atingir valores de cerca de 50 mm);
- aumentam a infiltração;
- diminuem a velocidade do escoamento e a intensidade de erosão laminar;
- contribuem para o aumento do tempo de concentração nas bacias muito pequenas.

Verifica-se que, em condições de ocorrência de precipitações excepcionais, o efeito benéfico da correcção torrencial não é tão notório, sendo no entanto um factor importante na diminuição dos riscos (refira-se o efeito de diminuição do transporte sólido).

A expansão urbana acarreta, para além dos possíveis riscos da ocupação indisciplinada dos leitos, o recuo da zona rural criando uma banda de transição onde, simultaneamente com o abandono dos solos, se verificam a degradação do solo, elevadas erosões torrenciais e a degradação da rede hidrográfica, assistindo-se às grandes modificações topográficas para a construção.

Esta zona de transição apresenta elevados níveis potenciais de degradação do solo e de dificuldades hidráulicas, pelo que requer tratamento especial no planeamento urbano.

As zonas urbanas modificam razoavelmente as condições de escoamento relativamente ao estado natural das bacias.

Com a impermeabilização provocada nas zonas pavimentadas e cobertas, o volume de retenção sobre o terreno diminui, reduzindo-se também o tempo de concentração.

Refere-se, também, que ao contrário do que muitas vezes se afirma em Portugal, os efeitos da urbanização não são tão negativos como também não são tão positivos os da florestação (Leopold e Dune, 1978).

Em situações não excepcionais, o acréscimo do caudal de ponta de cheia, em percentagem em relação às condições naturais, é de 1,2 a 1,4 vezes o valor percentual do aumento da área urbana. Nos E.U.A., em que o valor da área impermeabilizada em relação à área urbanizada é, em média, de cerca de 50%, o acréscimo percentual do caudal é de cerca de 0,8 vezes o acréscimo percentual da área urbanizada.

Na figura 3.1 ilustra-se a modificação do hidrograma de cheia resultante da urbanização. Afim de se eliminar os inconvenientes causados pelo acréscimo de caudais é necessário procurar obter um armazenamento artificial idêntico à área sombreada.

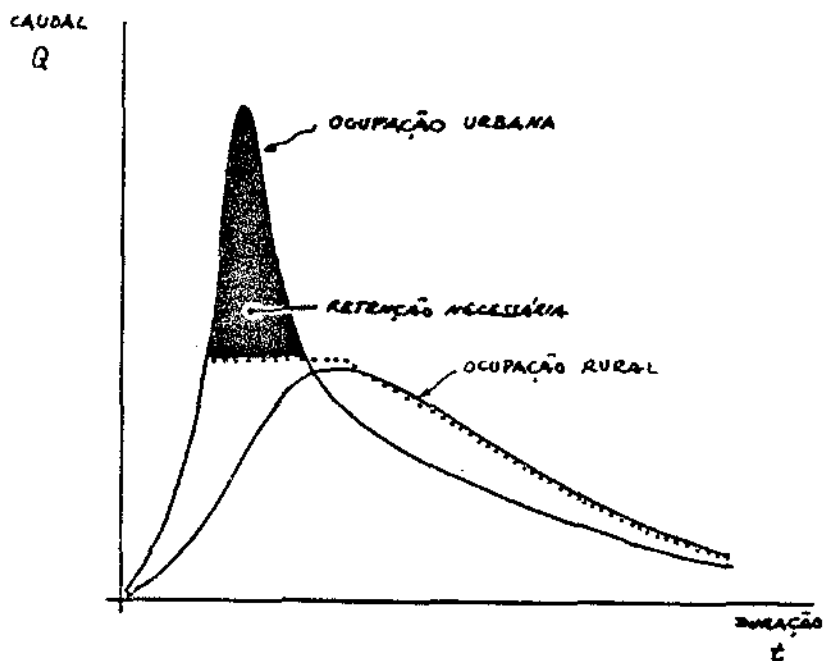


Figura 3.1 - Hidrogramas de cheias em condições naturais e após urbanização.

Relativamente à ocupação das zonas de inundação e dos leitos dos pequenos cursos de água será inútil acrescentar mais ao que foi referido nas participações anteriores:

- ocupação com construções acima do leito de cheias na zona de inundação diminui a área disponível e portanto aumenta a velocidade do escoamento;
- ocupação dos leitos de cheias e leito menor constituem obstruções que modificam as trajectórias do escoamento, aumentam as velocidades na zona da obstrução e a jusante e, fazem subir os níveis do escoamento a montante;
- obstruções dos leitos envolvem vários riscos nomeadamente o de poderem provocar ondas, positivas para jusante e negativas para montante, por ruína dos obstáculos.

Nas figs. 3.2 a 3.4 apresentam-se, respectivamente, as situações correspondentes ao regime natural, à ocupação rural e à ocupação urbana indisciplinada.

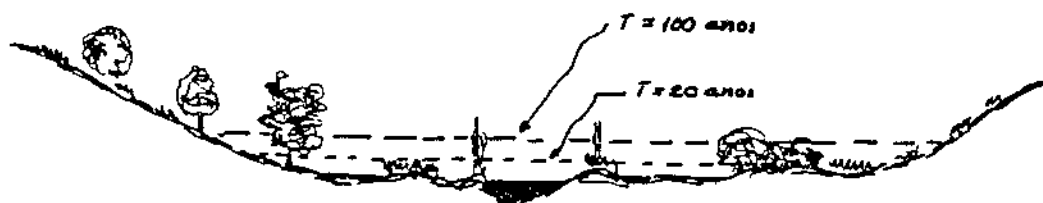


Figura 3.2 - Secção transversal do leito de um pequeno curso de água e níveis de cheia em condições naturais.

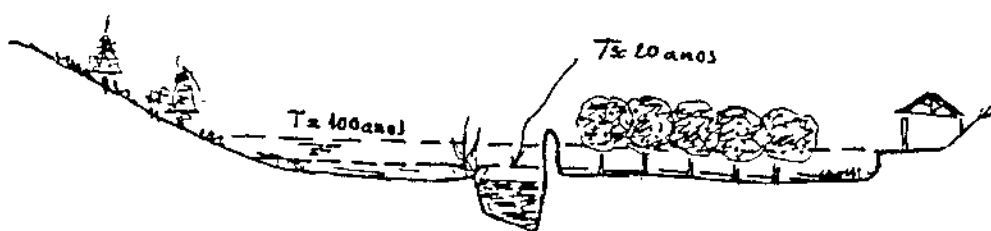


Figura 3.3 - Secção transversal do leito em zona rural.

