

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E
ENERGIA



**INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A GESTÃO E
PLANEAMENTO DO TERRITÓRIO MUNICIPAL**

Ana Isabel Ferreira de Moraes

(Licenciada)

MESTRADO EM ENGENHARIA GEOGRÁFICA E GEOINFORMÁTICA

2008



UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E
ENERGIA



**INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A GESTÃO E
PLANEAMENTO DO TERRITÓRIO MUNICIPAL**

Ana Isabel Ferreira de Morais

(Licenciada)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação
Geográfica

Orientador:

Prof. Doutora Ana Cristina Navarro Ferreira

2008



AGRADECIMENTOS

Nunca poderei exprimir plenamente a minha gratidão para as minhas orientadoras, Professoras Doutoras Maria Augusta Silva e Ana Cristina Navarro, bem como ao Dr. António Falcão, bem como a toda a equipa do Gabinete de SIG da Câmara Municipal de Sintra, nomeadamente à Maria Pereira, pela ajuda incondicional na elaboração desta dissertação.

Agradeço à minha amiga Mónica Pimentel, que me acompanhou e aconselhou durante a redacção deste trabalho; ao meu colega Rui Colaço pela participação atenta nas redes de drenagem pluvial e à minha colega Emília Santos pela preciosa ajuda com o ArcView.

Estou igualmente grata aos meus pais por todo o apoio incondicional e paciência durante este período.



INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A GESTÃO E PLANEAMENTO DO TERRITÓRIO MUNICIPAL

Ana Isabel Ferreira de Morais

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica

Orientador científico: Prof. Doutora Ana Cristina Navarro Ferreira

Provas concluídas em:

A necessidade e a urgência de conhecimento, bem como a tomada de decisões acertadas e urgentes, fazem com que os sistemas de informação geográfica (sig) constituam uma poderosa ferramenta para a gestão e planeamento adequado de um município, dado que permitem a aquisição de informações correctas e actuais acerca da localização, distribuição espacial, quantidade e qualidade dos recursos.

A tecnologia SIG é utilizada neste estudo para o desenvolvimento de um “Sistema de Informação Geográfica do Cadastro de Rede de Drenagem Pluvial (SIGCRP)” . Tal sistema visa o estabelecimento de um conjunto de especificações técnicas que conduzam ao desenvolvimento de aplicações informáticas, para os diversos domínios da administração municipal. O cadastro da rede de drenagem de águas pluviais, actualmente inexistente na Câmara Municipal de Sintra (CMS), será implementado apenas para a freguesia de Queluz e posteriormente inserido no Sistema de Informação Geográfica Municipal (SIGM) para estar disponível nos próprios circuitos de funcionamento do município.

O levantamento da rede de drenagem de águas pluviais, da freguesia de Queluz, permitiu a identificação de troços da rede que apresentavam um défice de capacidade de transporte, face às solicitações impostas pelos recentes caudais pluviais. A velocidade de escoamento, em alguns troços, é bastante superior ao permitido no regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem Pluvial (que estipula uma velocidade mínima igual a 0.9m/s e uma velocidade máxima igual a 5m/s), criando condições para a corrosão e deterioração dos materiais (colectores e caixas de visita).

O SIGCRP, desenvolvido com base no software ArcView 3.2a, permite identificar os troços problemáticos e o posterior recalcular das velocidades de escoamento alterando as características da rede, tais como o aumento do diâmetro dos colectores. Para além da determinação da velocidade máxima de escoamento, este sistema



permite ainda a determinação de zonas de suspensão, da rede e pontos de descarga a montante de uma dada obstrução e de pontos de descarga final.

A integração, numa base de dados, de informação geográfica relativa à rede de drenagem de águas pluviais constitui uma mais valia para a gestão da rede existente, para o planeamento da rede projectada e para a avaliação das implicações que o crescimento desta pode provocar.

Palavras-chave: Gestão e planeamento do território, Sistema Informação Geográfica, Cadastro da Rede de Drenagem de Águas Pluviais.



GEOGRAPHICAL INFORMATION FOR THE MANAGEMENT AND PLANNING OF THE MUNICIPAL TERRITORY

ABSTRACT

The need and urgency of knowledge, as well as decision making, make Geographical Information Systems (GIS) a powerful tool for the management and planning of a municipality, once they allow the acquisition of accurate and updated information about the location, the spatial distribution, and the quantity and quality of resources.

GIS technology is used in this study to develop a “Rainwater Drainage Network Geographical Information System”. Such system aims at the establishment of a set of technical specifications that lead to the development of computer applications, for several domains of the municipal administration. The cadastre of the rainwater drainage network, inexistent at the *Câmara Municipal de Sintra* (CMS), will be implemented for the municipality of *Queluz* and then inserted in the Municipal Geographical Information System to be available in all circuits operating in the municipality.

The information related to the rainwater drainage network allowed the identification of segments of the network with lack of flow capability, considering the demands imposed by recent rain flows. For some segments of the network the flow velocity is much more higher than the limits imposed by law (minimum speed of 0.9 m/s and maximum speed of 5 m/s), creating conditions for corrosion and deterioration of materials (collectors and visit boxes).

The “Rainwater Drainage Network Geographical Information System”, developed based on ArcView 3.2a, allows the identification of irregularities in the network and consequently the recalculation of the flow velocities of those segments, changing network characteristics, such as the increase of the collector’s diameter. Besides the determination of the maximum flow velocity, this system also allows the determination of suspension zones, of the network and discharge points upstream an obstruction and of final discharge points.

The integration, in a database, of geographical information related to the rainwater drainage network is an added-value for the management of the existent network, for the planning of the projected network and for the evaluation of the implications of its enlargement.

Keywords: management and planning of the territory, geographic information systems, rainwater drainage network cadastre.



ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	OBJECTIVOS E ENQUADRAMENTO DA TESE	1
1.2.	JUSTIFICAÇÃO / ACTUALIDADE DO TEMA.....	4
1.3.	ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE TESE	6
2.	ESTADO ACTUAL DO CONHECIMENTO.....	7
3.	ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL.....	12
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DO CONCELHO DE SINTRA	12
3.2.	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA MUNICIPAL ...	17
3.2.1.	<i>Fontes de informação</i>	17
3.2.2.	<i>Gabinete de Sistema de Informação Geográfica</i>	19
3.2.3.	<i>Desenvolvimento do Sistema de Informação Geográfica Municipal</i> 20	
3.2.3.1.	GEO_SINTRA.....	20
3.2.4.	<i>Departamento de Obras Municipais</i>	25
4.	CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	27
4.1.	NOÇÕES DE HIDROLOGIA	27
4.1.1.	<i>Precipitação</i>	27
4.1.2.	<i>Bacia Hidrográfica</i>	28
4.2.	REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	33
5.	IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A GESTÃO E PLANEAMENTO DAS REDES DE DRENAGEM PLUVIAL	36
5.1.	ÁREA DE ESTUDO	36
5.2.	METODOLOGIA E DADOS	37
5.2.1.	<i>Dados</i>	37
5.2.2.	<i>Metodologia</i>	38
5.2.2.1.	<i>Recuperação e adaptação de trabalhos de redes de drenagem de águas pluviais existentes em CAD</i>	39
5.2.2.2.	<i>Definição das práticas e dos procedimentos de informatização do cadastro das redes de drenagem de águas pluviais</i>	40
5.2.2.3.	<i>Inventariação, recolha e sistematização dos elementos de base e preparação dos dados para codificação digital do cadastro das redes de drenagem de águas pluviais</i>	41
5.2.2.4.	<i>Codificação digital do cadastro no sistema ArcView e controle de qualidade</i>	42
5.2.2.5.	<i>Reprodução do cadastro em papel</i>	48
5.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5.3.1.	<i>Função de determinação de zonas de suspensão</i>	49
5.3.2.	<i>Função de determinação dos pontos de descarga a montante de uma obstrução</i>	50
5.3.3.	<i>Função de determinação de rede a montante</i>	51
5.3.4.	<i>Função de determinação da velocidade máxima</i>	52
5.3.5.	<i>Função de determinação do ponto de descarga final – boca de saída</i>	54



5.3.6.	<i>Armazenamento</i>	55
5.3.7.	<i>Gestão de informação</i>	57
5.3.8.	<i>Consulta</i>	57
6.	CONCLUSÕES	59
6.1.	PRINCIPAIS CONCLUSÕES	59
6.2.	CONTRIBUIÇÕES DA TESE	61
6.3.	PERSPECTIVAS FUTURAS	61
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63



LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Bases cartográficas utilizadas pela CMSintra	18
Tabela 2 - Temas a desenvolver.	25
Tabela 3 - Registo alfanumérico/atributo das caixas de visita.....	44
Tabela 4 - Registo alfanumérico/atributo dos colectores.....	44
Tabela 5 - Coeficiente Volumétrico de Áreas Livres.....	45
Tabela 6 - Tempos Iniciais em Áreas Urbanas.....	46
Tabela 7 - Critérios Adoptados no Dimensionamento Hidráulico dos Colectores.	47



LISTA DE IMAGENS

Figura 1 - Concelho de Sintra (Fonte: Câmara Municipal de Sintra).	15
Figura 2 - Organograma da estrutura de serviços da Câmara Municipal de Sintra.	16
Figura 3 - Estrutura do GEO_SINTRA (Fonte: GSIG (CMS)/IST).	21
Figura 4 - Recursos disponíveis no GEO_SINTRA (Fonte: Câmara Municipal de Sintra).	22
Figura 5 - Informação Estruturante disponível em GEO_SINTRA (Fonte: Câmara Municipal de Sintra).	23
Figura 6 - Exemplos de diferentes trabalhos desenvolvidos pela Câmara Municipal de Sintra.	23
Figura 7 - Exemplo das potencialidades SIG, cruzamento de informação geográfica (Fonte: Câmara Municipal de Sintra).	24
Figura 8 - Delimitação superficial da bacia hidrográfica (Fonte: site – geoportal.no.sapo/meio_natural.htm#dinamica_de_uma_bacia_hidrografica).29	
Figura 9 - Características do hidrograma-tipo [extraído de Lencastre e Franco, 1984].	31
Figura 10 - Primeiro princípio básico do hidrograma unitário: Postulado da proporcionalidade [extraído de Lencastre e Franco, 1984].	32
Figura 11 - Segundo princípio básico do hidrograma unitário: Postulado da sobreposição [extraído de Lencastre e Franco, 1984].	33
Figura 12 - cadastro da rede de drenagem de águas pluviais – temas agrupados.	38
Figura 13 - Registo alfanumérico/atributo – Caixas de visita.	43



Figura 14 - Determinação de zonas de suspensão.	50
Figura 15 - Pontos de descarga a montante de uma obstrução.....	51
Figura 16 - Determinação da rede a montante.	52
Figura 17 - Determinação da velocidade máxima.	53
Figura 18 - valores da pesquisa das velocidades superiores a 5 m/s	54
Figura 19 - Determinação do ponto de descarga final.....	55



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SIGCRP – Sistema de Informação Geográfica do Cadastro de Rede de Drenagem Pluvial

CMSintra – Câmara Municipal de Sintra

SIGMunicipal – Sistema de Informação Geográfica Municipal

ROSM – Regulamento de Organização dos Serviços Municipais

GSIG – Gabinete de Sistema de Informação Geográfica

PMP – Precipitações Máximas Prováveis

CMP – Cheia Máxima Provável

PDM's – Planos Directores Municipais

PP – Planos de Pormenor

IST – Instituto Superior Técnico



1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJECTIVOS E ENQUADRAMENTO DA TESE

Um objectivo essencial que se coloca aos municípios é a constituição de Sistemas de Informação Geográfica Municipais. Estes sistemas tornam-se indispensáveis para a agregação de informação, possibilitando um apoio eficaz ao desenvolvimento do território.

O desenvolvimento destes sistemas exige a criação tanto de um ambiente aplicacional adequado como o estabelecimento de procedimentos de gestão da informação, sendo aqui que surgem as maiores dificuldades. Devido à crescente complexidade do território, a necessidade de informação de qualidade que permita planificar, gerir e prever as consequências das decisões, é um factor que justifica a criação de um Sistema de Informação Geográfica Municipal.



É neste contexto que se insere esta dissertação, na qual se pretende elaborar o cadastro da rede de drenagem de águas pluviais, inexistente na Câmara Municipal de Sintra, e disponibilizá-lo no Sistema de Informação Geográfica Municipal (SIGMunicipal). O cadastro da rede de drenagem será elaborado apenas para a freguesia de Queluz, que servirá de área de estudo no estudo piloto, permitindo testar e avaliar todos os passos do projecto.

Com este projecto pretende-se atingir os seguintes objectivos:

- Manter no Município um cadastro rede de drenagem pluvial, permanentemente actualizado;
- Gerir e permitir uma consulta rápida, variada e eficaz, de todos os dados, gráficos e alfanuméricos, em consequência do desenvolvimento e implementação do cadastro de rede de drenagem pluvial;
- Dinamizar os trâmites processuais e facilitar a obtenção de informação técnica;
- Disponibilizar a informação não só às Autarquias, mas também ao público, contribuindo para o aumento da capacidade de resposta na prossecução do interesse geral.

Para o cumprimento dos objectivos atrás enunciados devem, no entanto, ser atendidos e enquadrados os seguintes aspectos:

- Existir cartografia digital cobrindo a área do Concelho;
- Inventariar, recolher e sistematizar os elementos de base para a informatização do tema em estudo (cadastro da rede de drenagem de águas pluviais) e preparação dos dados para codificação digital;
- Carregamento e actualização da informação, gráfica e alfanumérica, para o sistema de informação.



A elaboração deste tema é uma tarefa de grande complexidade, devido à vastidão da informação de base, com múltiplos temas e níveis de pormenorização e requisitos de actualização permanente, a começar pela própria cartografia de base.

Os Sistemas de Informação Geográfica de âmbito municipal surgem como uma ferramenta imprescindível para um bom conhecimento e gestão do território. É neste contexto que se inclui o processo global de implementação de um Sistema de Informação Geográfica na Câmara Municipal de Sintra (CMSintra).

Atendendo-se ao Regulamento de Organização dos Serviços Municipais (ROSM): "*Sistema de Informação Geográfica, como instrumento essencial para um eficiente e moderno planeamento físico do território e a gestão de infra-estruturas*", alínea c do ponto 3 do Artigo 9.º, publicado em Diário da República - II Série, a 2 de Abril de 2004, para a sequente implementação é imperativo que existam técnicos com qualificação na área de modo a contribuir para o desenvolvimento presente e futuro da autarquia.

O Gabinete de Sistema de Informação Geográfica (GSIG) da CMSintra é responsável pela gestão da Informação Geográfica Municipal. Toda a estrutura desta informação é gerida, validada e disponibilizada por este gabinete. Nos vários departamentos da Autarquia existem diversos Postos_SIG, com software adequado, onde se criam, editam e actualizam os respectivos temas de informação. Toda a Autarquia acede a esta informação, que contempla não só os temas elaborados nos diversos departamentos, mas também temas de Entidades Nacionais que assumem a responsabilidade dos mesmos (ex: INE, IGEOE, IGEO, EDP).

Não existindo um cadastro da rede de drenagem de águas pluviais no Concelho de Sintra, o contributo a ser dado por este projecto de Tese de Mestrado, consiste na execução de temas de informação, utilizando tecnologia SIG, os quais serão futuramente disponibilizados pela Autarquia.

Deste modo, este projecto de Tese abrange as seguintes etapas:



1. Investigação teórica sobre os temas seguintes:
 - Sistemas de Informação Geográfica;
 - Historial e organização interna da Câmara Municipal de Sintra;
 - Informação Geográfica na Câmara Municipal de Sintra;
 - Metodologia de caracterização e avaliação do Sistema de Informação Municipal.
2. Recolha da informação relativa à rede de drenagem de águas pluviais.
Trabalho de campo.
3. Elaboração do cadastro da rede de drenagem de águas pluviais, com uso de tecnologia SIG. No âmbito desta etapa pretende-se conseguir o seguinte:
 - Identificação das necessidades de informação relativa à Rede de drenagem de águas pluviais: fluxos, requisitos de extensão e de qualidade das tubagens e da envolvente;
 - Inventariação, sistematização e carregamento da informação relativa à rede de drenagem de águas pluviais inventariada num Sistema de Informação Geográfica (sistema ArcView), abrangendo um subconjunto da freguesia de Queluz do Concelho de Sintra.
 - Compatibilização, normalização com redes envolventes.
4. Integração no Sistema de Informação Municipal.

1.2. JUSTIFICAÇÃO / ACTUALIDADE DO TEMA

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) devem ser encarados no âmbito do planeamento integrado tendo em vista o desenvolvimento sustentável, que de modo geral, pode ser entendido como a satisfação das necessidades de hoje sem hipotecar as opções do amanhã.