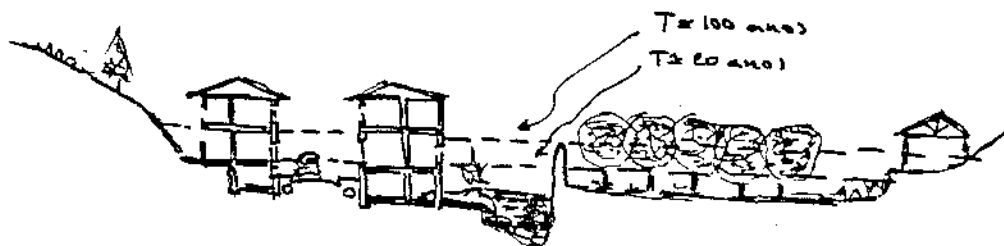


Figura 3.4 - Secção transversal do leito com ocupação urbana indisciplinada.

#### 4. CONDIÇÕES DE VAZÃO. MEDIDAS CORRECTIVAS

##### 4.1 - ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE VAZÃO

Conforme foi referido anteriormente, as condições naturais dos leitos e as contracções das secções resultantes de edificações nas zonas de inundação modificam as condições naturais do escoamento.

Interessa conhecer com suficiente pormenor os valores dos níveis atingidos, das zonas de inundação e das velocidades correspondentes a diversas hipóteses de caudais afluentes, nomeadamente para caudais correspondentes à máxima precipitação provável sobre a bacia, para se poder com segurança definir a frequência das situações atingidas (para um dado regime da precipita-

ção, o seu período de retorno e os períodos de retorno correspondentes aos caudais e níveis correspondentes podem não ser coincidentes).

É necessário dispor de elementos que permitam avaliar as seguintes situações:

- reestabelecimento de condições anteriores à expansão urbana;
- da rotura, durante as cheias, de determinadas obstruções e obras nos leitos (eventualmente obras de correção já executadas) e de um possível efeito destrutivo em cadeia;
- comportamento hidráulico de obras e obstruções dificilmente elimináveis;
- diferentes níveis de amortecimento de cheia correspondentes ao efeito de albufeiras de retenção e a obras e medidas de correção torrencial.

#### 4.2 - MEDIDAS CORRECTIVAS. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Diversas obras e medidas correctivas podem ser consideradas para assegurar o escoamento das cheias com as suas características naturais ou para atenuar o caudal de ponta.

A seguir apresenta-se indicação das principais obras e medidas que dizem respeito à solução dos problemas hidráulicos:

- conservação do solo;
- correção torrencial nas encostas e nos leitos;
- albufeiras de retenção;
- melhoria do leito menor (aprofundamento, alargamento, revestimento de margens, regularização do traçado, desobstrução e limpeza);
- beneficiação e desobstrução do leito maior (esquema de alagamento e drenagem, protecção contra o alvercamento, encaminhamento da cheia);
- construção de diques de protecção (delimitação do leito maior e defesa contra cheias);

- construção de vias ao longo dos diques e do leito menor (acesso do equipamento de manutenção);
- condução de um programa de manutenção e conservação das obras.

Para além destas medidas e obras, há que atender a outros aspectos que estão relacionados com infraestruturas colectivas e que têm de atender também às condições locais das pequenas bacias.

Em primeiro lugar importa evitar quanto possível a colocação de qualquer infraestrutura nos leitos dos cursos de água ou em zonas sujeitas a inundações. No caso da localização ser inevitável é necessário utilizar processos e disposições de forma que a infraestrutura seja menos vulnerável à acção das cheias e cause a menor perturbação.

Como metodologia básica de dimensionamento importa considerar as seguintes etapas:

- fixação de caudais de dimensionamento;
- adopção de soluções construtivas que garantam a eficácia das obras e da sua segurança para as medições de dimensionamento;
- análise do comportamento estrutural e de condições de protecção a considerar em condições de insuficiência;
- análise dos efeitos que possam resultar, em condições extremas, com a sua ruína ou completa incapacidade.

Considera-se que as condições catastróficas destas cheias de Novembro de 1983 foram motivadas basicamente pelo não atendimento a todas as etapas referidas.

No que diz respeito às canalizações cobertas, refere-se a exemplo da situação verificada em Cascais, que se abordará a seguir, que se tivesse sido analisada a situação da insuficiência e previsto dispositivos e medidas de protecção não se teriam verificado, talvez, os prejuízos humanos e materiais que ocorreram.



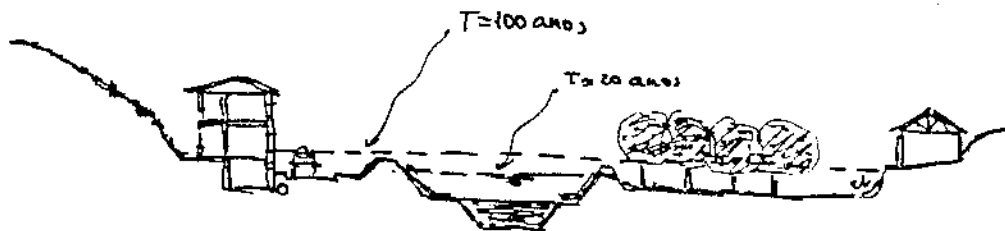


Figura 3.5 - Secção transversal do leito com correcta ocupação urbana e regularização fluvial

Na fig. 3.5 representa-se esquematicamente uma solução de regularização do leito de um pequeno curso de água em que se atendeu aos vários assuntos referidos.

De notar que as caves não se destinam a habitação, os colectores não estão ligados às caves, que eventualmente a rede de drenagem prevê dispositivos que impedem o retorno das águas residuais e, que a construção entre outros dispositivos à prova de cheias, é apoiada sobre pilares.

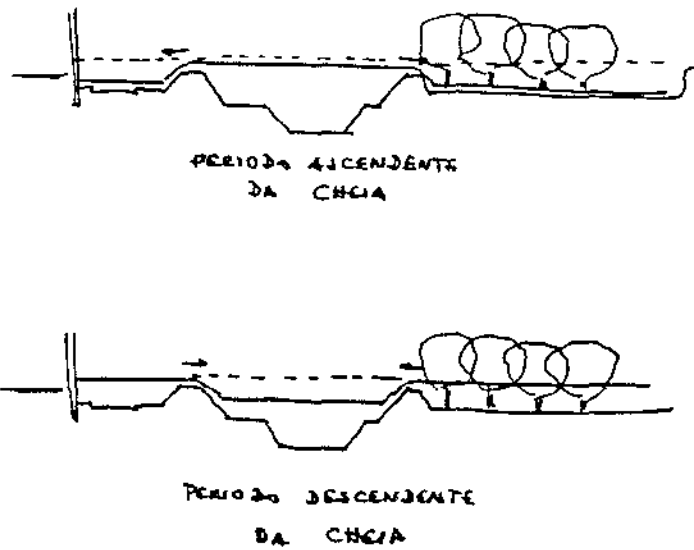


Figura 3.6 - Submersão das obras de regularização do leito com caudais acima do caudal de dimensionamento.

Na fig. 3.6 pretende-se ilustrar o facto de que, para além das obras de protecção para caudais de determinados períodos de retorno, é necessário prever as condições de insuficiência para períodos de retorno superior.

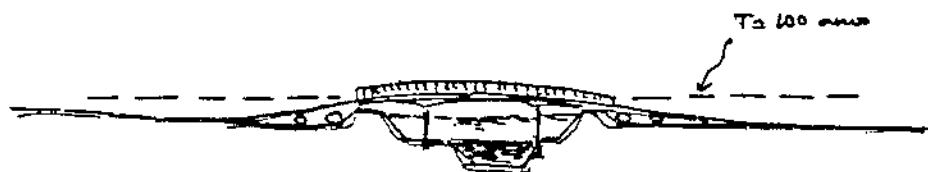


Figura 3.7 - Diminuição de danos por previsão de galgamento nos aterros de vias de comunicação.

Por último, na fig. 3.7 documenta-se o interesse, nas obras transversais de atravessamento viário, da minimização de possíveis danos por insuficiência de secção, que se conseguem desde que se considerem condições para o galgamento temporário.

## 5. RISCOS E PREJUÍZOS ASSOCIADOS A CHEIAS

### 5.1 - ANÁLISE DO RISCO

Difícilmente se poderão atingir, em condições economicamente viáveis, níveis de quase ausência de risco.

Está sobejamente provada a capacidade da sociedade aceitar riscos, algumas vezes elevados; no entanto, acredita-se que esta situação não resulta unicamente de inconsciência, mas sim da ignorância em relação ao perigo a que se encontra exposta.

O risco aceitável está associado ao valor que lhe é atribuído, em termos absolutos e relativos. Assim, a ocupação e uso agrícola de um solo é uma situação que não é tão sensível ao risco de inundação como a ocupação industrial ou urbana dessa área.

Qualitativamente, na fig. 3.8 indica-se a relação existente entre o valor da terra e a frequência de inundações para os casos da ocupação agrícola e urbana.

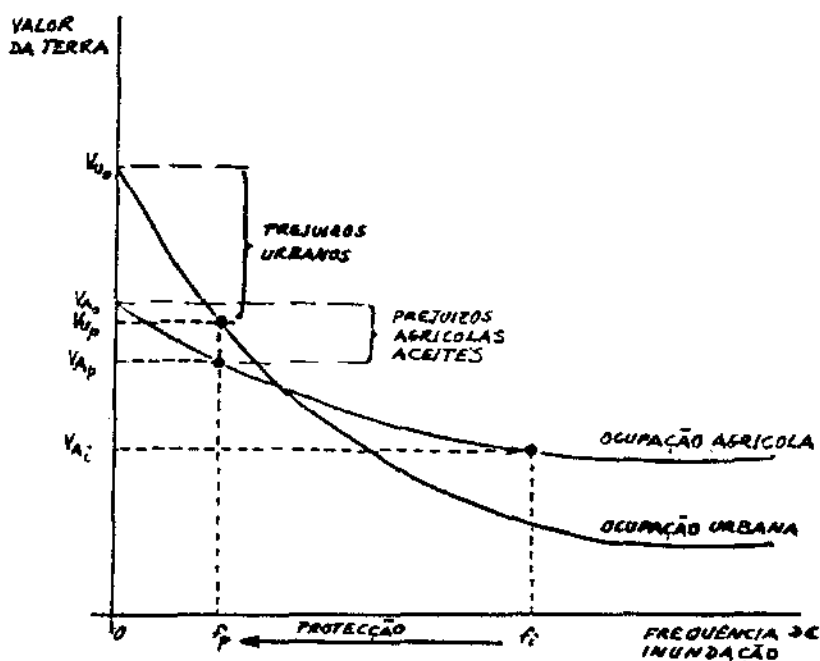


Figura 3.8 - Relação entre valor da terra e frequência da inundação.

Verifica-se, quando se analisa a hipótese de diminuição do risco associado a determinado uso e se prevêem medidas de proteção (defesa contra cheias), que muitas vezes se criam condições convidativas à mudança do uso e ocupação.

Da fig. 3.8 nota-se, que com as obras de proteção, se pode reduzir a frequência de inundação do valor  $f_i$  para  $f_p$  do que resulta o valor da terra passar de  $V_{Ai}$  para o valor  $V_{Ap}$ . Observando-se na situação inicial que o valor para ocupação urbana é

inferior ao da ocupação agrícola, após a realização de obras de protecção esta situação é invertida e a mudança de uso corresponderá a uma internalização da sua vantagem igual à diferença dos dois valores  $V_{Up}$  e  $V_{Ap}$ .

Refere-se no entanto, que a mudança de uso, apesar de ter vantagem, corresponde a um aumento do grau de vulnerabilidade da ocupação porque do primeiro para o segundo caso os prejuízos poderão aumentar substancialmente.

## 5.2 - PREJUÍZOS

A análise de prejuízos associada à ocorrência de cheias pode-se revestir de vários aspectos. No entanto, salientam-se duas situações que se consideram importantes na análise dos prejuízos evitáveis:

- prejuízos por mudança de uso e ocupação do solo devido a ignorância das condições de risco
- prejuízos resultantes da insuficiência das obras de protecção contra cheias.

As situações decorrentes das cheias de Novembro de 1983 estão na generalidade contidas no primeiro caso.

Na realidade e de forma individual ou colectiva, muitas vezes devido à falta de planos de ordenamento do território e a informações de índole hidrológica, verifica-se que se subestimam os valores correspondentes à frequência de inundação ou aos prejuízos aceitáveis.

Desta situação resultou na generalidade dos casos na zona da Região de Lisboa, a mudança de ocupação agrícola para ocupação por indústrias, serviços ou habitação e os prejuízos verificados atingirem valores extremamente elevados.

Nas situações correspondentes aos prejuízos resultantes da insuficiência das obras dever-se-á referir que eles são inevitáveis e deveriam ter sido considerados quando se fixaram os níveis de protecção a estabelecer.

Deve-se referir que, se o crédito para construção fosse controlado e aplicado em condições devidas e se os prémios de seguro fossem estabelecidos com rigor, os prejuízos poderiam ser reduzidos.

## 6. O EXEMPLO DE CASCAIS

### 6.1 - ANTECEDENTES

A ocorrência de cheias excepcionais em Cascais não é um acontecimento recente. Conta-se que por volta de 1935 houve uma cheia muito grande sendo necessário numa fábrica de conserva de sardinhas que havia por onde hoje é o Jardim Visconde da Luz, salvar várias pessoas de barco.

Na década de 40 na ribeira das Vinhas foi executada uma canalização coberta no seu troço final e no princípio dos anos 50 foi realizada a urbanização da rotunda e construído o mercado. Note-se que ainda hoje se podem observar locais situados abaixo do alinhamento escolhido para a canalização.

As cheias de Novembro de 1967 também atingiram duramente a zona da ribeira das Vinhas, deixando um grande número de pessoas desalojadas mas no entanto as canalizações e o volume de armazenamento na zona do mercado foram suficientes para comportar a cheia verificada (nesta altura os níveis do mercado atingiram um valor próximo da cota 7).