As potencialidades dos dados espaciais podem ser exploradas de forma infindável, recorrendo-se a diversas técnicas e metodologias. Algumas destas já fazem parte das actividades de rotina dos profissionais que utilizam os Sistemas de Informação Geográfica. Outras existem, mais recentes e por isso menos divulgadas, que permitem aumentar e melhorar qualitativamente a utilização da informação geográfica.

Sendo uma área de conhecimento relativamente recente tem-se constatado que um dos maiores problemas que se coloca às organizações utilizadoras destes sistemas, está relacionado com a especialização técnica dos seus recursos humanos .

Assim, no âmbito do território municipal para uma gestão e planeamento adequados, torna-se necessário um conjunto de profissionais devidamente especializados de forma a tornar eficaz o Sistema de Informação Geográfica. Para além disso, a eficiência destes sistemas requer ainda uma permanente actualização da informação, permitindo nas Autarquias uma análise e gestão devidamente documentadas.

Nesta perspectiva de modernização e optimização na relação entre os Serviços Camarários e os Municípios, o desenvolvimento de uma base fundamentada em SIG das diversas áreas de interesse vem suprimir dificuldades técnicas actualmente existentes.

Nesta dissertação caracterizou-se as necessidades da informação geográfica na elaboração do cadastro da rede de drenagem de águas pluviais e a sua implementação no sistema de informação geográfico municipal. Devido à inexistência de um cadastro da rede de drenagem de águas pluviais, torna-se imperativo a elaboração do mesmo. O planeamento e gestão do cadastro da rede de drenagem de águas pluviais, utilizando a tecnologia SIG, vem solucionar os problemas de insuficiência na capacidade de transporte, as ligações irregulares e o escoamento superficial excessivo, permitindo à Autarquia uma boa gestão (coordenação e sua manutenção) das redes existentes, bem como o planeamento das redes projectadas e implicações que o crescimento das mesmas possa ter.



1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE TESE

A estrutura do trabalho compreende diferentes capítulos. O segundo capítulo aborda alguns estudos no contexto do estado dos conhecimentos dos SIG's.

No terceiro capítulo é apresentado o enquadramento institucional, com breve caracterização do Concelho de Sintra e do Sistema de Informação Geográfica Municipal. É descrita ainda a história de Sintra e da Câmara Municipal de Sintra, bem como o funcionamento e o papel dos SIG's nessa edilidade.

No quarto capítulo são revistos os conceitos utilizados no âmbito deste trabalho, incluindo noções de hidrologia, de redes de drenagem de águas pluviais e SIG's.

No quinto capítulo, é descrita a forma como foi implementado o Sistema Informação Geográfica para o cadastro da rede de drenagem de águas pluviais desta edilidade. É feita referência à área de estudo adoptada para a realização do estudo piloto, ao conjunto de dados utilizado e à metodologia adoptada para a implementação do sistema. Posteriormente, os resultados são apresentados e é feita a sua discussão.

Por último, o capítulo conclusivo, que engloba as conclusões retiradas neste período de tempo, bem como a contribuição deste projecto para a Autarquia e algumas sugestões para o trabalho futuro sobre o cadastro da rede de drenagem de águas pluviais.



2. ESTADO ACTUAL DO CONHECIMENTO

Desde as primeiras civilizações que a gestão e o planeamento do território foram sempre uma constante preocupação, conduzindo a uma maior organização da informação. As cartas geográficas e topográficas têm sido utilizadas, desde a sua concepção, por militares, navegadores e outros para visualizarem a informação sobre a superfície terrestre. Foi por altura do domínio romano que a topografia e a cartografia tiveram a sua maior evolução. Evolução essa que só foi retomada no Sec. XVIII, na Europa, quando os governos verificaram a sua vital importância para o registo e planeamento do território. Para tal, foram criadas instituições com o objectivo de elaborar mapas e cartas representativas do relevo e dos limites nacionais. Com o desenvolvimento das tecnologias verifica-se, no Sec. XX, uma explosão na produção de informação geográfica. Embora, por essa altura, a informação geográfica fosse apenas um método de análise de cartas temáticas, como meio de observação, de análise intuitiva dos dados, de registo e de medição de distâncias e de áreas.

Quando nos anos 70 se tornaram acessíveis meios computacionais, é que a tecnologia de tratamento de informação deu um grande passo em frente. Foi por esta altura que os SIG's terão começado em Portugal, embora de forma isolada em várias empresas e organismos da administração [Grancho, 2003]. Os Sistemas de Informação Geográfica, baseados em computadores, foram desenvolvidos para fornecer um poder de análise de grandes volumes dados geográficos [Cordeiro, 2004].

Devido ao rápido desenvolvimento urbano nos últimos tempos verificou-se também um elevado crescimento das infra-estruturas básicas (sistemas públicos de distribuição de águas e de drenagem de águas residuais), as quais têm utilizado, a tecnologia SIG, para o seu planeamento e gestão.

Paulo [2001] demonstra a contribuição dos SIG no planeamento e gestão dos sistemas públicos de distribuição de águas e de drenagem de águas residuais, como sendo sistemas capazes de permitir a actualização do cadastro de um



modo fiável e rápido, permitindo a inventariação automática de um determinado tipo de material constituinte das redes, a verificação do estado de conservação do sistemas públicos e seus órgãos, a criação de fichas de intervenção em cada troço e/ou acessório, o planeamento adequado às redes de cadastro e de poderem satisfazer atempadamente as populações em caso de ruptura das redes, entre outras necessidades.

Actualmente não existem dados actualizados destas infra-estruturas básicas. A informação existente encontra-se em formato analógico desactualizado e executado por desenhadores e/ou por projectistas de loteamentos, obras de urbanização, entre outros. Outra preocupação tem a ver com a desorganização de arquivo, onde para além da informação sobre as infra-estruturas estar desactualizada, em alguns casos o cadastro difere de carta para carta e em muitos casos as cartas desapareceram.

Recentemente, muitas entidades começaram a informatizar essas infra-estruturas. Daqui advém a necessidade de evolução do sistema para fazer face a determinados problemas dos utentes [Paulo, 2001].

As vantagens de um sistema informatizado, segundo Paulo [2001], são inúmeras, e vão desde o controlo dos consumos dos utentes, à informação dos níveis dos reservatórios, às pressões das redes, até às rupturas das redes, entre outras.

Moreira et al. [2004] evidenciam também a importância da existência de um cadastro dos sistemas de infra-estruturas básicas com informação geográfica actualizada e de fácil acesso, fundamental para as actividades de exploração, planeamento, renovação e ampliação das redes. A aposta no cadastro informatizado tem como intuito torná-lo num pólo aglutinador de informação, que permita uma análise rápida, cuidada e eficaz da mesma para suporte da tomada de decisão aos mais diversos níveis [Moreira et al., 2004].

Como se pode verificar a utilização dos SIG nas infra-estruturas básicas, em especial nas drenagens tem demonstrado ser de extrema utilidade, tanto no



planeamento das redes de drenagem como no controlo de cheias. Um exemplo disso, é o caso da utilização dos SIG, pela Universidade do Norte de Dakota, para a estimativa dos potenciais impactes das cheias [Grabow, 2007].

A Agência Federal de gestão de Emergências [FEMA, 1982] investigou a ocorrência e a severidade das cheias no Hawaii, elaborando mapas com os limites de cheias de rios e ribeiras, os quais foram posteriormente incorporados no Programa de Gestão de Cheias do Hawaii, que tem como objectivo a prevenção de cheias, a protecção da vida humana, o controlo da poluição e a conservação dos recursos naturais.

A integração de SIG's e de modelos hidrológicos pode apresentar apreciáveis benefícios mútuos [Stuart and Stocks, 1993]. Desta forma, na perspectiva dos SIG's, as potencialidades dos modelos hidrológicos em caracterizar e simular as variações espaciais permitem obter resultados que contribuem para a definição de leitos de cheia, áreas de risco de cheias e para o planeamento da própria bacia hidrográfica. Na perspectiva dos modelos hidrológicos, os SIG's permitem o relacionamento e a referenciação de dados provenientes de diferentes fontes de informação.

No âmbito da integração dos modelos e dos SIG's, verificam-se fundamentalmente dois tipos de modelos, os modelos hidrológicos globais, para cujo processo de integração são adequados os SIG's do tipo vectorial e os modelos hidrológicos de distribuição espacial, em que se tornam necessários os SIG's do tipo raster. Segundo Maidment [1993], um modelo hidrológico pode ser definido como uma representação matemática do escoamento da água e dos seus constituintes, numa porção da superfície ou da subsuperfície do terreno em estudo.

A caracterização da precipitação constitui um importante elemento de apoio para projectistas de obras hidráulicas, técnicos do planeamento e gestão de recursos hídricos, agentes de Protecção Civil e público em geral. Este conhecimento é uma mais valia no apoio à decisão, face a situações de cheias, secas, erosão hídrica e outras opções de gestão, que fica agora mais sustentada [Brandão et al., 2001].



Brandão et al. [2001] caracterizaram exaustivamente o fenómeno das precipitações intensas, onde as Precipitações Máximas Prováveis (PMP) são utilizadas como dados dos modelos hidrológicos para calcular a cheia máxima provável (CMP) que poderá ocorrer numa dada bacia hidrográfica. As CMP poderão ser utilizadas para a verificação do dimensionamento dos descarregadores de cheia das barragens onde a sua falha poderá causar perdas humanas e grandes estragos materiais.

Rego [1996] verificou que os SIG são ferramentas apropriadas para o apoio aos cálculos hidrológicos, nomeadamente na sobreposição de ficheiros, no cálculo de variáveis auxiliares, tais como a altura média, a área e o perímetro da bacia, no entanto é necessário dispor de ficheiros digitalizados da altimetria, ocupação e tipo de solo, informação essa, que nem sempre se encontra disponível.

O SIG possibilita realizar a delimitação dos leitos de cheia, com uma maior facilidade e rapidez, bem como fazer a exploração das alterações provocadas por cenários que se pretendem estudar, tais como a implementação dos Planos Directores Municipais (PDM's), dos Planos de Pormenor (PP) e ainda dos Planos de Bacias, uma vez que os dados ficam armazenados e podem ser utilizados para o estudo desses vários cenários [Rego, 1996].

A integração plena dos modelos hidrológicos nos SIG's pode não parecer possível, a curto prazo, devido à quantidade de problemas a resolver [Rego, 1996]. Neste caso, os SIG foram utilizados apenas para a conversão de ficheiros, operações de sobreposição de ficheiros com o mesmo referencial e a exportação de ficheiros para outros formatos. Importa referir ainda que para ser possível a correcta integração de diversos temas de informação, quer raster quer vectorial, estes necessitam de estar muito bem georeferenciados, pois se tal não se verificar surgem problemas.

Um caso particular onde ocorreram problemas na georreferenciação, foi no estudo sobre a ocorrência e a severidade das cheias no Hawaii [FEMA, 1982]. Os mapas não eram precisos a nível de localização, de posição e de atributos



da formação geográfica e geológica. Consequentemente, torna-se por vezes difícil determinar se uma parcela de terreno da bacia está inserida no mapa. Além disso, existem muitas áreas onde não há dados para determinar o potencial de cheia. A ausência de dados não significa a ausência de potencial de cheia numa área específica. Portanto, supõe-se que o risco de cheia ser mínimo se uma parcela não estiver na área coberta pelo mapa [FEMA, 1982].

Paulo [1998] simulou hidrogramas de cheias a uma precipitação de intensidade constante sobre uma bacia hidrográfica (Rio de Loures) e consequentemente determinou a cartografia das zonas inundadas, utilizando para isso o modelo hidrológico distribuído – Fortran Powerstation. Segundo Paulo [1998] a determinação de parâmetros hidrológicos no SIG servem geralmente de dados de input nos modelos. Para a modelação hidrológica, o uso dos SIG's contribui para uma melhoria em termos espaciais, da informação, permitindo assim, a integração de várias fontes.

O conhecimento de previsões da precipitação e a modelação da sua transformação em escoamento para obtenção dos caudais de cheia e alturas de água, permitirá em tempo real, efectuar avisos atempados à população. É nesta fase que o SIG, se torna bastante útil para análise e visualização, pois permite a integração de diferentes dados espaciais. [Paulo, 1998].

Reis [1996] demonstra a importância da aplicação dos SIG's na análise morfológica de bacias hidrográficas, referindo que os SIG's permitem um avanço significativo nas técnicas relacionadas com o processamento das diversas variáveis com vista a um conhecimento mais real da morfologia das bacias.

Como os SIG têm vindo a assumir-se como um recurso de enorme potencial para análise, divulgação e auxílio à tomada de decisões e sendo a internet um meio de comunicação cada vez mais utilizado, a disponibilização dos SiG na internet constitui um meio de divulgação e comunicação entre as entidades e os utentes.



3. Enquadramento Institucional

Neste capítulo é apresentado o enquadramento institucional, com breve caracterização do Concelho de Sintra e do Sistema de Informação Geográfica Municipal. É descrita ainda a história de Sintra e da Câmara Municipal de Sintra, bem como o funcionamento e o papel dos SIG's nessa edilidade.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO CONCELHO DE SINTRA

No período Romano a região de Sintra assentava no vasto *territorium* da *civitas* olisiponense, ao qual Octaviano (cerca de 30 A.C.) ou César (cerca de 49 A.C.) concederam o invejável estatuto de *Municipium Civium Romanorum*.

Os primeiros textos explícitos (século X) sobre a Vila de Sintra (a Xintara árabe) surgem durante o domínio muçulmano, apresentado-a como “*uma das vilas que dependem de Lisboa no Andaluz, nas proximidades do mar*”, descrição do geógrafo Al-Bacr, fixada por Al-Munim Al-Himiari, sendo o principal núcleo urbano e económico logo a seguir a Lisboa.

No Século XI, mais concretamente na Primavera de 1093, entre 30 de Abril e 8 de Maio, Sintra foi tomada aos Árabes por D. Afonso VI.

Mas é só em Outubro de 1147 que D. Afonso Henriques, auxiliado pelos cruzados, consegue tomar definitivamente Sintra. Carvalho [1992], explica-nos este acontecimento da seguinte forma: “Alargam-se para sul as armas cristãs. Ano de boa colheita para os seguidores de Cristo, que neste ano, por intermédio dos montantes de Afonso Henriques (o *Ibn Errik* para os muçulmanos) conquistam esforçadamente Santarém e Lisboa, as duas pérolas maiores de Balata. Sem luta, e perante a dimensão de tal perda, logo se rendem Almada, Palmela e Sintra. E todo o desdém dos árabes perante esses guerreiros que eles criam grosseiros cedo se transforma em mágoa e dor pelas terras perdidas”.



A 9 de Janeiro de 1154, D. Afonso Henriques deu Carta Foral à Vila de Sintra com as respectivas regalias, a qual estabelece o Concelho de Sintra que abrange um vasto território [Montoito, 2001], que posteriormente foi dividido em quatro grandes freguesias: São Pedro de Canaferrim, São Martinho, Santa Maria e São Miguel.

Segundo Carvalho [1989], nos tempos iniciais da monarquia e da nacionalidade, os membros da vereação eram escolhidos pelas populações que, nos espaços mais abertos e largos da urbe, se reuniam. Era nessas assembleias de homens-bons que eram eleitos os juízes e demais cargos municipais. Contudo, a médio prazo, a crescente complexidade da vida urbana e a formação, cada vez mais nítida, de grupos sociais dominantes, implicava que se constatasse aquilo que sempre se verificara que só um grupo reduzido de vizinhos, saído dessas elites, podia assegurar o governo concelhio [Carvalho, 1989].

Em Sintra, temos notícia de que em 1261, por carta expedida por D. Afonso III, o concelho passará a ter à frente da jurisdição e administração locais um Alcaide representante do Rei, e dois alvazis ou juízes, eleitos pelo Povo [Montoito, 2001].

Após a morte do Cardeal-Rei D. Henrique (1578-1580), Filipe II de Espanha herda o reino de Portugal que permanecerá sob a administração espanhola até 1640. Nesse período de sessenta anos, Sintra perde a importância que outrora tivera, para Vila Viçosa, que passa a ser a cidade principal da Casa de Bragança, cujos duques, descendentes de D. João I, se consideram os herdeiros do trono português. Todavia, nesta época Sintra continuava a ser um dos locais onde se reflectiam algumas das principais conjunturas políticas e mentais do reino. Em 1639, Sintra contava com cerca de 4.000 habitantes, segundo um cômputo espanhol da altura.

Em 1514, D. Manuel atribui novo foral a Sintra, reformulando a confirmação nos seus direitos e deveres [Montoito, 2001].



O terramoto de 1755 causou, na Vila de Sintra e arredores, estragos e numerosos mortos. É neste século que foi fundada a primeira unidade industrial do concelho, a Fábrica de Estamparia de Rio de Mouro, em 1778.

Em 1854 celebrou-se o primeiro contrato entre o governo e o conde Claranges Lucotte, para a construção de um caminho de ferro que efectuasse a ligação de Sintra a Lisboa, (sendo este decretado pelo Decreto de 26 de Junho de 1855), contrato esse rescindido em 1861. Depois de várias tentativas sem êxito, a linha foi finalmente inaugurada a 2 de Abril de 1887.