### 6.2 - AS CHEIAS DE NOVEMBRO DE 1983

A bacia da ribeira das Vinhas tem aproximadamente  $30 \text{ km}^2$  no seu troço superior ela tem origem nas ribeiras da Atrozela e do Pisão que confluem nas proximidades da Quinta do Pisão dando origem à chamada ribeira dos Marmeleiros que a partir de certa altura se passa a chamar de ribeira das Vinhas ou das Patinhas.

Verificou-se que a ribeira da Atrozela trouxe muito mais caudal do que a ribeira do Pisão, tendo-se observado a ocorrência de níveis mais altos e de estragos muito mais vultuosos na primeira.

Foi possível logo imediatamente a seguir às cheias, com base nos dados meteorológicos disponíveis, efectuar uma estimativa dos valores máximos de caudais verificados.

Sabendo que a precipitação de 12 h na zona foi de cerca de 140 mm estimou-se a contribuição específica da bacia em cerca de  $6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  do que resulta um caudal máximo de cerca de  $180 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Quintela e Coutinho, 1983).

Para facilidade de exposição sintetiza-se nas figs. 3.9

a 3.13 a cronologia da evolução da fase ascensional da cheia na zona baixa:

- aproximadamente à cota 5,2 a canalização entra em carga e o mercado começa a ser inundado (figura 3.9);
- próximo da cota 5,7 o quarteirão vizinho começa a ser inundado (figura 3.10):
- a inundaçãõ atinge a Av. Costa Pinto (Cota 7,5) e começa a descarregar para a zona baixa junto aos correios da marginal (figura 3.11);
- aproximadamente à cota 8,1 começa a dar-se escoamento do arco da Av. Costa Pinto para a Av. 25 de Abril; o escoamento dá-se ao longo da marginal e vai preencher as zonas baixas da rua Visconde da Luz, Largo Luis de Camões, e Av. Valbom; próximo da cota 9,0, já se verificam rebentamentos de montras e iniciando-se o escoamento junto às escadas dos correios (figura 3.12);
- com o escoamento generalizado em toda a zona baixa de Cascais (figura 3.13) dá-se o galgamento do paredão na praia da Ribeira e atingem-se as seguintes cotas máximas (valores aproximados):

|  |     |
|--|-----|
| mercado  | 9,7 |
| arco Av. Costa Pinto e correios  | 9,6 |
| Largo das Grutas   | 6,5 |
| Av. Marginal cruzamento com a Av. Valbom e Travessa da Alforrobeira, Loja e jornal "A Nossa Terra" | 5,8 |
| Central da repartição de Finanças  | 5,6 |
| porta da Câmara Municipal  | 5,5 |

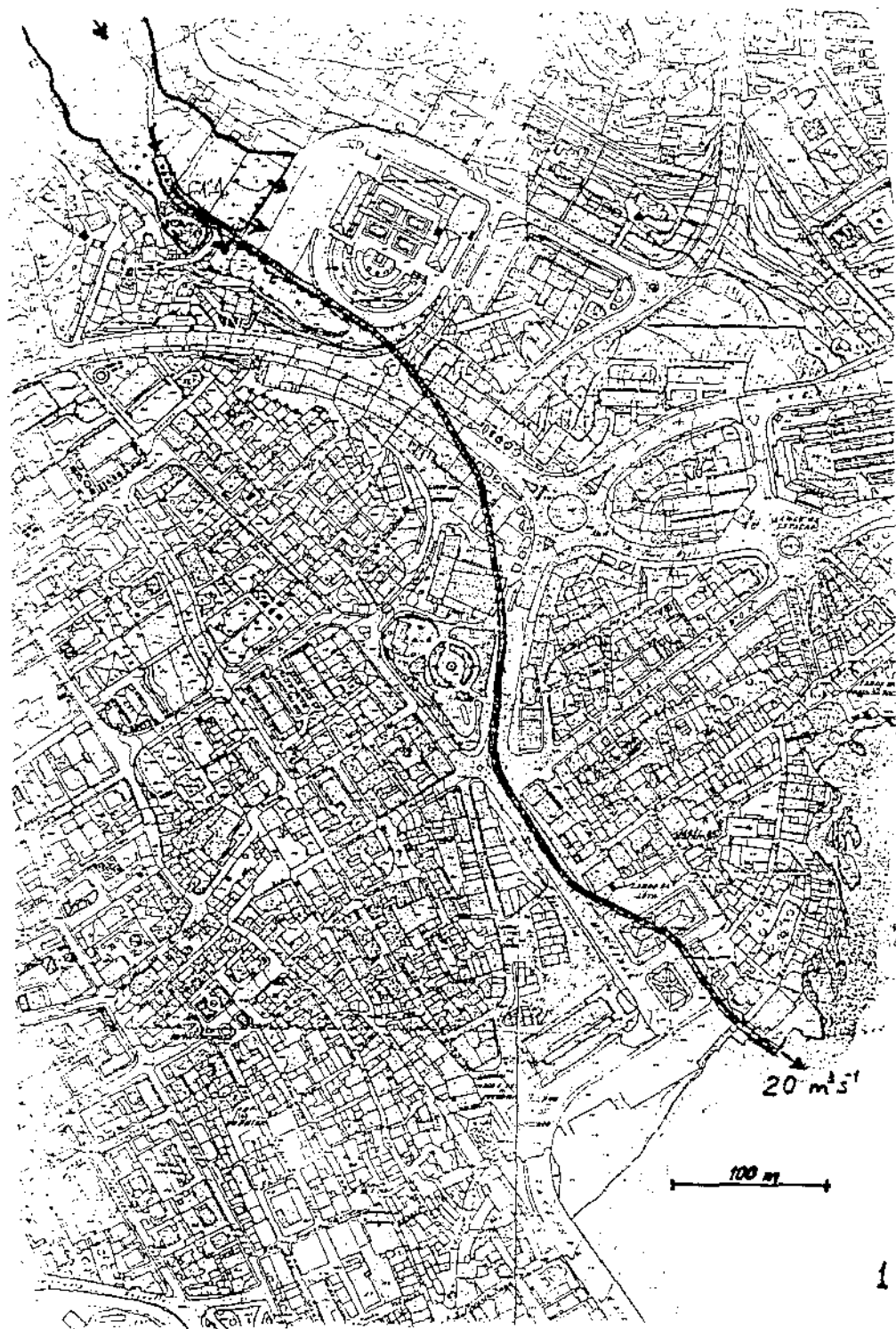


Figura 3.9 - Cascais. Início de inundação do mercado (Cota 5.2).