Após a proclamação da República em 1910 verificou-se uma maior atenção sobre as potencialidades agrícolas, industriais e comerciais da região. Em parte devido à lei de 1908 que delimitou a zona vinícola de Colares e lhe criou uma comissão vinícola de fiscalização da qualidade, bem como a exportação do vinho de Colares e, em 1914, foi criada a Associação Comercial e Industrial de Sintra.

No começo do século XX e devido à construção do caminho de ferro que liga Sintra a Lisboa verifica-se um crescimento desmedido da construção no concelho. Devido a este crescimento, fundam-se em Sintra instituições vocacionadas para o estudo e protecção do seu vasto património artístico, da qual se destaca o Instituto Histórico de Sintra, sob a égide de Afonso de Ornelas.

Nos tempos actuais, devido à falta de uma boa gestão e planeamento da construção no território municipal tornou-se imperativo a preservação do património cultural e florestal de Sintra. Assim, constituíram-se associações de defesa do património, organizaram-se congressos e festivais sob a égide do Romantismo. A nível da edilidade desenvolveu-se uma política cultural e legislação para protecção do património cultural e florestal de Sintra.

Presentemente o Concelho de Sintra (Figura 1) está dividido em vinte freguesias. A Câmara Municipal de Sintra (CMSintra) gere um território com uma superfície aproximadamente de 334 Km², com uma população residente



de 363 740 indivíduos, segundo os censos de 2001 (INE). Para uma boa gestão deste vasto concelho, o Município dispõe de uma estrutura composta por 9 departamentos, a qual é apresentada no organograma da Figura 2.



Figura 1 - Concelho de Sintra (Fonte: Câmara Municipal de Sintra).

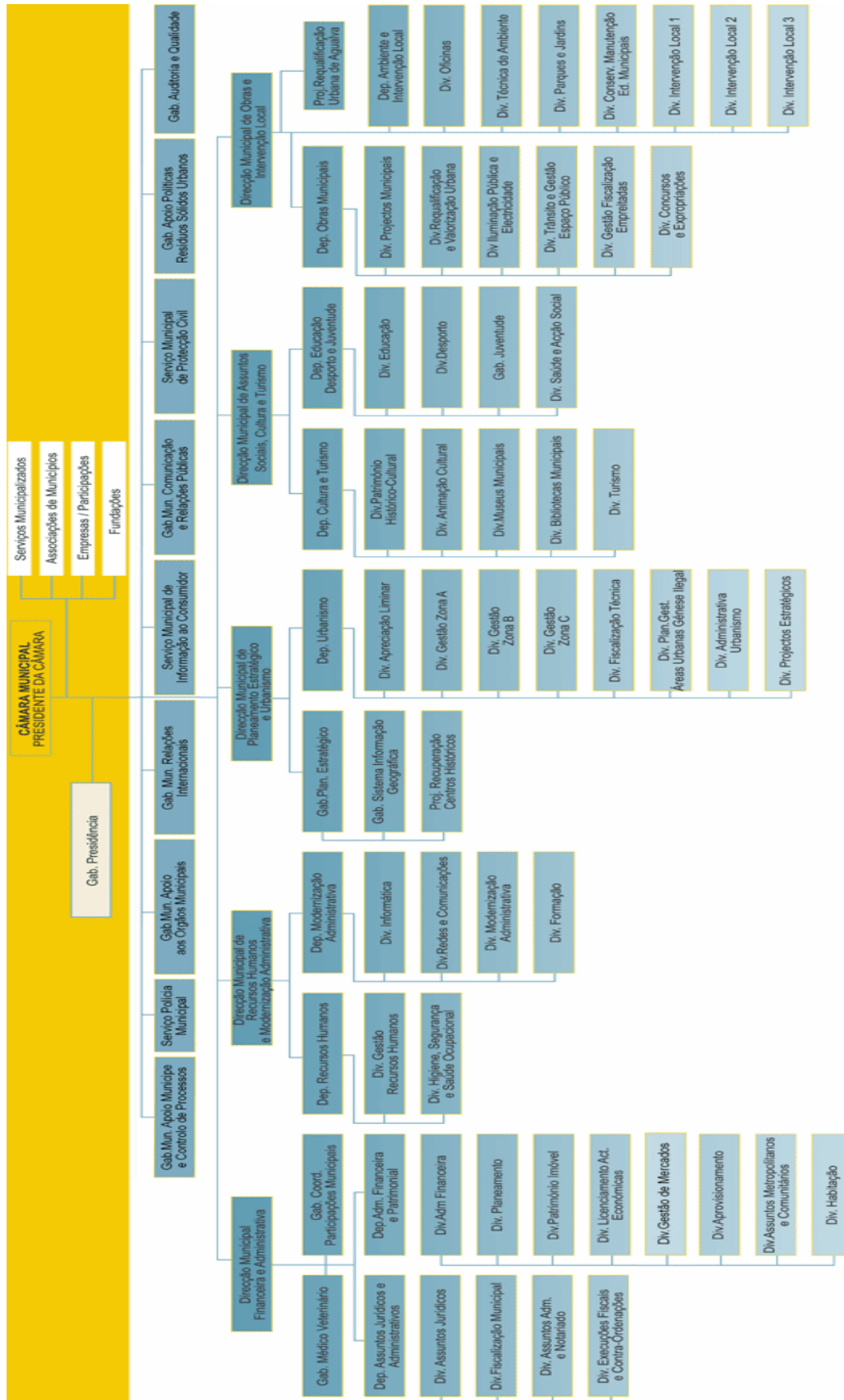


Figura 2 - Organograma da estrutura de serviços da Câmara Municipal de Sintra.



3.2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA MUNICIPAL

Um dos objectivos da Câmara Municipal de Sintra é a preservação dos recursos de modo eficaz, sendo necessário para isso a exactidão posicional da cartografia. Sabendo também que a qualidade dos dados geográficos passa pelo seu tempo útil [Ariza, 2002], torna-se essencial a manutenção e actualização dos mesmos para a Informação Geográfica adquirida.

Devido a grandes intervenções urbanísticas no Concelho de Sintra, a Câmara Municipal de Sintra necessitou de actualizar a informação do seu território. Para isso, teve de actualizar as suas ferramentas e a cartografia do Concelho, uma vez que esta última se tornou obsoleta por ser de 1978/1982.

Após um protocolo de acessória com a Universidade Católica, esta delegou no Instituto Superior Técnico (IST) o acompanhamento na área do Sistema de Informação Geográfica Municipal. Posteriormente, foi estabelecido pelo Município novo protocolo de acessória directamente com o IST, que acompanhou o Gabinete do Sistema de Informação Geográfica (GSIG) na elaboração de um plano de estratégia e desenvolvimento do SIG municipal. Este gabinete tem como função gestão do SIG municipal. Inserido na Direcção Municipal de Planeamento Estratégico e Urbanismo da Câmara Municipal de Sintra, este gabinete relaciona-se com os restantes serviços da edilidade de forma transversal.

3.2.1. Fontes de informação

Para a elaboração do Sistema de Informação Geográfica Municipal foi necessária a criação de mecanismos que favorecessem a implementação do mesmo. Elaborou-se a sua estrutura de modo a garantir a coerência e o rigor posicional de todo o repositório de dados georeferenciados. Para se poder alcançar esse objectivo foi necessário o levantamento de dados geográficos do Concelho, que servem de orientação para a constituição de um projecto SIG, como seja, cartografia e ortofotomapas.



Actualmente, a Câmara Municipal de Sintra dispõe de informação base sobre o seu território a várias escalas, para deste modo dar resposta às necessidades de cada departamento (Tabela 1).

Tabela 1– Bases cartográficas utilizadas pela CMSintra

Informação	Formato	Escala	Data de voo	Área de Cobertura do Concelho
Cadastro rústico	Imagem	1/2000	1953	Total
Cartografia	Vectorial	1/1000	Outubro 2000	Zona urbana
Cartografia	Vectorial	1/2000	Outubro 2000	Zona intermédia
Cartografia	Vectorial	1/5000	Outubro 2000	Zona rural
Ortofotomapas	Imagem	1/5000	Novembro 2004	Total

Cada departamento e/ou divisão da CMSintra no desenvolvimento dos seus temas de informação apresenta uma relação produção/utilização de informação de acordo com as suas competências.

Na Câmara Municipal de Sintra é utilizada informação geográfica com várias origens:

- Interna – todos os temas criados e editados nos vários Departamentos;
- Externa – produzida por várias entidades nacionais, como é o caso da rede viária nacional e do cadastro da EDP, entre outros.

Deste modo, uma das competências desta Autarquia é a gestão e manutenção do território, que é garantida pelos seus serviços que intervêm de forma directa sobre o mesmo. Todas as alterações são registadas e georeferenciadas no



SIG Municipal, tanto a nível da informação estruturante como a nível da actualização dos cadastros municipais.

3.2.2. Gabinete de Sistema de Informação Geográfica

De acordo com o Regulamento de Organização dos Serviços Municipais (ROSM): "*Ao Gabinete do Sistema de Informação Geográfica compete:*

- a) Promover a criação e desenvolvimento do Sistema de Informação Geográfica Municipal;*
- b) Promover a obtenção de cartografia e respectiva actualização, bem como promover a execução de levantamentos topográficos;*
- c) A Gestão técnica e operacional do Sistema de Informação Geográfica, compreendendo, as medidas de organização e normas de procedimento e segurança a respeitar por todos os utilizadores;*
- d) Prestar serviços não só ao Município mas aos operadores públicos e privados com intervenção na área do Concelho, a partir do momento que funcione em moldes empresariais.*", Artigo 49.º, publicado em Diário da República - II Série, a 2 de Abril de 2004.

Assim, o GSIG de acordo com o acima referido, recolhe, estrutura e disponibiliza informação gráfica e alfanumérica em tempo útil, aos respectivos serviços da Câmara Municipal de forma a que os mesmos possam otimizar o desempenho das suas funções. Também dá apoio ao desenvolvimento dos temas de informação geográfica nos diversos serviços.

O acesso a esta informação assume especial destaque nos processos de decisão e simulação de cenários, uma vez que, assegura não só uma base de trabalho comum aos diferentes intervenientes na gestão do território como também uma melhor representação da realidade municipal.

As vantagens deste gabinete são:

- Normalizar a informação, quer na aquisição quer na elaboração;
- Prevenir a aquisição de informação que eventualmente já exista na Câmara Municipal de Sintra;



- Garantir a consistência da informação;
- Garantir a utilização da informação mais actual;
- Centralizar a informação preservando a responsabilidade dos vários departamentos sobre a informação que geram.

3.2.3. Desenvolvimento do Sistema de Informação Geográfica Municipal

O Sistema de Informação Geográfica Municipal deve:

- a) ser uma base de conhecimento estruturada e actualizada do concelho;
- b) ser um instrumento de apoio à elaboração de estudos e projectos com interesse na gestão municipal;
- c) ser um instrumento de apoio à decisão;
- d) dotar os órgãos políticos e técnicos de informação base de gestão do território municipal.

Um Sistema de Informação Geográfica Municipal desta envergadura deverá ser elaborado em equipa, sendo o intercâmbio de informação entre Departamentos fundamental. A actualização dos temas, componentes da informação geográfica, exige pela sua complexidade uma boa coordenação de toda esta informação, bem como das equipas editoras.

Assim, o Sistema de Informação Geográfica municipal foi estruturado de modo a armazenar e distribuir a informação geográfica através de uma rede de base de dados que liga entre si os utilizadores dos diferentes serviços camarários - os postos_SIG, permitindo deste modo a utilização da informação georeferenciada (gráfica e/ou alfanumérica) que se encontra disponível na rede, pela pasta GEO_SINTRA.

3.2.3.1. GEO_SINTRA

Toda a informação geográfica editada e recebida pela Câmara Municipal de Sintra é disponibilizada em servidor próprio na pasta "GEO_SINTRA". Nesta pasta estão reunidos três grandes grupos de informação (Recursos, Informação Estruturante e Cadastros Municipais), tal como mostra a Figura 3.

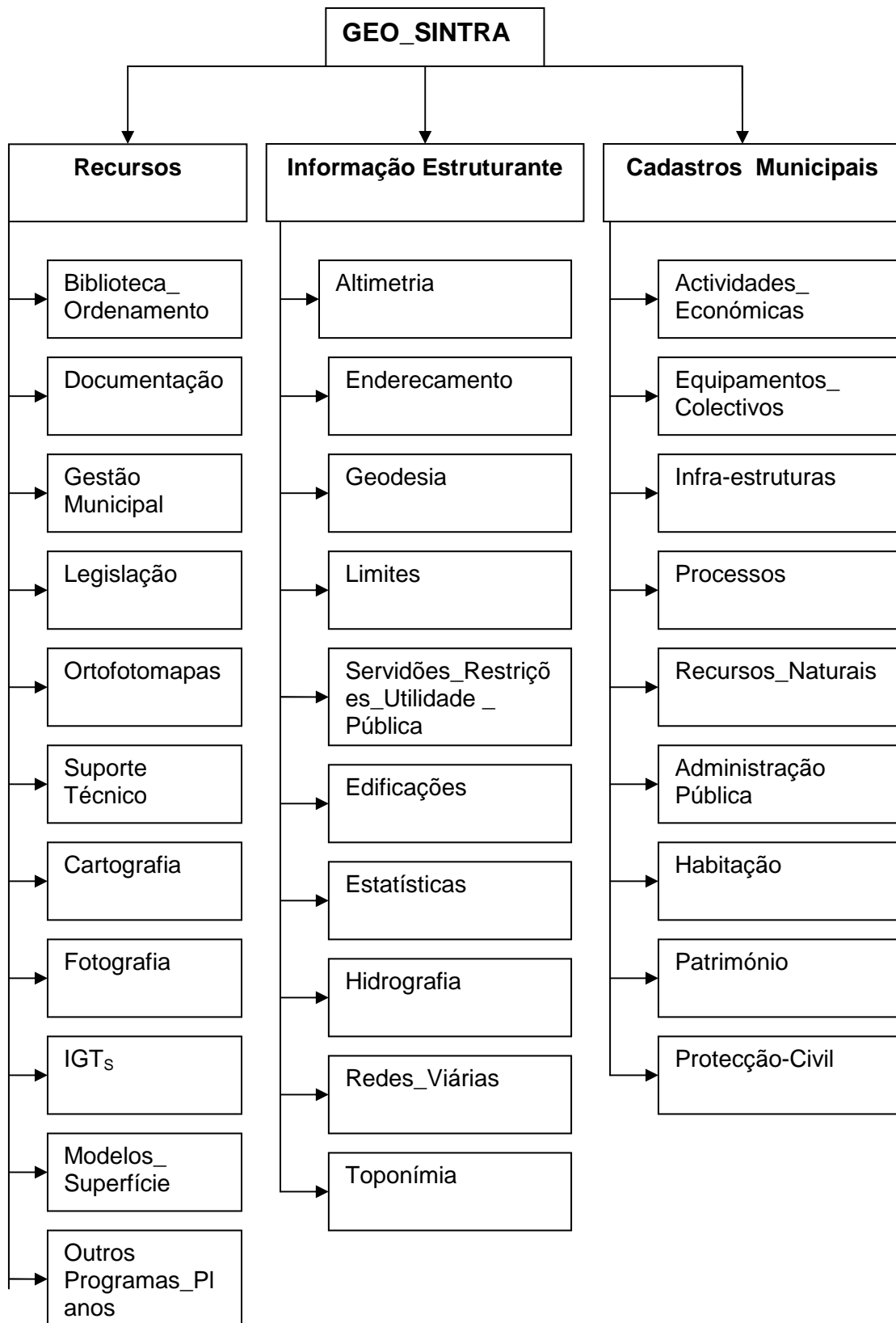


Figura 3 - Estrutura do GEO_SINTRA (Fonte: GSIG (CMS)/IST).

A estratégia adoptada para a implementação de um modelo organizacional coerente tem como principais objectivos:

- guiar a gestão da informação;
- permitir implementar o acesso condicionado aos diferentes níveis de utilizadores;
- organizar a informação (de modo coerente) em três grandes grupos (Recursos, Informação Estruturante e Cadastros Municipais).

Os **recursos** são conjuntos de dados geográficos adquiridos ou produzidos pela CM Sintra que constituem um produto acabado e, conseqüentemente, datado. Alguns destes exemplos são o cadastro rústico e Ortofotomapas (Figura 4).