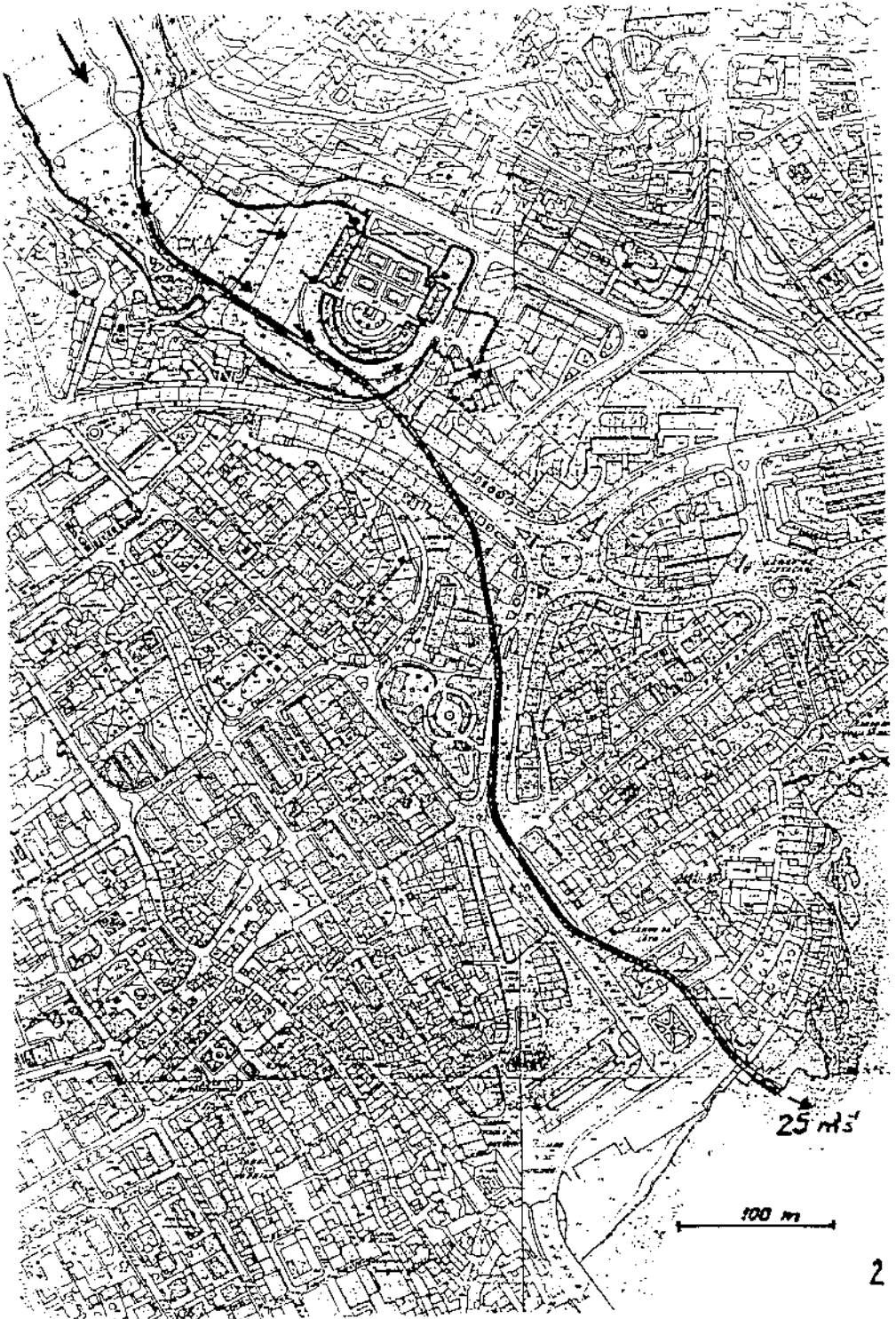


Figura 3.10 - Cascais. Início de inundação no quarteirão vizinho ao mercado (Cota 5,7)

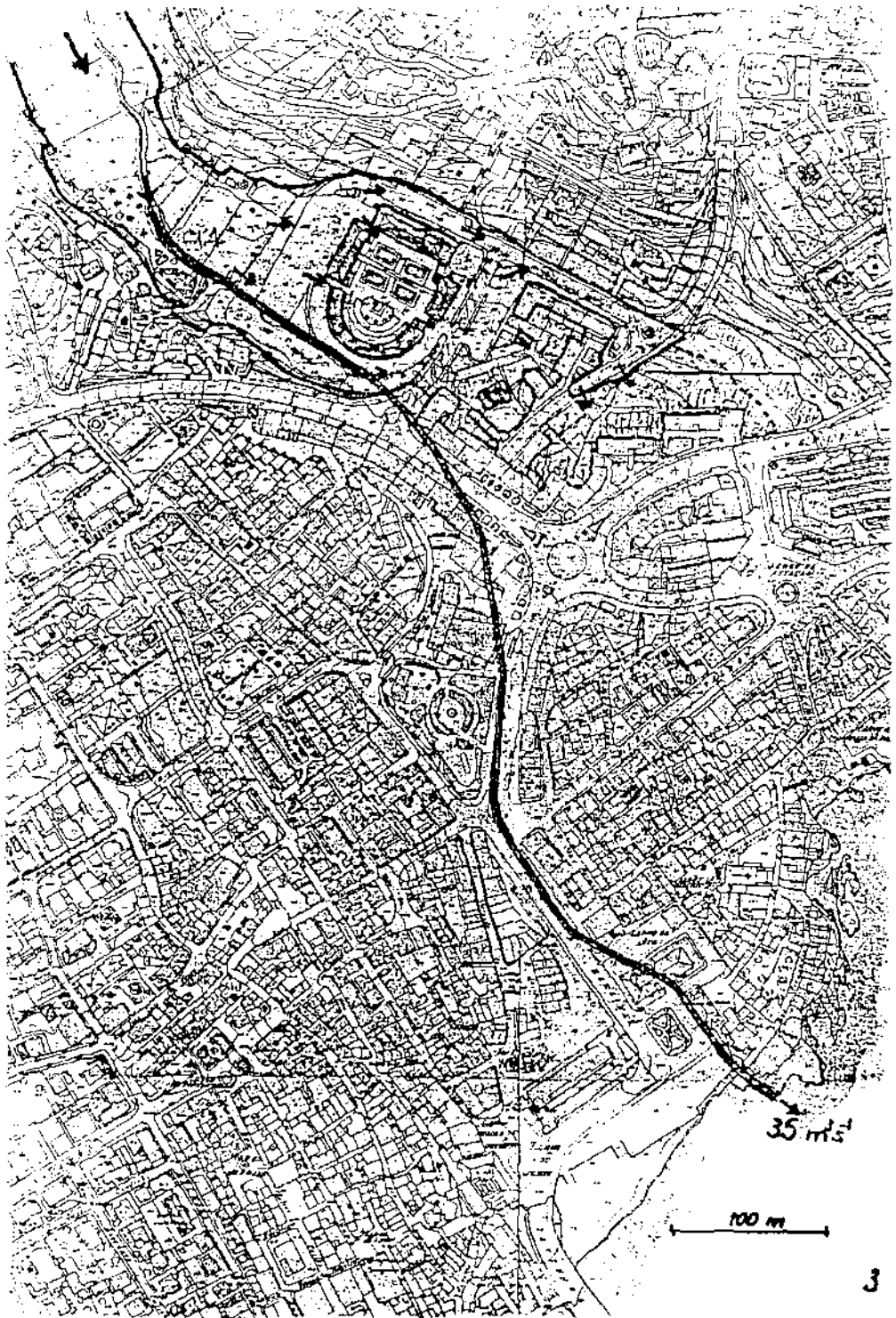


Figura 3.11 - Cascais. A inundação atinge a Av. Costa Pinto e a zona baixa junto aos correios (Cota 7,5).