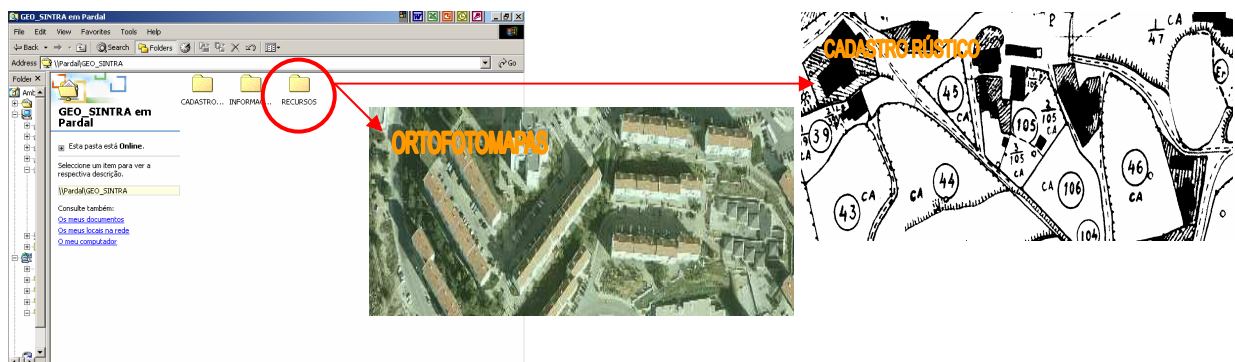


Figura 4 - Recursos disponíveis no GEO_SINTRA (Fonte: Câmara Municipal de Sintra).

A **Informação Estruturante** é um conjunto de dados geográficos que contém a componente geométrica da cartografia do concelho e que garante o rigor e consistência posicional de todo o repositório de dados georeferenciados (Figura 5). Trata-se pois da cartografia de base que define fisicamente as grandes imposições do Concelho.

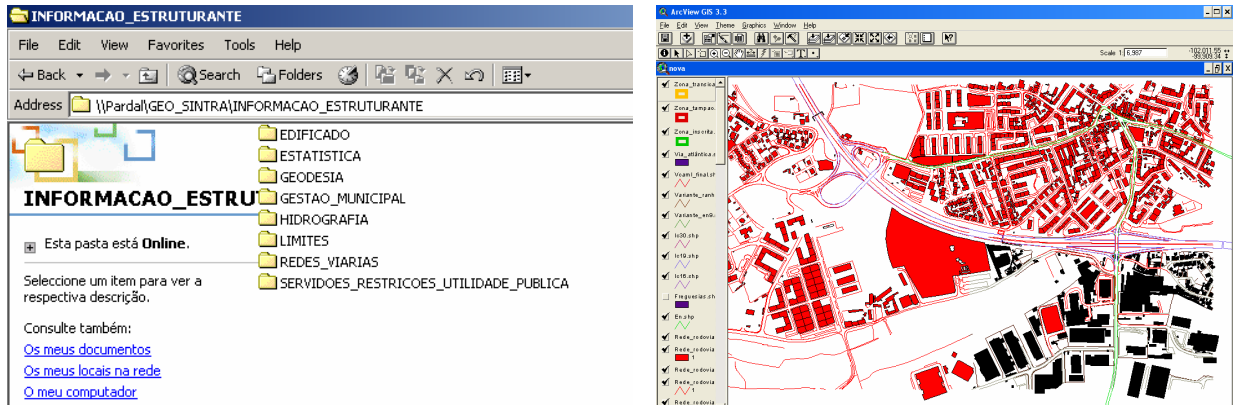


Figura 5 - Informação Estruturante disponível em GEO_SINTRA (Fonte: Câmara Municipal de Sintra).

Os **Cadastros Municipais** são conjuntos de dados geográficos sujeitos a processos frequentes de actualização uma vez que são consequência directa da actividade da Câmara. Estes são elaborados pelos vários serviços da Câmara, os quais são responsáveis pela sua gestão e actualização, temos como exemplo, as vias projectadas, os processos de loteamento, entre outros (Figura 6).

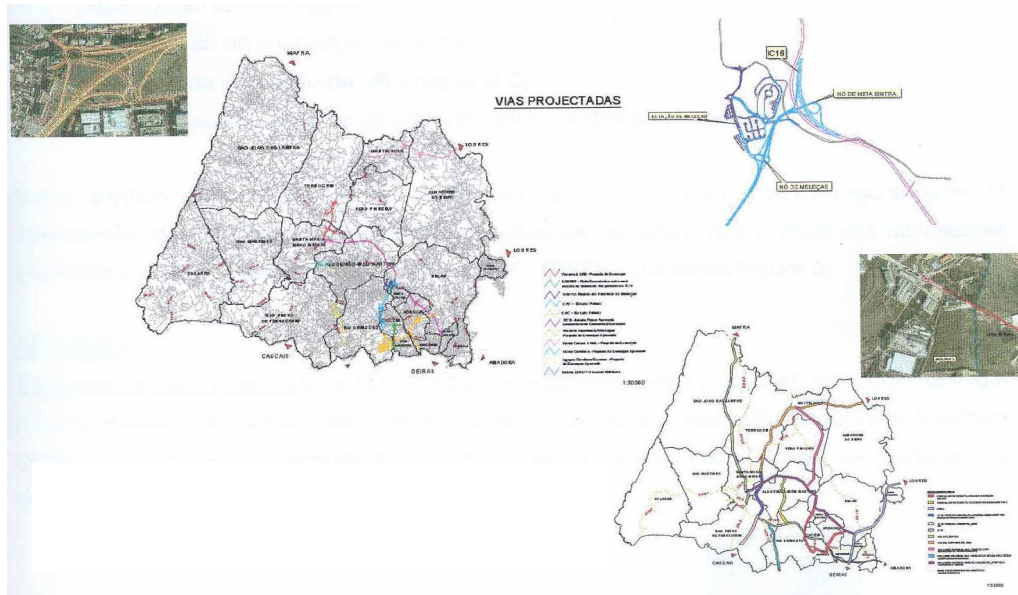


Figura 6 - Exemplos de diferentes trabalhos desenvolvidos pela Câmara Municipal de Sintra.



que se proceda a uma edição/correção/actualização do tema e depois de devidamente validada a informação pela chefia responsável do Departamento, deverá proceder-se à sua disponibilização no GEO_SINTRA, através do GSIG.

3.2.4. Departamento de Obras Municipais

Tendo o Departamento de Obras Municipais como atribuições, dirigir as actividades ligadas às obras municipais, nomeadamente, de infra-estruturas, de equipamentos sociais, considerou-se de primordial importância a utilização do SIG neste Departamento. Para isso, com utilização do GEO_SINTRA, foram criados postos_SIG de edição de informação; procedeu-se a uma formação SIG dos técnicos e nos outros postos foram disponibilizados visualizadores (ArcExplorer) que permitiram aceder à informação, sendo actualmente substituídos por visualização em Intranet.

O funcionamento dos postos_SIG tem contribuído bastante para o esclarecimento dos munícipes em questões relacionadas com a afectação dos seus terrenos às servidões rodoviárias e com as reclamações. Por exemplo, reclamações relativas a expropriações, ficaram bastante mais fáceis de localizar com a informação disponibilizada no GEO_SINTRA.

Em relação as fases de Estudo Prévio/Viabilidade, Projecto de Execução, na Tabela 2, apresenta-se a informação alfanumérica a associar a cada projecto SIG, a utilizar neste departamento.

Tabela 2 - Temas a desenvolver.

Designação	Freguesia	Fase	Início	Conclusão	Projectista	Base de licitação	Ligação a outras divisões	Código SM
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)



Uma das áreas de intervenção das autarquias onde a Informação Geográfica ainda é muito reduzida, é o Cadastro da Rede de Drenagem de Aguas Residuais Pluviais. A necessidade de implementação de um Sistema de Gestão de Cadastro Pluvial é de facto fundamental, constituindo um passo na modernização dos serviços do Departamento da Câmara, neste caso do DOM, e consequentemente na definição das prioridades de beneficiação/construção da Rede Pluvial do concelho e na melhoria na resposta às necessidades dos munícipes.



4. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Neste capítulo são revistos os conceitos utilizados no âmbito deste trabalho, incluindo noções de hidrologia, de redes de drenagem de águas pluviais e SIG's.

4.1. NOÇÕES DE HIDROLOGIA

Para o projectista que desenvolve um projecto de Rede de Drenagem Pluvial os maiores problemas que se colocam é o conhecimento da precipitação e as características do escoamento. Para se proceder a uma análise destes problemas recorre-se à leitura de pluviómetros e pluviógrafos no caso da precipitação. No caso do escoamento recorre-se ao estudo de bacias hidrográficas. Após esses estudos elabora-se o projecto e é neste ponto que se verifica a necessidade de informação espacial, recorrendo aos SIG's, como base de dados, para as análises necessárias.

A Hidrologia é a ciência que estuda a ocorrência, distribuição e movimentação da água no planeta. O seu objectivo é a avaliação dos recursos hídricos, tendo em vista o seu aproveitamento. Torna-se por isso, indispensável o conhecimento dos caudais e o seu regime nas linhas de água naturais, bem como a quantidade de água armazenada no solo.

4.1.1. Precipitação

A precipitação é um fenómeno de ocorrência aleatória, muito variável e de previsão difícil, tantos são os factores que a influenciam [Carvalho, 1998]. Devido a esses factores o estudo da precipitação baseia-se na observação sistemática da sua ocorrência. Para sabermos qual a quantidade de precipitação que atinge o solo, utiliza-se aparelhos normalizados, que a recolhem pontualmente. Esses aparelhos são conhecidos como *pluviómetros* ou *udómetros* e *pluviógrafos* ou *udógrafos*. Os primeiros são constituídos por recipientes normalizados e calibrados que recolhem a chuva caída directamente sobre eles, considerada como representativa da sua “*área de influência*”, isto é a área dentro da qual se destinam a caracterizar a



precipitação [Carvalho, 1998]. Os segundos ajudam-nos a conhecer melhor a evolução contínua da intensidade e da duração das precipitações.

A partir dos valores das precipitações, calculam-se as respectivas “intensidades de precipitação” (i). A intensidade de precipitação corresponde à precipitação média no período de tempo a que corresponde o intervalo entre leituras [Carvalho, 1998]. A intensidade é medida em mm/hora, assim temos:

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

em que Δh se refere à quantidade de precipitação (mm) e Δt ao período de tempo de precipitação (horas).

Para o dimensionamento de obras de drenagem é necessário o conhecimento das precipitações intensas de curta duração. Assim calcula-se a intensidade através da seguinte expressão:

$$i = at^b$$

em que i se refere à intensidade média máxima de precipitação (mm/h), t à duração da chuvada, idêntica ao tempo de concentração da bacia afluente (min) e a , b são constantes que dependem do período de retorno e do tipo de região pluviométrica.

4.1.2. Bacia Hidrográfica

O caudal que se escoia numa secção de uma linha de água provém do escoamento superficial das precipitações e da drenagem das reservas acumuladas no solo, numa área que se designa por “*bacia hidrográfica*” [Carvalho, 1998].

A delimitação superficial da bacia hidrográfica faz-se ao longo de linhas de cumeada que se prolonga através de linhas de maior declive até ao fecho da secção de referência da bacia [Carvalho, 1998] (Figura 8).

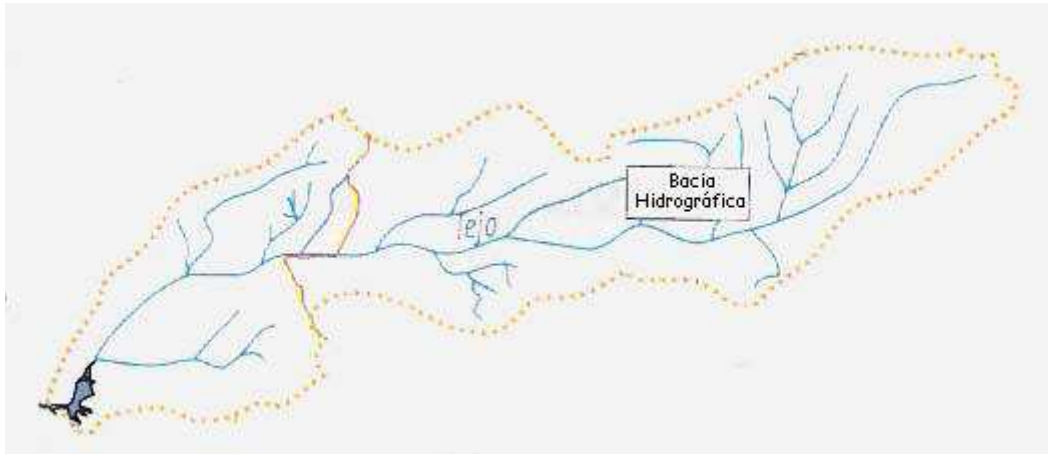


Figura 8 - Delimitação superficial da bacia hidrográfica (Fonte: site – geoportal.no.sapo/meio_natural.htm#dinamica_de_uma_bacia_hidrografica).

Uma bacia hidrográfica, definida em relação a uma dada secção de escoamento de uma linha de água, é constituída pela área contribuinte para esse escoamento. Segundo Chow [1964], os factores que influenciam o escoamento numa secção da bacia hidrográfica são de dois tipos, climáticos e fisiográficos. As características morfológicas de uma bacia podem ser analisados segundo vários parâmetros, tais como:

- Parâmetros geométricos – que se dividem em parâmetros de extensão (área e perímetro da bacia e comprimento da bacia), parâmetros de forma (relações entre a área e o comprimento da bacia e o coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius);
- Parâmetros característicos do relevo;
- Parâmetros característicos da rede de drenagem.

A velocidade do escoamento superficial, aumenta à medida que se formam as linhas de água. No entanto, a formação dos caudais numa linha de água não se verifica de um modo uniformemente crescente devido às contribuições dos seus afluentes, produzindo deste modo aumentos bruscos de caudal. Para se saber qual o caudal máximo ($Q_{max.}$) que atinge uma determinada secção (S) da bacia hidrográfica, a uma precipitação útil com intensidade i no instante t_i , temos a seguinte fórmula:



$$Q_{\text{máx}} = \frac{1}{3,6} i(S1 + S2 + S3 + \dots + S8)$$

Deste modo ao construirmos um gráfico com a curva de crescimento dos caudais obtidos ao longo do tempo, obteremos o tempo de concentração. Este corresponde ao instante em que toda a área da bacia contribui para o escoamento através da secção de referência, após o que o caudal se mantém estacionário enquanto durar a precipitação [Carvalho, 1998].

Podendo estabelecer, numa bacia hidrográfica, relações entre as precipitações ocorridas e os caudais por elas originados, encontra-se um coeficiente que os permite relacionar. Estas relações são estabelecidas para os valores médios anuais de precipitações e de caudais. Assim, tendo em consideração a área da bacia (A), o caudal (Q) e a intensidade da precipitação que o originou (I), obtemos o *coeficiente de escoamento* (C), através da seguinte expressão:

$$C = \frac{Q}{I \times A}$$

Quando a duração da precipitação atinge o tempo de concentração da bacia o máximo é atingido, começando o caudal a decrescer se a precipitação cessar nesse momento, apresentando o hidrograma (Figura 9) uma ponta bem evidente [Carvalho, 1998]. Quando a duração da precipitação é igual ao tempo de concentração da bacia, designa-se por “*duração crítica*”. Ao intervalo de tempo que, em média, decorre para que um determinado evento seja igualado ou excedido, diz-se *período de retorno* [Ramos, 2005].

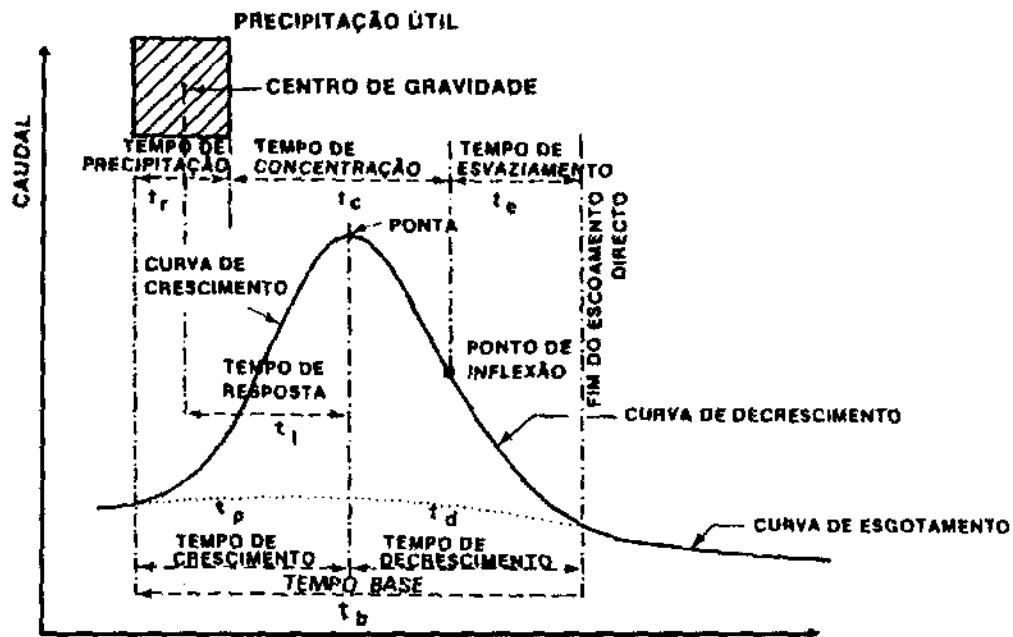


Figura 9 - Características do hidrograma-tipo [extraído de Lencastre e Franco, 1984].

Quintela [1996] analisou a influência que a duração da precipitação exerce no hidrograma de cheia e mostrou que, em geral, o caudal específico de ponta de cheia com um dado período de retorno diminui para jusante, ou seja, com o aumento da bacia hidrográfica

Na avaliação de caudais de cheia pode-se recorrer ao método do hidrograma unitário (Figura 9), onde é exigida a fixação prévia da precipitação. Assim, para uma secção de um rio, para uma chuvada com uma dada duração, este hidrograma é o que corresponde a uma precipitação útil (1 mm, 1 cm ou 1 polegada) com intensidade constante no tempo e aproximadamente uniforme sobre toda a bacia e de duração t_r . O hidrograma unitário é interpretado à luz dos seguintes postulados:

- Postulado da proporcionalidade (Figura 10) – deu origem ao Princípio da proporcionalidade, do qual se obtêm um hidrograma do escoamento directo numa dada secção de um curso de água provocando uma

precipitação útil de n unidades, multiplicando por n as ordenadas do respectivo hidrograma unitário.

- Postulado da sobreposição (Figura 11) - deu origem ao Princípio da sobreposição, do qual se obtêm um hidrograma do escoamento directo numa secção de um curso de água pela sobreposição, com o devido desfasamento, dos hidrogramas que resultam, pelo princípio da proporcionalidade, do hidrograma unitário, correspondendo estes a uma sucessão de vários acontecimentos de precipitação útil, cada um com a mesma duração.

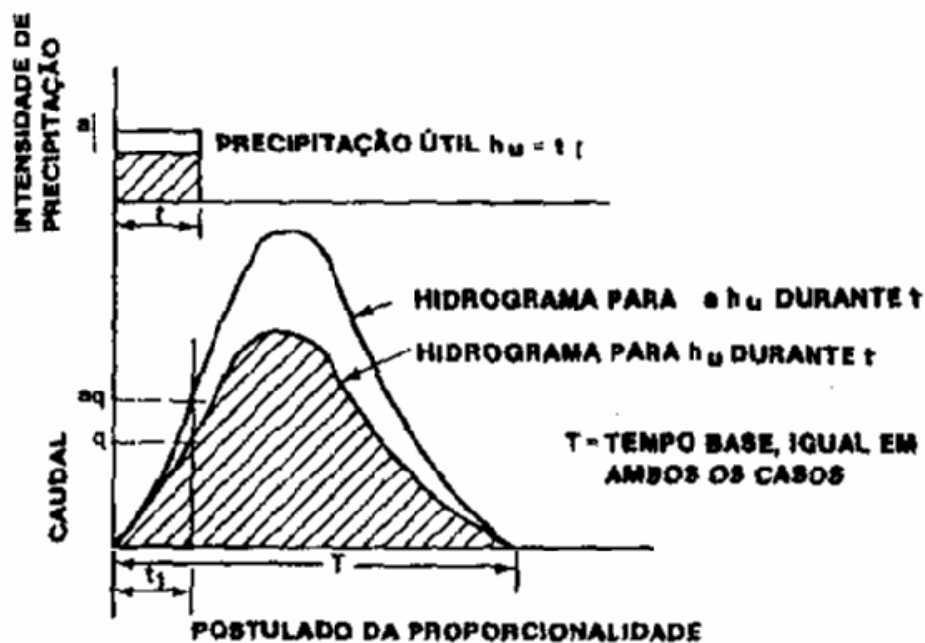


Figura 10 - Primeiro princípio básico do hidrograma unitário: Postulado da proporcionalidade [extraído de Lencastre e Franco, 1984].

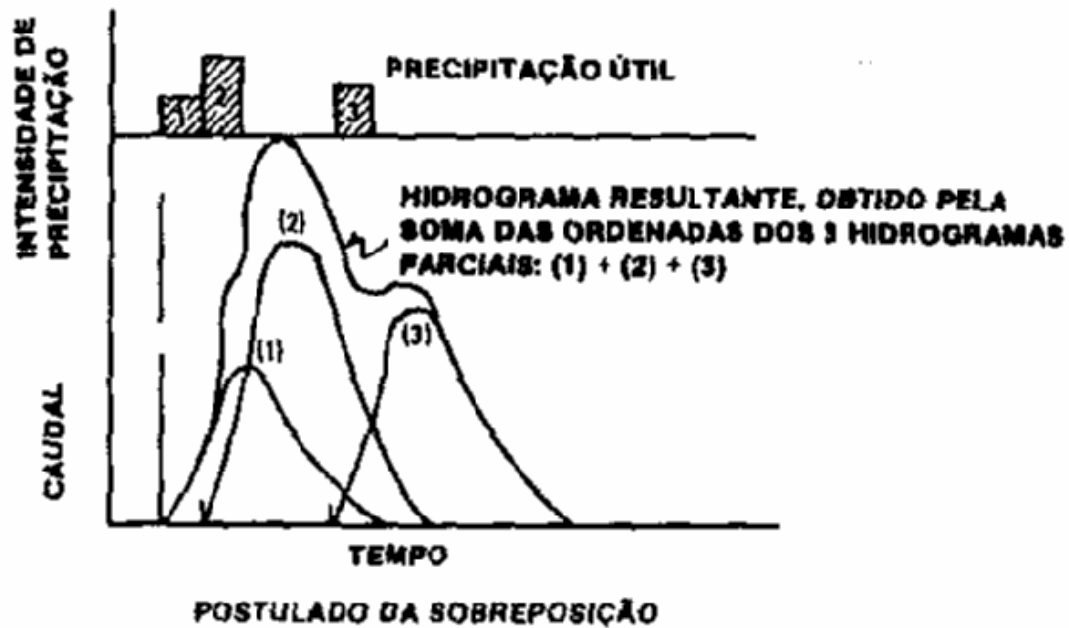


Figura 11 - Segundo princípio básico do hidrograma unitário: Postulado da sobreposição [extraído de Lencastre e Franco, 1984].

Quando se sintetiza um hidrograma de cheia a partir de um hidrograma unitário, é necessário ter em conta que esta construção assenta principalmente na selecção do período de retorno para o qual se pretende a cheia, e que este por sua vez depende do perfil hietográfico e do período de retorno da precipitação associada, assim como das perdas que esta irá sofrer.

4.2. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

As primeiras redes de drenagem foram construídas para afastar do aglomerado populacional a água residual imprópria para reutilização directa, a fim de evitar riscos para a saúde pública. No século XIX com o desenvolvimento industrial e consequente concentração populacional nas grandes cidades autorizou-se a ligação da água residual doméstica às redes de drenagem pluvial existentes, o que provocou um aumento nos riscos de transmissão de doenças, devido às condições precárias daquelas redes.



No século XX o tratamento das águas residuais (domésticas, comerciais e industriais) tornou-se numa necessidade absoluta, tendo-se mais tarde reconhecido as vantagens de separar a água pluvial da água residual doméstica. A drenagem de águas pluviais tem como finalidade recolher e captar águas superficiais ou subterrâneas conduzindo-as ao meio receptor, por meio de tubagens.

Como é referido no artigo 115º do Decreto-Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Outubro – “(...) 4 – *As águas residuais pluviais, ou simplesmente águas pluviais, resultam da precipitação atmosférica caída directamente no local e bacias limítrofes contribuintes e apresentam geralmente menores quantidades de matéria poluente, particularmente de origem orgânica*”; “5 – *consideram-se equiparadas a águas pluviais as provenientes de regas de jardins e espaços verdes, de lavagem de arruamentos, passeios, pátios e parques de estacionamento, normalmente recolhidas por sarjetas, sumidouros e ralos.*”

Os sistemas de drenagem de água pluvial são infra-estruturas destinadas a servir uma estrutura principal (edificações, vias de comunicação), devendo ser adequadas ao mesmo. No dimensionamento de uma rede de drenagem de água pluvial é indispensável um reconhecimento completo da área em estudo.

As redes de drenagem pluvial podem classificar-se em separativas ou unitárias. Designam-se por *redes separativas* de água pluvial aquelas que recolhem e drenam apenas este tipo de água e a água de uso municipal, enquanto que por *redes unitárias* designam-se aquelas que drenam conjuntamente, por uma só rede colectores, todos os tipos de água residual [Sousa, 1990]. A escolha destes tipos de sistemas é condicionada por diversos factores técnicos e económicos.

Os componentes dos sistemas de drenagem pluvial podem ser divididos em: colectores, instalações e condutas elevatórias, bem como um conjunto de órgãos acessórios que asseguram um adequado funcionamento do sistema e permitem proceder a operações de exploração e de manutenção.



Existem vários tipos de órgãos acessórios, os quais se passam a expor:

- Dispositivos de entrada (sarjetas de passeio ou sumidouros), associados a um lancil do passeio, com entrada lateral de caudal, captando assim a água que se escoia superficialmente, com vista à sua condução para o interior das redes de drenagem.
- Ramais de ligação, que ligam os dispositivos de entrada às câmaras de visita, têm diâmetros compreendidos entre 100 e 150 mm, devendo ser implantados com inclinações na ordem dos 2%.
- Câmaras ou caixas de visita, que permitem a inspecção e a limpeza dos colectores, a remoção de obstruções e a verificação das condições e das características do escoamento bem como a recolha de amostras da qualidade da água pluvial. As caixas de visita devem ser colocadas sempre que se verifique uma mudança de direcção numa rede de colectores, nos pontos de cruzamento e inserção dos colectores.
- Colectores, transportam as águas pluviais até à linha de água mais próxima. Estes devem ser instalados ao longo do eixo dos arruamentos.
- Dispositivo de saída de caudal ou boca de saída, como o nome indica é o ponto terminal da rede de drenagem, escoia as águas pluviais para a linha de água.

O Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto estipula que para alinhamentos rectos o afastamento entre duas caixas de visita consecutivas e colectores não visitáveis não ultrapasse os 60 m (embora se verifique uma tendência cada vez maior para se considerar como máxima a distância de 120 m) e para os visitáveis não ultrapasse os 100 a 120 m.



5. IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A GESTÃO E PLANEAMENTO DAS REDES DE DRENAGEM PLUVIAL

Neste capítulo, é descrita a forma como foi implementado o Sistema Informação Geográfica para o cadastro da rede de drenagem de águas pluviais desta edilidade. É feita referência à área de estudo adoptada para a realização do estudo piloto, ao conjunto de dados utilizado e à metodologia adoptada para a implementação do sistema. Posteriormente, os resultados são apresentados e é feita a sua discussão.

5.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo para o projecto piloto é a freguesia de Queluz. Na freguesia de Queluz, que integra a cidade de Queluz, reside uma população de 27.910 habitantes e abrange uma área de 3.6 Km² de acordo com os Censos de 2001 (INE). A 29 de Junho de 1925 (Artigo 1.º da Lei n.º 1:790, de 29 de Junho de 1925), Queluz é desanexada da freguesia de Belas e passa a freguesia. Queluz foi a primeira localidade do município de Sintra a receber título de cidade, em 24 de Julho de 1997. A cidade de Queluz é uma das mais populosas de Portugal sendo considerada uma cidade-satélite de Lisboa.

A freguesia de Queluz é atravessada por vários aquedutos dos quais se destacam, o de S. Francisco, do Príncipe da Beira e da Quinta Nova, esta freguesia é limitada por dois rios, Carenque e Jamor e assente sobre importantes lençóis freáticos, infelizmente desaproveitados [Estrela et al., 2000].

Machado [1991] explica a origem do nome Queluz, que deriva do árabe “qa'al-luz”, que significa “vale da amendoeira”. E, ao longo do tempo, o topónimo foi-se alterando – Qeeíluz (1218), Cheiluz (1220), Quééluz (1274), Queyluz (1285), Queiluz (1352), Queeluz (1368) – até à actual Queluz [Montoito et al., 2001].



5.2. METODOLOGIA E DADOS

5.2.1. Dados

A informação de base utilizada para o desenvolvimento do sistema de informação geográfica do cadastro das redes de drenagem de águas pluviais foi importada do GEO_SINTRA. Os temas de informação integrados foram: a cartografia de base, ortofotomapas, toponímia, altimetria, edificado, vias de comunicação, linhas de água e limites administrativos. A informação disponível relativa à rede de drenagem de águas pluviais encontrava-se já em formato digital (AutoCAD) e georeferenciada. No entanto, esta informação não estava organizada em temas de informação mas sim em troços da rede.

Dado isto, a informação relativa à rede de drenagem de águas pluviais, foi agrupada em cinco temas de informação distintos (Figura 12): ramais e sumidouros (Union_ramais_sumidouros); troços dos colectores (Union_colectores); caixas de visitas (Union_caixas); bocas de saída (Union_Bocas) e sentido de escoamento (Union_setas).

Toda a informação integrada neste sistema está georeferenciada relativamente ao sistema Hayford-Gauss DATUM 73, em uso em todo o Município e a unidade de medida utilizada (o metro), com aproximação às centésimas.

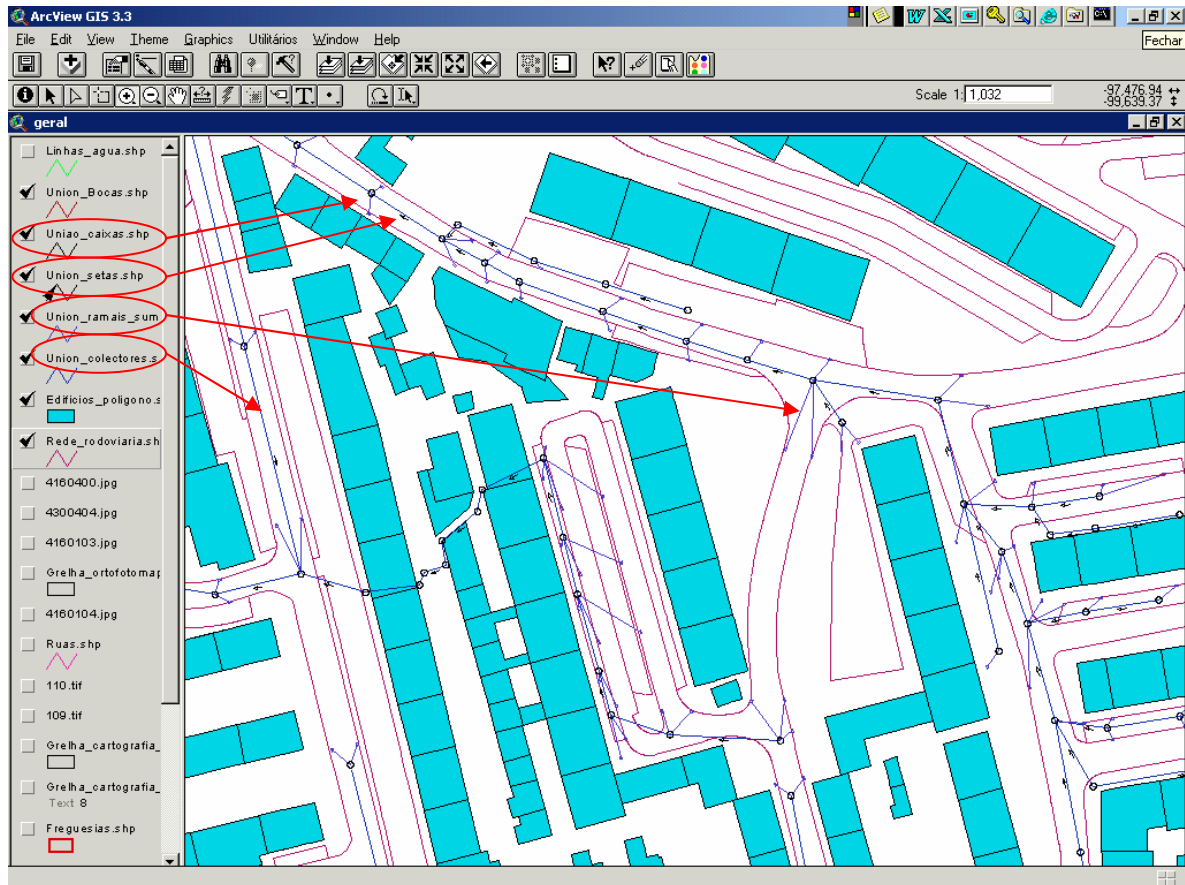


Figura 12 - cadastro da rede de drenagem de águas pluviais – temas agrupados.

5.2.2. Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido com base no software ArcView 3.2a. O ArcView possibilita a visualização, a exploração e a análise destes dados, de modo a revelar padrões, relações e tendências que não são óbvias nas bases de dados, folhas de cálculo ou pacotes estatísticos. A maior parte dos dados tem uma componente que pode ser ligada a um lugar, uma morada, código postal, uma localização por GPS, um bloco dos censos, uma cidade, região, país, ou outra localização.