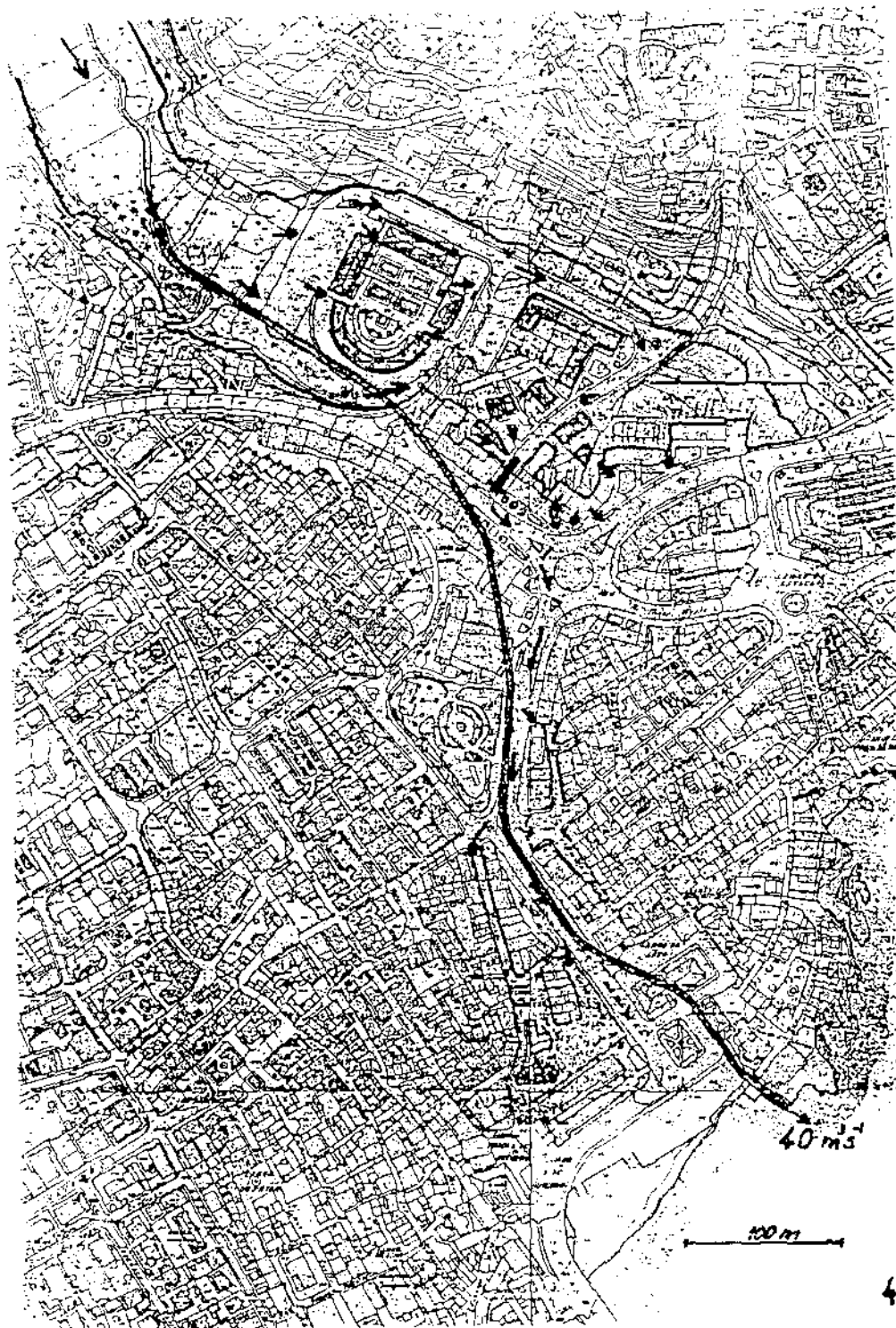


Figura 3.12 - Cascais - O escoamento dá-se pelo arco da Av. Costa Pinto e pelas escadas junto aos correios.