Na recolha de informação e informatização do cadastro de redes de drenagem de águas pluviais do Município de Sintra considera-se que, em termos de metodologia de desenvolvimento, são consideradas as seguintes etapas:



- Recuperação e adaptação de trabalhos de redes de drenagem de águas pluviais existentes em CAD;
- Definição das práticas e dos procedimentos de informatização do cadastro das redes de drenagem de águas pluviais;
- Inventariação, recolha e sistematização dos elementos de base, e preparação dos dados para codificação digital do cadastro das redes de drenagem de águas pluviais;
- Codificação digital do cadastro em Arcview e controle de qualidade;
- Reprodução do cadastro em papel.

Descrevem-se, seguidamente, as tarefas a desenvolver em cada uma das etapas enunciadas.

5.2.2.1. Recuperação e adaptação de trabalhos de redes de drenagem de águas pluviais existentes em CAD

As exigências impostas pela informatização do cadastro de redes de drenagem pluvial quanto às características da cartografia digital que lhe serve de base, levou a uma adaptação da geometria baseada nos pontos comuns entre a informação estruturante do GEO_SINTRA (cartografia da Câmara georeferenciada no Sistema de Coordenadas Hayford-Gauss, Datum73) e a dos trabalhos originários do CAD, depois de devidamente convertidos.

Na preparação desta informação procede-se à digitalização (*scanner*)/ conversão em imagens e georreferenciação (em CAD) dos mapas com traçado das tubagens, do traçado dos colectores e representação das câmaras de visita e de outros órgãos acessórios principais do sistema de drenagem pluvial, bem como à vectorização e tratamento da informação geométrica em CAD.



5.2.2.2. Definição das práticas e dos procedimentos de informatização do cadastro das redes de drenagem de águas pluviais

Esta actividade reveste-se de crucial importância para o desenvolvimento das actividades subsequentes do trabalho. Nela são definidos os grandes princípios, o tipo e o volume de informação a serem contemplados no sistema de informatização do Cadastro.

Nesta actividade incluem-se as tarefas que a seguir se enunciam:

- definição das metas, a curto, médio e longo prazo a atingir com o sistema de cadastro informatizado;
- estabelecimento do nível de informação que deve ser contemplado na base de dados (gráfica e alfanumérica);
- definição das práticas de informatização do cadastro, nomeadamente quanto à forma de organização da informação, como por exemplo as tabelas que constituirão a base de dados alfanumérica, os níveis ou camadas segundo as quais se agruparão as entidades da base de dados gráfica e a representação simbólica dos diferentes órgãos e elementos do sistema de drenagem pluvial;
- escolha dos procedimentos de informatização do cadastro, como sejam a padronização de tarefas de rotina e o estabelecimento dos procedimentos de controle do trabalho produzido;
- estabelecimento das prioridades das áreas a abranger pelo cadastro informatizado e planeamento da sua implementação, nomeadamente quanto aos prazos intercalares a cumprir;
- configuração do sistema Arcview em função das conclusões retiradas decorrentes da execução das tarefas anteriores;



5.2.2.3. Inventariação, recolha e sistematização dos elementos de base e preparação dos dados para codificação digital do cadastro das redes de drenagem de águas pluviais

A inventariação, recolha e sistematização dos elementos de base, os quais reúnem toda a informação necessária ao carregamento das bases de dados serão realizadas pelos técnicos da Divisão de Projectos do Departamento de Obras Municipais da Câmara Municipal de Sintra. Estes técnicos estarão afectos ao desenvolvimento do sistema de cadastro informatizado.

No que se refere à informatização do cadastro do sistema de drenagem pluvial, os elementos a recolher referem-se à caracterização de colectores; câmaras de visita; outros órgãos acessórios principais, informação geográfica disponível em formato digital dos processos de loteamento, obras de urbanização e obras de requalificação urbana, com redes de drenagem de águas pluviais e realização de trabalhos de campo para o esclarecimento de dúvidas que subsistam e/ou completem a informação sobre o cadastro que não tenha sido possível obter durante o desenvolvimento da tarefa a que se refere as alíneas anteriores.

As tarefas acabadas de descrever, englobam as grandes linhas do trabalho a desenvolver. Finalizando com a produção de cartas de cadastro e a respectiva informação alfanumérica disponível.

Relativamente a esta preparação do Cadastro, importa salientar alguns aspectos fundamentais, devendo ter-se em atenção:

- a localização precisa dos colectores e câmaras de visita, no que se refere ao seu posicionamento em relação aos passeios e faixas de rodagem dos arruamentos;
- a rectificação e/ou actualização do traçado da rede, atendendo às alterações entretanto verificadas;
- a numeração das caixas de visita, de modo a permitir a associação da ficha de características/representação na carta de cadastro, e a indicação das características (atributos) com representação na



componente gráfica da base de dados (cota do terreno e a cota da soleira);

- o assinalar de dúvidas de interpretação para posterior esclarecimento junto dos técnicos da Câmara Municipal de Sintra ou através da realização de trabalhos de campo;
- completagem e/ou correcção, a que se refere a alínea anterior, deve ser feita primordialmente com base em elementos disponíveis nos arquivos da Câmara Municipal de Sintra (croquis, loteamentos, etc.) e outros obtidos através dos técnicos e encarregados responsáveis pela operação e manutenção do sistema.

5.2.2.4. Codificação digital do cadastro no sistema ArcView e controle de qualidade

Esta actividade, que se destina a executar, através do respectivo módulo do ArcView 3.2a, o carregamento digital do cadastro (componentes gráfica e alfanumérica), compreende o seguinte conjunto de tarefas:

- Conversão dos mapas vectorizados com traçado das tubagens, do traçado dos colectores e representação das câmaras de visita e de outros órgãos acessórios principais do sistema de drenagem pluvial;
- Codificação alfanumérica dos colectores e câmaras de visita;
- Controle de qualidade/edição do traçado dos colectores e câmaras de visita;
- Realização de saídas gráficas (componente gráfica do sistema de cadastro informatizado), do traçado das tubagens, do traçado dos colectores e das câmaras de visita sobre a cartografia digital de referência geográfica que serviu de base à preparação manual das cartas de cadastro;

- impressão de relatórios sobre tubagens, colectores e câmaras de visita (tabelas de atributos).

Para se efectuar o registo/codificação alfanumérico dos temas union_caixas e union_colectores da estrutura de informação do sistema a desenvolver, inicia-se o pedido de indicação do ponto de inserção, podendo a indicação ser condicionada por questões de associatividade previamente definidas, como seja a condição de o ponto de inserção se situar sobre um troço de colector ou de uma caixa de visita (Figura 13).

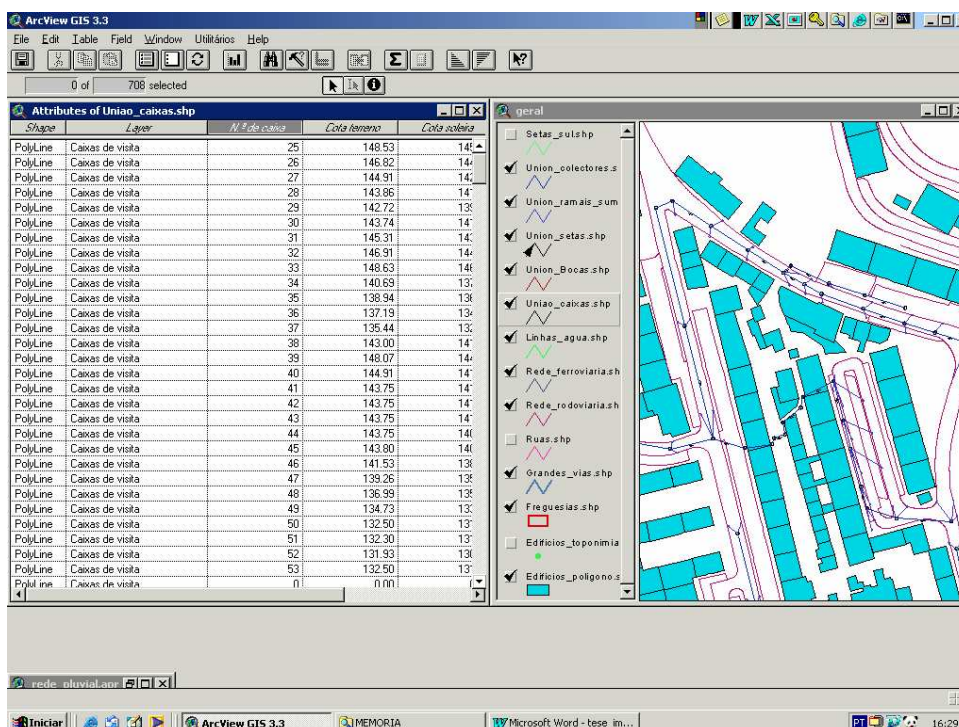


Figura 13 - Registo alfanumérico/atributo – Caixas de visita.

Uma vez indicado e aceite o ponto de inserção, a função apresenta o menu de atributos, interface de escrita do respectivo registo alfanumérico (ver Tabela 3 e 4), de cuja aceitação decorre a definição e consequente marcação do símbolo, seguida da colocação do atributo gráfico, normalmente opcional, indicando o código unívoco de identificação do órgão.



Tabela 3 - Registo alfanumérico/atributo das caixas de visita.

FID	Shape	Layer	N.º de Caixa	Cota terreno	Cota soleira	Freguesia
(...)		(...)	(...)	(...)	(...)	(...)

Tabela 4 - Registo alfanumérico/atributo dos colectores

FID	Shape	Layer	Diâmetro	Comprimento	Inclinação	Velocidade	Caudal	Freguesia	Troço
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)

Para se proceder à realização dos registos atrás mencionados importa referir a metodologia utilizada para o cálculo dos caudais e da inclinação, de modo a satisfazer as condições de escoamento na totalidade dos troços.

Torna-se necessário fazer a descrição da zona, este projecto abrange uma área aproximada de 50 ha, tendo como característica topográfica do terreno a de originar grandes bacias de drenagem, em algumas zonas da área de intervenção. Os caudais de dimensionamento de cada troço dos colectores pluviais, serão obtidos pela seguinte fórmula:

$$C = \frac{Q}{I \times A}$$

Em que “Q” é o caudal (l/s), “C” o coeficiente de escoamento (adimensional), “I” a intensidade da precipitação (l/s/ha) e “A” a área da bacia (ha). O coeficiente de escoamento foi obtido com base no produto de três parcelas C_1 , C_2 e C_3 que variam em função da permeabilidade dos solos, do tipo e da inclinação do terreno:

$$C = C_1 \times C_2 \times C_3$$



Onde C_1 é o coeficiente volumétrico que exprime a relação entre as alturas ou volumes de chuva útil e total. O coeficiente volumétrico para áreas impermeáveis é de 0,95 para atender às perdas por humedecimento dos pavimentos e por evaporação. O coeficiente volumétrico das áreas (terrenos) livres é dado pela Tabela 5, sendo em função do tipo de terreno e da inclinação.

Tabela 5 - Coeficiente Volumétrico de Áreas Livres.

Tipo de terreno	Plano	Médio	Inclinado	Muito inclinado
	0-1%	1-1,5%	1,5-8%	> 8%
Arenoso	0,13	0,22	0,31	0,49
Semi-arenoso	0,22	0,31	0,40	0,58
Semi-compacto	0,31	0,40	0,49	0,70
Compacto	0,40	0,49	0,58	0,82

C_2 é o coeficiente de retenção ou de armazenamento e traduz o armazenamento em trânsito provocado pelo escoamento superficial. É igual a 0,65 para bacias naturais e igual a 1,00 para áreas impermeabilizadas. O C_3 é o coeficiente que traduz o atraso ou o desfasamento entre o fim da chuvada e o instante em que se regista o caudal de ponta. O efeito é mais acentuado em bacias naturais do que em bacias com elevado grau de canalização das linhas de água. Os valores recomendados são de 0,7 para áreas impermeabilizadas < 30%; 0,8 para áreas impermeabilizadas < 40%; 0,9 para áreas impermeabilizadas < 50% e 1,0 para áreas impermeabilizadas \geq 50%.

A intensidade média máxima de precipitação foi calculada a partir da seguinte expressão:

$$i = at^b$$

em que “i” é a intensidade média máxima de precipitação (mm/h); “t” a duração



da chuvada, idêntica ao tempo de concentração da bacia afluenta (min) e “a, b” as constantes que dependem do período de retorno e do tipo de região pluviométrica.

O valor da intensidade de precipitação foi calculado para um período de retorno de 10 anos e para uma região pluviométrica do tipo A. Assim, as constantes “a” e “b” utilizadas foram respectivamente de $a=290,68$ e $b=-0,549$.

O tempo de concentração, t_c , é a soma do tempo de percurso com o tempo inicial. O tempo de percurso, t_p , é a razão entre o comprimento do troço e a velocidade da água que percorre esse mesmo troço. O tempo inicial é o tempo que a gota de água hidráulica mais afastada demora a chegar à cabeceira do troço em estudo, que varia com as características da zona, nomeadamente com a inclinação do terreno e a sua permeabilidade. O tempo de entrada foi calculado com base na Tabela 6.

Tabela 6 - Tempos Iniciais em Áreas Urbanas.

Áreas das bacias	Médias e planas < 1,5%	Inclinadas 1,5 a 8%	Muito inclinadas > 8%
Impermeáveis $\geq 50\%$	10	7,5	5
Impermeáveis $< 50\%$	15	10	5

Os caudais de dimensionamento dos colectores pluviais são calculados troço a troço, apresentando-se em anexo os resultados obtidos. O dimensionamento dos colectores pluviais basearam-se no disposto na regulamentação em vigor, que se apresentam na Tabela 7. Os resultados obtidos no dimensionamento apresentam-se em anexo.

Tabela 7 - Critérios Adoptados no Dimensionamento Hidráulico dos Colectores.

	Colectores pluviais
Diâmetro mínimo	300 mm
Altura da lâmina líquida	$h \leq D$
Inclinação mínima	0,5%
Inclinação máxima	15%
Velocidade mínima	0,9 m/s
Velocidade máxima	5 m/s

No dimensionamento dos colectores aplicou-se a fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = K_s \times S \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

em que “Q” é o caudal escoado (m^3/s); “Ks” o coeficiente de Manning-Strickler (m/s); “S” a secção transversal (m^2); “R” o raio hidráulico (m) e “i” a inclinação do colector (m/m). O valor de Ks utilizado no dimensionamento foi de $75 m^{1/3}/s$ para os colectores pluviais em betão.

Os diâmetros e inclinações adoptados foram os necessários para assegurar os valores mínimos regulamentares, de forma a serem garantidas as condições hidráulicas de escoamento. Assim, os diâmetros dos colectores pluviais analisados estão compreendidos entre os 200 mm e os 1500 mm (este último valor corresponde a um colector existente).

Pela análise verificada aos resultados obtidos no dimensionamento, conclui-se que são satisfeitas as condições de escoamento na totalidade dos troços.

O controle de qualidade da componente geométrica, é efectuado em paralelo com a evolução da codificação digital, debruça-se sobre os seguintes aspectos detecção de incorrecções de colocação de tubagens e nós; identificação de



omissões e verificação de incorrecções de interpretação do cadastro em suporte de papel.

Feito o controle de qualidade do trabalho produzido, segue-se uma actividade de edição, que se destina a corrigir, no ficheiro da cartografia digital sobre o qual foi codificada a informação de cadastro, eventuais anomalias e/ou omissões detectadas.

5.2.2.5. Reprodução do cadastro em papel

Esta actividade corresponde ao culminar do trabalho desenvolvido e compreende a produção de uma colecção completa, na "plotter", das cartas de cadastro do sistema de drenagem pluvial e de um conjunto completo dos relatórios sobre colectores e câmaras de visita constituintes do sistema de drenagem pluvial.

A fase do projecto que está a ser desenvolvido consiste na aferição de todas as camadas que deram origem aos atributos alfanuméricos da tabela do projecto de ArcView. O objectivo final do processo é a obtenção um Tema com todas as redes de drenagem pluvial compiladas com uma única tabela associada para disponibilizar oficialmente em rede.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No trabalho de campo, detectaram-se algumas anomalias, como sejam, ligações mal executadas, de ramais e/ou colectores, o que conduz à criação de redes unitárias (drenam conjuntamente todos os tipos de água residual) e não separativas (recolhem e drenam apenas água pluvial e de uso municipal), apresentam um défice de capacidade de transporte, troços contra-inclinados que favorecem a ocorrência de assoreamentos e troços bastante inclinados, o que origina velocidades de escoamento superiores ao permitido pelo Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.