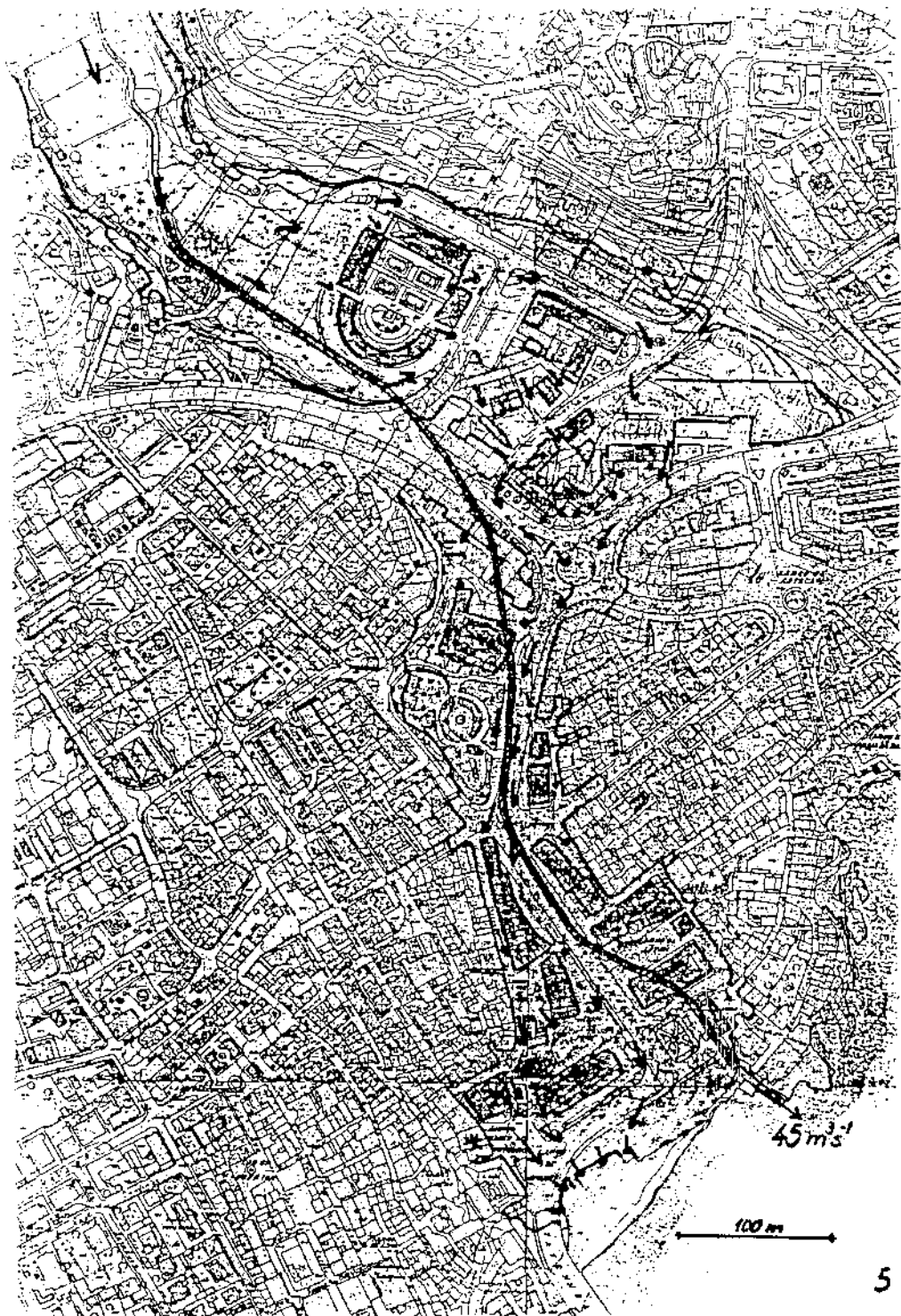


Figura 3.13 - Cascais - Área máxima inundada em Novembro de 1983.

A capacidade de vazão estimada da canalização coberta da ribeira das vinhas, que se considera não ser afectada em cheia pelas condições da maré, para diferentes cargas está indicada na tabela seguinte:

| Carga<br>(m) | Caudal<br>(m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) |
|--------------|---|
| 0            | 22  |
| 1            | 29  |
| 2            | 35  |
| 3            | 40  |
| 4            | 44  |

Depreende-se facilmente da insuficiência da canalização face à cheia ocorrida.

Estimou-se a partir dos valores verificados que o tempo que levou a atingir a cota 8,1 no mercado foi de cerca de 30 minutos. Foi também desta ordem de valor, talvez um pouco menor (25min), o tempo que terá levado o nível a subir até à cota máxima atingida (9,7 m).

### 6.3 - MEDIDAS A CONSIDERAR

Após as cheias de Novembro de 1967 foram efectuados estudos para o solucionamento dos problemas do troço inferior da ribeira das Vinhas. Actualmente estão em curso estudos sobre os recursos hídricos do Concelho de Cascais que abordam o problema da correcção torrencial e do amortecimento de cheias na ribeira das Vinhas.

Esses estudos deverão facultar elementos relativos à capacidade de redução dos caudais de ponta de cheia e indicar o valor do caudal que será preciso considerar no troço final.

Indica-se a título de exemplo uma solução possível. Consiste em considerar o mercado como uma zona adicional de retenção de cheia ( $\approx 120.000 \text{ m}^3$ ), limitando-se essa zona pelos arruamentos aproximadamente NE e SE ao mercado (o arruamento a SE seria elevado).

Do mercado partiria um canal a céu aberto ao longo do ar-  
ruamento de NE que passaria junto ao topo das linhas de caminho de  
ferro na estação de Cascais e iria desembocar no mar, na praia da  
Conceição. Este traçado está indicado na figura 3.14.

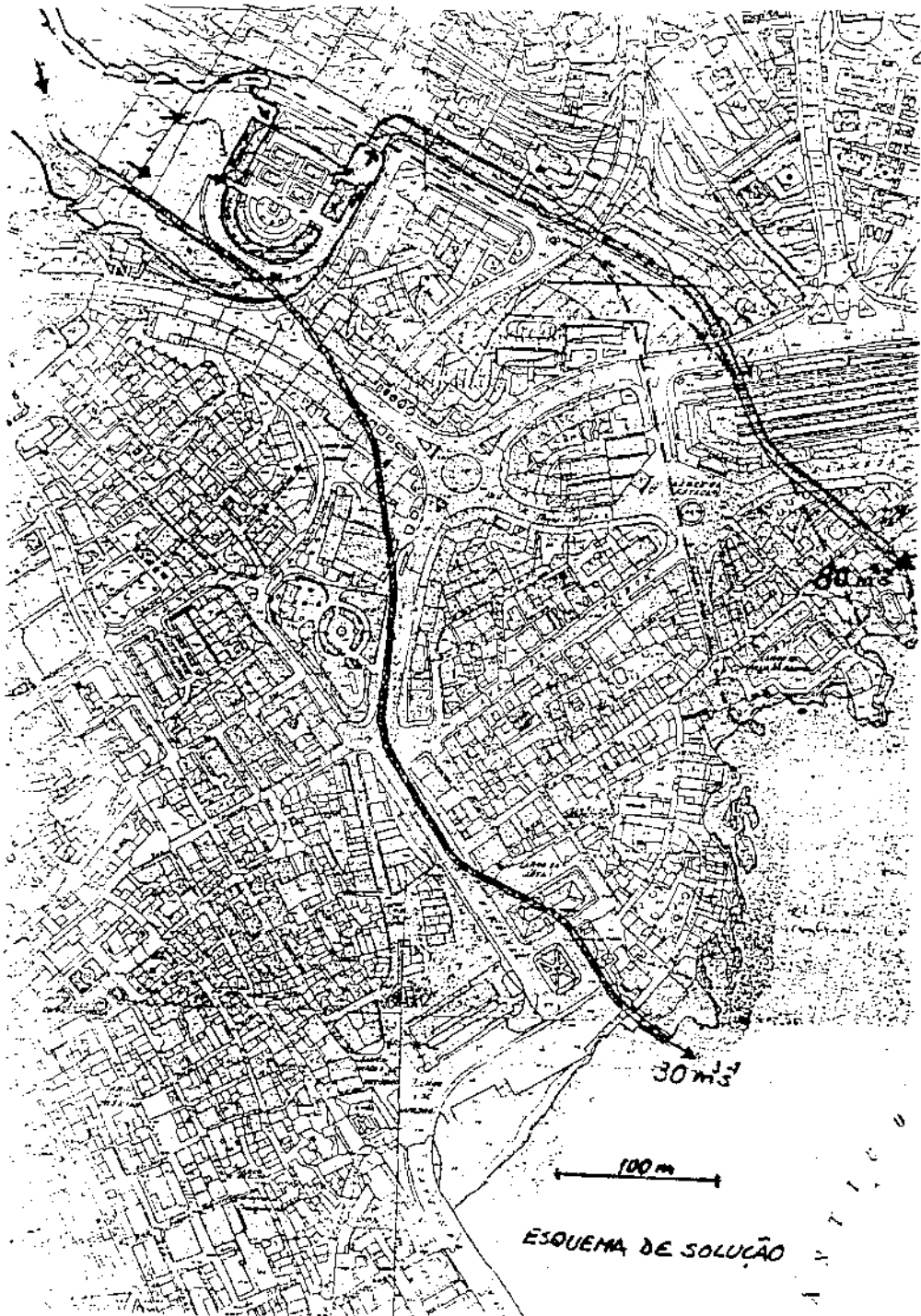


Figura 3.14 - Cascais. Protecção contra inundação da zo-  
na baixa, esquema de solução em planta .