Este Sistema permite editar (registar e/ou alterar), gerir e consultar a informação do cadastro da rede de drenagem de águas pluviais, tornando eficaz a assistência técnica e a manutenção da Rede de Drenagem. A incorporação do cadastro nesse sistema vai permitir a análise de diversos problemas que poderão ocorrer na rede, de modo a identificar mais facilmente os troços problemáticos e assim encontrar a melhor solução

Através das funções de análise disponíveis no sistema podem ser determinadas as zonas de suspensão; a rede e pontos de descarga a montante de uma obstrução; a velocidade máxima e os pontos de descarga final.

5.3.1. Função de determinação de zonas de suspensão

A função de determinação de zonas de suspensão permitirá, perante a indicação de um ponto sobre o traçado de um colector, saber o caudal, a inclinação e o diâmetro do troço, saber qual a caixa a montante e a jusante e qual o arruamento (Figura 14).

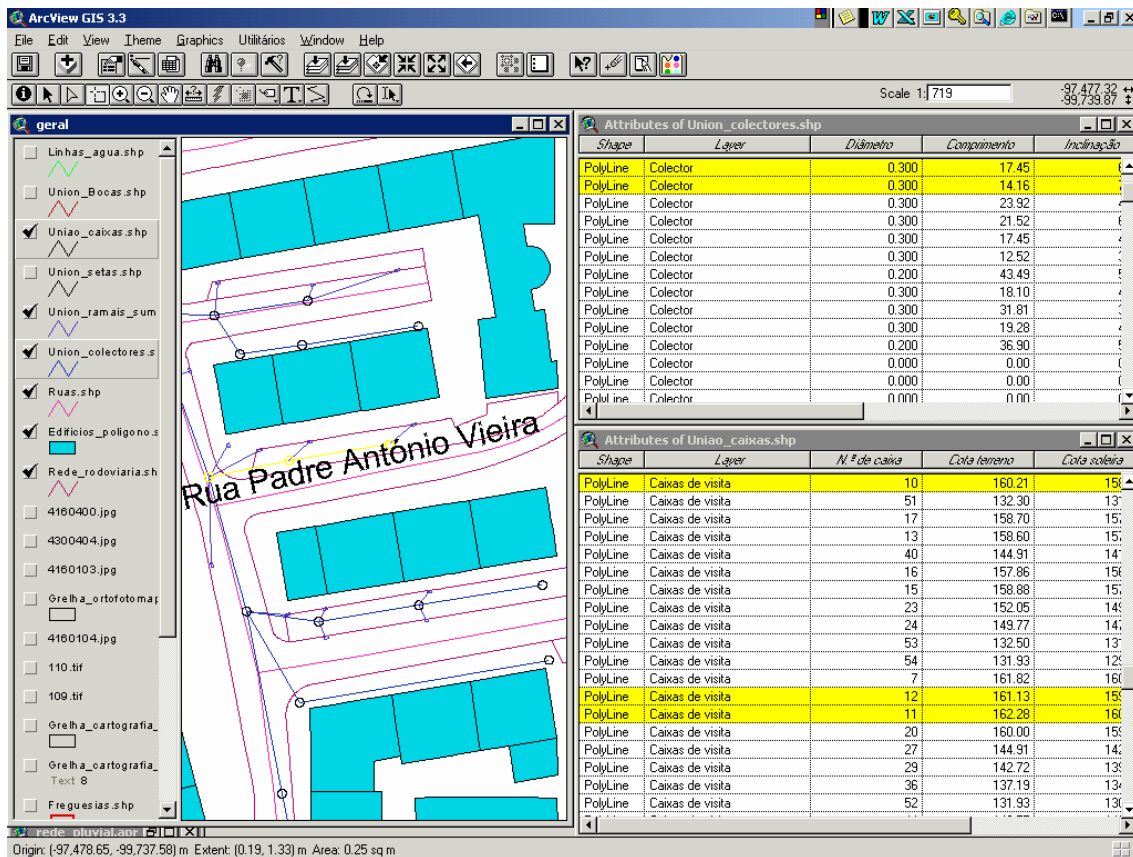


Figura 14 - Determinação de zonas de suspensão.

5.3.2. Função de determinação dos pontos de descarga a montante de uma obstrução

A função de determinação dos pontos de descarga a montante de uma obstrução permitirá, perante a indicação de um ponto sobre o traçado da rede de drenagem, a determinação das caixas de visita com descarregador situadas a montante do ponto de obstrução, com o intuito de derivar parte dos caudais afluentes e, desse modo, facilitar a necessária intervenção (Figura 15).

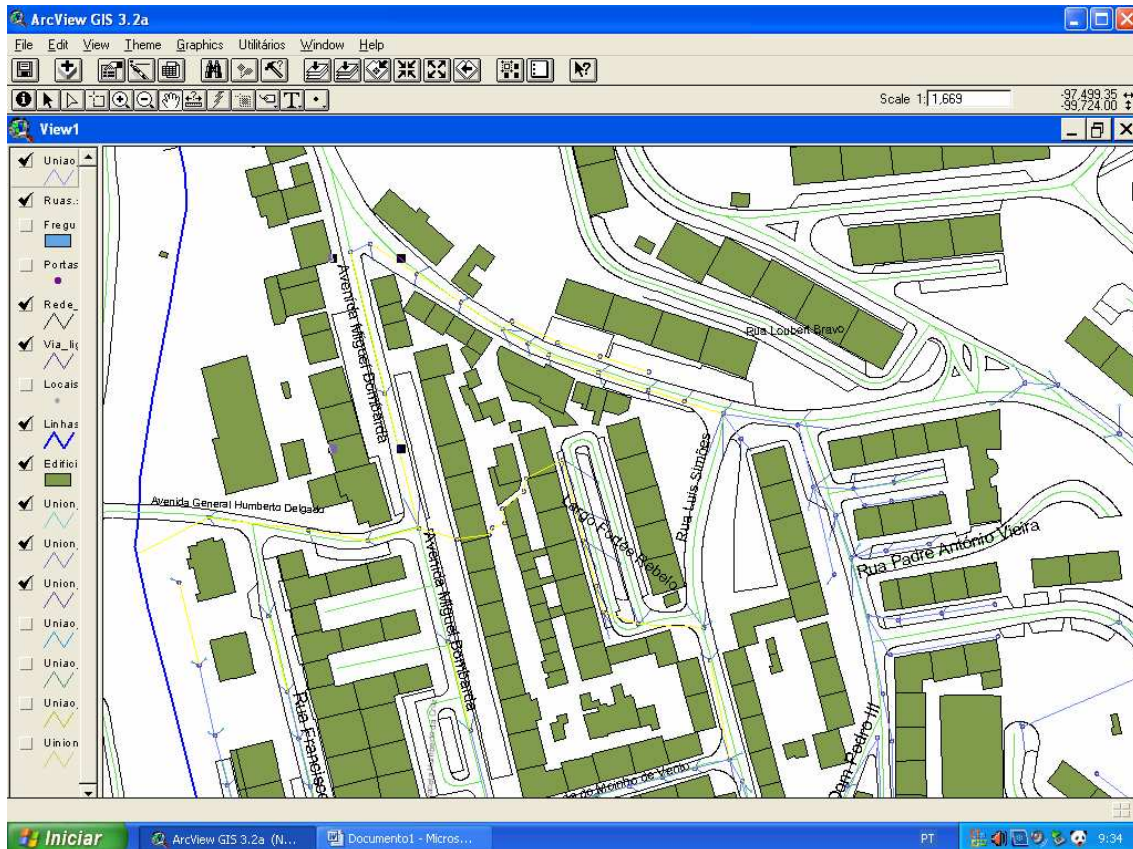


Figura 15 - Pontos de descarga a montante de uma obstrução.

5.3.3. Função de determinação de rede a montante

A função de determinação de rede a montante permitirá, perante a indicação de um ponto sobre o traçado da rede de drenagem, a identificação da rede que drena para o ponto indicado, incluindo a eventual determinação dos correspondentes ramais de ligação.

Com essa informação, torna-se possível, por exemplo, avaliar o comportamento da rede perante as evoluções urbanísticas previsíveis (Figura 16).

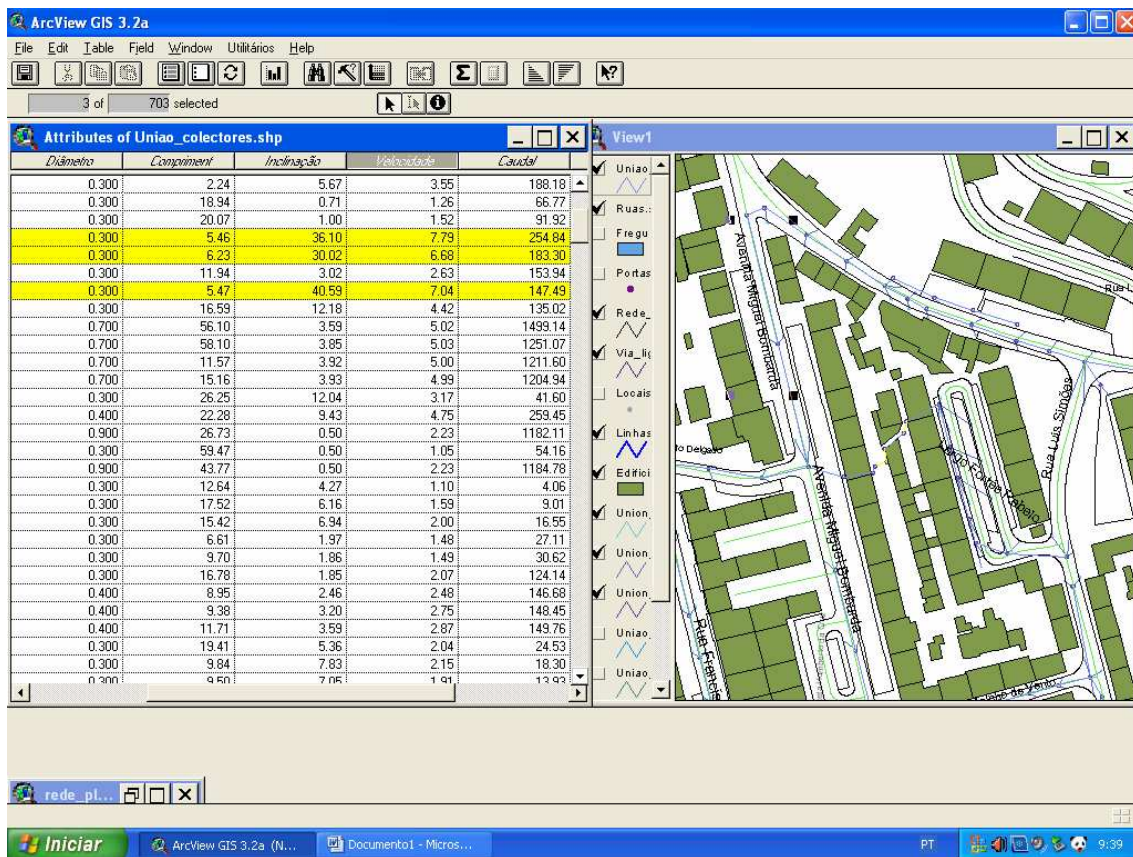


Figura 16 - Determinação da rede a montante.

5.3.4. Função de determinação da velocidade máxima

A função de determinação da velocidade máxima permitirá a identificação de velocidades de escoamento acima dos 5m/s na rede de drenagem. A identificação dessas velocidades indica que se deverá proceder ao cálculo do troço da rede, sendo apenas necessário aumentar o diâmetro dos colectores. Ao efectuar-se o levantamento das redes de drenagem de águas pluviais da freguesia de Queluz, verificou-se que algumas redes apresentam défice de capacidade de transporte, face às solicitações impostas pelos recentes caudais pluviais. Deste modo, verifica-se velocidades de escoamento bastante superiores ao permitido no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem Pluvial (velocidade mínima = 0.9m/s e a velocidade máxima = 5m/s), criando condições para a corrosão e deterioração dos materiais (colectores e caixas de visita). Podemos observar

na Figura 17 troços que apresentam uma velocidade de escoamento superior ao estipulado.

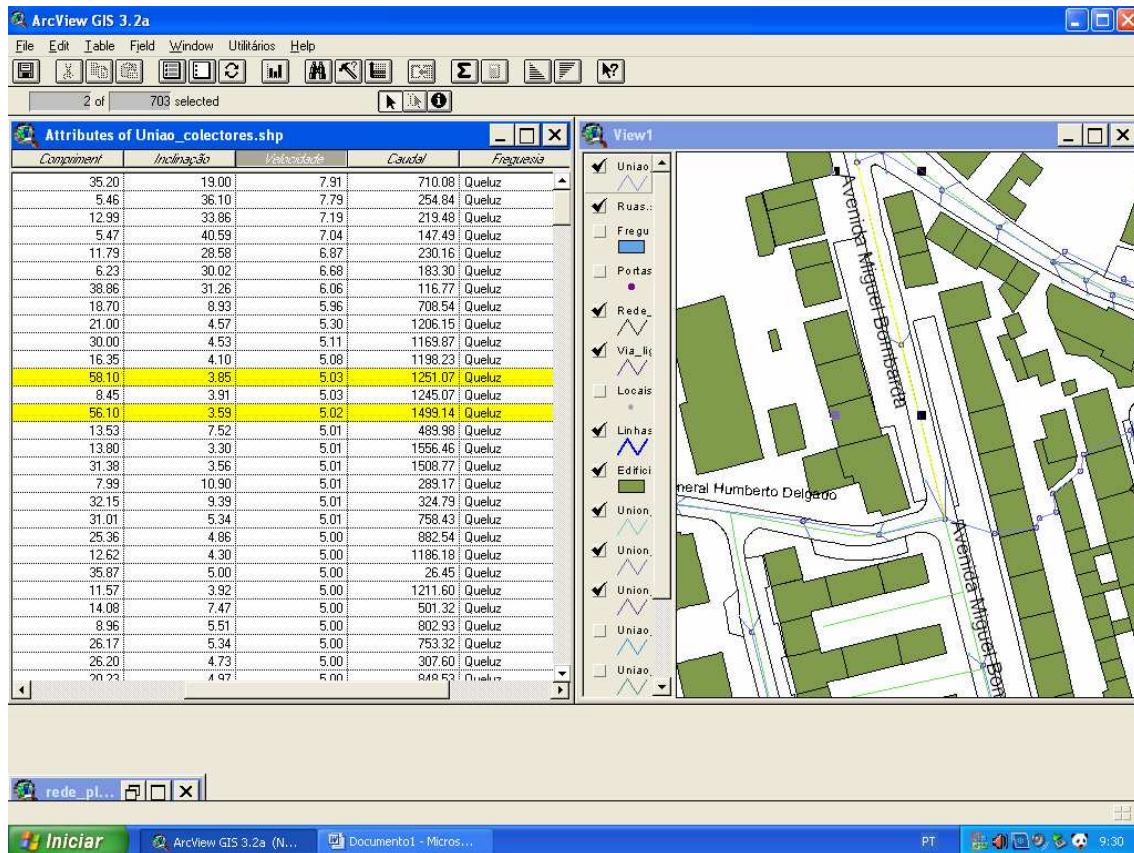


Figura 17 - Determinação da velocidade máxima.

Ao efectuar-se uma pesquisa à base de dados dos troços que apresentam uma velocidade superior a 5m/s, verificou-se que existiam 20 troços da rede (ver Figura 18) que não estavam de acordo com o estipulado por lei. Nestes casos foi necessário recalculiar algumas características da rede, nomeadamente os diâmetros dos colectores, para que esses troços passassem a estar em conformidade com a lei.

A possibilidade de agrupar numa base de dados, informação geográfica relativa à rede de drenagem de águas pluviais pode inclusivé efectuar avaliações e com maior facilidade identificar prioridades. Aliás, a informação geográfica produzida resultou da actividade diária de avaliação de loteamentos, obras de urbanização, requalificação urbana, levantamentos topográficos e projectos de vias de comunicação no seu enquadramento territorial.