Os traçados considerados em estudos anteriores estão sujeitos a maiores condicionamentos e as soluções correspondem a canalizações cobertas - situações altamente reprováveis com custos mais elevados do que a solução a céu aberto.

Esta solução a céu aberto apresenta também a grande vantagem de que não sendo senão um leito de cheia de utilização muito reduzida pode constituir um trajecto de peões entre a estação de caminho de ferro e o mercado ou a praia, facilmente integrável do ponto de vista paisagístico. Nas figs. 3.15, 3.16 e 3.17 documentam-se, respectivamente, os cortes transversais ao arruamento ao lado do qual pararia o leito de cheia em que se apresentam os níveis verificados durante as cheias de 83, a hipótese de canal à céu aberto e a conduta fechada.

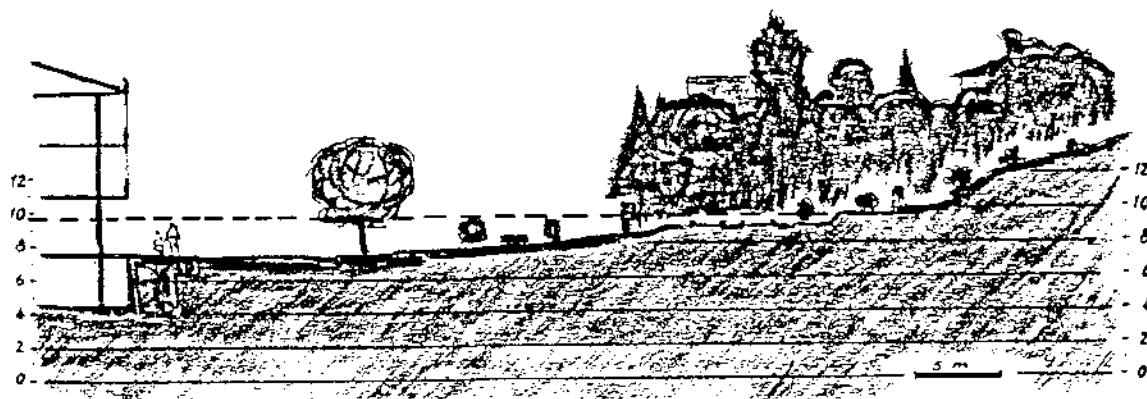


Figura 3.15 - Cascais. Corte transversal do arruamento a NE do mercado. Nível de cheia.

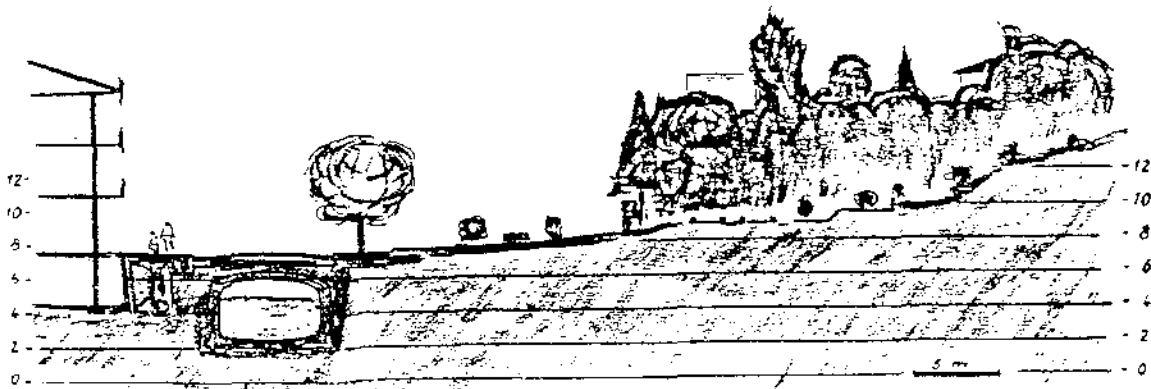


Figura 3.16 - Cascais. Corte transversal do arruamento a NE do mercado. Esquema de soluções com canalização coberta.

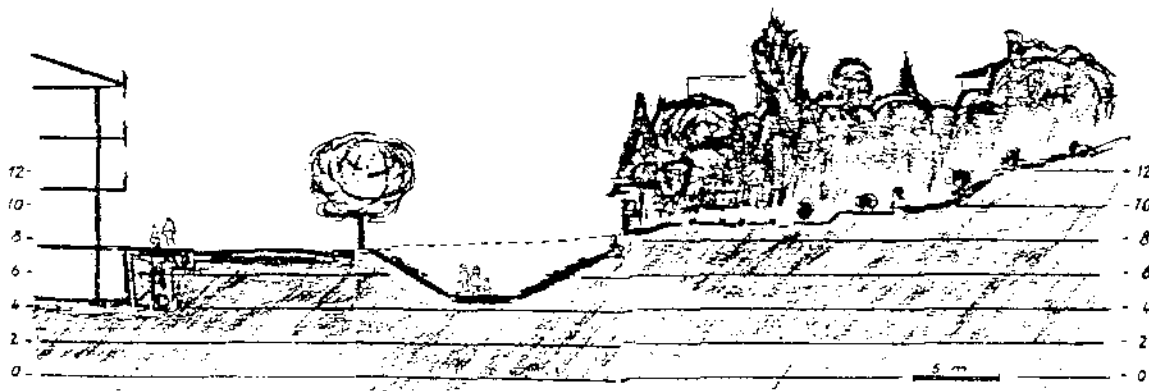


Figura 3.17 - Cascais. Corte transversal do arruamento a NE do mercado. Esquema de solução em leito de cheias a céu aberto servindo de via pedonal.



## BIBLIOGRAFIA

Dunne, T. e Leopold, L., 1978 - WATER IN ENVIRONMENT PLANNING, W. H. Freeman and Co. San Francisco.

McHarg, I., 1971 - DESIGN WITH NATURE, Doubleday and Co., New York.

Quintela, A. e Coutinho, M., 1983 - Inundação de Novembro de 1983 na região de Lisboa - Conferência no âmbito do Mestrado de Hidráulica e Recursos Hídricos.

Viessman, W. e al, 1977 - INTRODUCTION TO HYDROLOGY. IEP a Dun-Donnelley Publisher, New York.