Shape	Layer	Diâmetro	Compriment	Inclinação	Velocidade	Caudal	Freguesia	Troço
PolyLine	Colector	0.400	13.53	7.52	5.01	489.98	Queuz	82
PolyLine	Colector	0.400	32.15	9.39	5.01	324.79	Queuz	71
PolyLine	Colector	0.700	16.35	4.10	5.08	1198.23	Queuz	23
PolyLine	Colector	0.700	31.38	3.56	5.01	1508.77	Queuz	56
PolyLine	Colector	0.700	21.00	4.57	5.30	1206.15	Queuz	26
PolyLine	Colector	0.300	5.46	36.10	7.79	254.84	Queuz	49
PolyLine	Colector	0.300	6.23	30.02	6.68	183.30	Queuz	49
PolyLine	Colector	0.300	5.47	40.59	7.04	147.49	Queuz	46
PolyLine	Colector	0.700	56.10	3.59	5.02	1499.14	Queuz	38
PolyLine	Colector	0.700	58.10	3.85	5.03	1251.07	Queuz	37
PolyLine	Colector	0.700	8.45	3.91	5.03	1245.07	Queuz	36
PolyLine	Colector	0.600	30.00	4.53	5.11	1169.87	Queuz	21
PolyLine	Colector	0.300	7.99	10.90	5.01	289.17	Queuz	134
PolyLine	Colector	0.400	11.79	28.58	6.87	230.16	Queuz	197
PolyLine	Colector	0.400	12.99	33.86	7.19	219.48	Queuz	200
PolyLine	Colector	0.200	38.86	31.26	6.06	116.77	Queuz	207
PolyLine	Colector	0.600	31.01	5.34	5.01	758.43	Queuz	224
PolyLine	Colector	0.500	18.70	8.93	5.96	708.54	Queuz	298
PolyLine	Colector	0.500	35.20	19.00	7.91	710.08	Queuz	297
PolyLine	Colector	0.900	13.80	3.30	5.01	1556.46	Queuz	655
PolyLine	Colector	0.600	12.62	4.30	5.00	1186.18	Queuz	424
PolyLine	Colector	0.500	8.96	5.51	5.00	802.93	Queuz	369
PolyLine	Colector	0.700	40.03	3.56	5.00	1507.90	Queuz	55
PolyLine	Colector	0.400	13.53	7.55	5.00	485.37	Queuz	81
PolyLine	Colector	0.400	13.53	7.49	5.00	497.15	Queuz	84
PolyLine	Colector	0.400	11.17	7.46	5.00	505.27	Queuz	86
PolyLine	Colector	0.400	11.17	7.44	5.00	508.30	Queuz	87
PolyLine	Colector	0.400	14.08	7.47	5.00	501.32	Queuz	85
PolyLine	Colector	0.600	25.36	4.86	5.00	882.54	Queuz	104
PolyLine	Colector	0.300	35.87	5.00	5.00	26.45	Queuz	89
PolyLine	Colector	0.700	21.00	3.93	5.00	1205.19	Queuz	25
PolyLine	Colector	0.700	20.00	3.90	5.00	1231.69	Queuz	33
PolyLine	Colector	0.700	11.57	3.92	5.00	1211.60	Queuz	28
PolyLine	Colector	0.600	40.66	5.03	5.00	831.77	Queuz	157
PolyLine	Colector	0.300	9.81	10.82	5.00	301.04	Queuz	137

Figura 18 - valores da pesquisa das velocidades superiores a 5 m/s

5.3.5. Função de determinação do ponto de descarga final – boca de saída

A função de determinação do ponto de descarga final permitirá, perante a indicação de um ponto sobre o traçado da rede de drenagem, a identificação do ponto de descarga final da correspondente bacia.

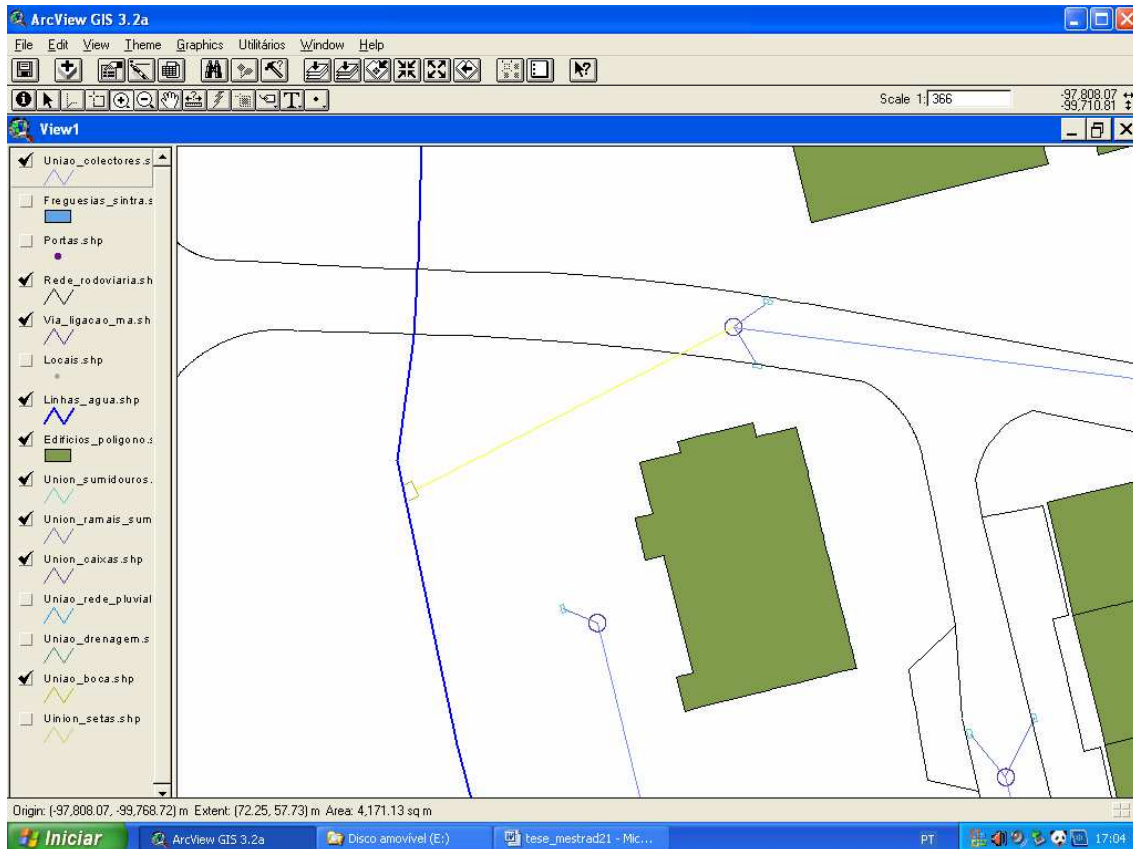


Figura 19 - Determinação do ponto de descarga final

5.3.6. Armazenamento

A aplicação está concebida para funcionar em ambiente servidor – Geo-Sintra, com a informação, gráfica e alfanumérica, a residir no servidor, de onde os vários postos trazem a informação, sempre quando requisitada pelos diversos utilizadores.

No entanto, num dado instante existem no SIG dois conjuntos de dados: os residentes no servidor (gráfico e alfanumérico) e os que se encontram em edição/alteração. Estes residem apenas nos postos, em unidades lógicas denominadas de áreas de trabalho ou transacções de longa duração.

As áreas de trabalho, em termos práticos, correspondem a directorias dos postos_SIG contendo ficheiros gráficos, onde se encontram registadas todas as alterações (gráficas e alfanuméricas) feitas aos dados nessa transacção.



Uma vez concluídas e validadas as alterações introduzidas numa determinada área de trabalho, o utilizador deve ter a hipótese de as aceitar, registando-as no servidor e tornando-as públicas para todos os utilizadores as poderem ver a partir daí, ou rejeitar, anulando o seu efeito na área de trabalho, não sendo necessário que as alterações e a consequente aceitação ou rejeição se produza numa mesma sessão de trabalho, dada a sua condição de transacção de longa duração.

No sentido de permitir a aceitação ou rejeição das alterações introduzidas numa determinada área de trabalho, a aplicação SIG incluirá as seguintes funcionalidades:

- **Aceitação (post):**

- por entidade (Função destinada a limitar a aceitação das alterações a uma entidade de cada vez, mantendo locais todas as restantes entidades alteradas);
- por área (Função destinada a limitar a aceitação das alterações às entidades situadas dentro de uma área delimitada por uma poligonal fechada (fence), mantendo locais as alterações produzidas fora);
- por área de trabalho (Função destinada a confirmar a aceitação de todas as alterações produzidas no áreas de trabalho activo).

- **Rejeição (discard):**

- por entidade (Função destinada a rejeitar, anulando, as alterações introduzidas numa determinada entidade, mantendo locais eventuais alterações produzidas sobre outras entidades);
- por área (Função destinada a rejeitar, anulando-as, as alterações introduzidas nas entidades situadas dentro de uma área delimitada por uma poligonal fechada (fence), mantendo locais eventuais as alterações produzidas fora);



- por área de trabalho (Função destinada a rejeitar, anulando-as, todas as alterações produzidas no áreas de trabalho activo, reassumindo a condição existente no servidor).

5.3.7. GESTÃO DE INFORMAÇÃO

Em termos de gestão de informação, a aplicação SIG inclui um conjunto funcionalidades de extrema importância do ponto de vista da segurança dos dados e da flexibilidade da sua utilização.

Assim, neste contexto, considera-se incluída a seguinte funcionalidade, armazenamento de áreas de trabalho no servidor, no sentido de flexibilizar o acesso aos trabalhos a partir de um qualquer posto_SIG da rede de utilizadores da aplicação, por intermédio do GIS.

De salientar que o recurso ao armazenamento das áreas de trabalhos no servidor é também recomendável do ponto de vista da segurança do dados, na medida em que os servidores normalmente possuem discos redundantes, unidades de alimentação ininterrupta, unidades de backup integral, etc., que garantem uma segurança acrescida.

5.3.8. CONSULTA

As funções de consulta serão expostas segundo três grandes agrupamentos, a saber:

- a **consultas espaciais**, solicitará a indicação da(s) entidade(s) a consultar, da(s) qual(is) fornecerá uma listagem com todos os seus parâmetros de caracterização alfanumérica. A partir dos parâmetros da entidade seleccionada e dos operadores booleanos habituais, >, <=, >=, <>, =, and, or, o utilizador poderá impor as condições de pesquisa que desejar.
- a **consultas globais**, solicitará a indicação da entidade a consultar, da qual fornecerá uma listagem com todos os seus parâmetros. A partir destes parâmetros e dos operadores booleanos habituais, >, <=, >=, <>,



= ,and, or, o utilizador poderá impor as condições de pesquisa que desejar;

- a **consultas multimédia**, solicitará a indicação da entidade ou do nó multimédia a consultar, do qual fornecerá uma listagem com todos os componentes multimédia que lhe estão associados. Por selecção do componente multimédia pretendido, a função abrirá uma vista, onde se visualizará a informação (texto, imagem, etc.) associada a esse componente.

A aplicação de SIG disporá de um conjunto de funções para tratar a informação destes ficheiros, designadamente: gerar zonas de influência, permitirá delimitar sobre o cadastro o lugar geométrico dos pontos a uma determinada distância, a ser indicada pelo operador, de cada uma das entidades existentes no ficheiro; visualizar as entidades uma a uma ou todas; ver características das entidades e produzir relatórios e estatísticas, que permitirão realizar relatórios e estatísticas sobre as entidades existentes no ficheiro.

De acordo com o referido nos pontos anteriores, o resultado destas pesquisas será dirigido, para um ficheiro no Posto_SIG ou em alguns casos nos GEOSINTRA. O operador poderá, ainda, se o desejar, gravar todas as características da pesquisa que definiu, para posterior reutilização.



6. CONCLUSÕES

Este capítulo engloba as conclusões retiradas neste período de tempo, bem como a contribuição deste projecto para a Autarquia e algumas sugestões para o trabalho futuro sobre o cadastro da rede de drenagem de águas pluviais.

6.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

A conclusão mais importante a reter é que os SIG's são uma mais valia para o planeamento e gestão do cadastro das redes de drenagem de águas pluviais. A integração, numa base de dados, de informação geográfica relativa à rede de drenagem de águas pluviais constitui uma mais valia para a gestão da rede existente e para o planeamento da rede projectada e consequentes implicações que o crescimento desta possa provocar.

O levantamento da rede de drenagem de águas pluviais da freguesia de Queluz, inexistente na Câmara Municipal de Sintra, permitiu a identificação de troços da rede que apresentavam um défice de capacidade de transporte, face às solicitações impostas pelos recentes caudais pluviais. A velocidade de escoamento, em alguns troços, é bastante superior ao permitido no regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem Pluvial (que estipula uma velocidade mínima igual a 0.9m/s e uma velocidade máxima igual a 5m/s), criando condições para a corrosão e deterioração dos materiais (colectores e caixas de visita).

O sistema de informação geográfica do cadastro da rede de drenagem de águas pluviais, desenvolvido com base no software ArcView 3.2a, ao permitir a identificação de troços problemáticos possibilita o recalcular das velocidades de escoamento alterando as características da rede, tais como o aumento do diâmetro dos colectores. Para além da determinação da velocidade máxima de escoamento, este sistema permite ainda a determinação de zonas de suspensão, da rede e pontos de descarga a montante de uma dada obstrução e de pontos de descarga final.



Na execução deste sistema uma das grandes dificuldades encontradas foi a lentidão da rede de base de dados que liga entre si os utilizadores, assim a administração deve também garantir o rápido acesso ao servidor central de dados, bem como a transferência dos mesmos entre os postos SIG.

A qualidade da informação desenvolvida depende dos objectivos para os quais foi elaborada, a qual integra as exactidões temática, temporal e posicional (rigor do levantamento dos dados em campo, e dos valores obtidos). Este sistema permite a obtenção de uma informação mais actualizada e mais completa sobre o cadastro da rede de drenagem de águas pluviais. A flexibilidade desta aplicação permite ao utilizador actualizar, visualizar e imprimir o conjunto de informação que lhe interessa num dado momento, facilitando assim, a interacção entre o município e os munícipes.

A actualização do cadastro da rede pluvial será facilitada pela existência de levantamentos topográficos, loteamentos, obras de urbanização, requalificação urbana e projectos de vias de comunicação fornecidos à Câmara em formato digital e georeferenciados, que serão posteriormente enviados para o respectivo posto SIG que procederá à actualização dos dados.

Para que a actualização constante do cadastro seja um sucesso deve-se garantir a troca de informação entre departamentos da Autarquia, devendo para isso haver um compromisso a nível da administração, de modo a institucionalizar a troca de informação entre os mesmos.

Deste modo, ao ter uma representação da rede pluvial do Concelho, deverá a Câmara garantir a sua constante e exacta actualização, rentabilizando o gasto económico, pessoal e temporal despendido. O processo de elaboração do tema de informação geográfico de uma rede de drenagem de águas pluviais é demasiado dispendioso e elaborado, para que se possa garantir o seu sucesso sem os meios e a dedicação necessária para a sua constante actualização.

Deste modo, considera-se que para uma elaboração cuidada de um Sistema de Informação Geográfica para a gestão e planeamento do território municipal



é necessário um modelo SIG adaptado, com objectivos complexos, que se baseiam na organização, na informação disponível e nos técnicos, para que assim se obtenha uma melhoria contínua.

Para que essa melhoria seja contínua é necessário um empenho tanto dos técnicos como da administração, para isso necessita-se da implementação de fluxos de trabalho, com métodos instituídos, continuamente reavaliada e actualizada, de forma a garantir a eficácia do SIG e do desempenho da Autarquia.

6.2. CONTRIBUIÇÕES DA TESE

O trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação pretende contribuir para o aumento da capacidade de resposta na prossecução do interesse público, na avaliação e identificação de prioridades. Em concreto, o sistema possibilita um conhecimento mais real do cadastro das redes de drenagem das águas pluviais e, conseqüentemente uma gestão adequada e eficaz do mesmo. O facto de a componente geográfica estar associada a um modelo de dados com características específicas e regulamentadas auxilia o técnico na sua tomada de decisão. O sistema permite ainda um melhor planeamento das redes de drenagem de águas pluviais do Concelho, trazendo satisfação a todos os níveis, economia à Autarquia, melhoria da qualidade de vida dos utentes, permitindo deste modo um desenvolvimento mais sustentável.

6.3. PERSPECTIVAS FUTURAS

Futuramente e depois de devidamente validado pelo GSIG, este trabalho será disponibilizado, no GEO_SINTRA, para que todos os técnicos da Câmara Municipal de Sintra lhe possam aceder e deste modo manterem os pareceres técnicos devidamente actualizados em termos de cadastro das redes de drenagem de águas pluviais.



O sistema, depois de validado pelo GIS, deverá ser disponibilizado, nas Autarquias (Câmara e Freguesias), no âmbito de uma ligação entre elas e os municípios de modo a permitir uma pesquisa local devidamente actualizada, permitirá com isto fundamentar mais rapidamente qualquer comunicação do município com as Autarquias (reclamações, consultas)

Finalmente e depois de se verificar que a comunicação entre Autarquias e os municípios é conseguida de modo optimizado, e sendo a internet um meio de comunicação cada vez mais utilizado, deverá este sistema ser disponibilizado, com aplicações próprias de modo a tornar uma consulta expedita, uma vez que esta constitui um meio de divulgação e comunicação entre as Autarquias e os utentes.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ariza, J. [2002]: "*Calidad en la Produccion cartográfica*", Ra-Ma, Espanha. ISBN 84-7897-524-1.

Brandão, C.; Rodrigues, R. e Costa, J.P. [2001]: "*Análise de fenómenos extremos.*" INAG, DSRH, Lisboa – Dezembro.

Carvalho, R. [1998]: "*Hidrologia e Recursos Hídricos – 1 – O Ciclo da Água*". Editorial Estúdios Cor, S.A.

Carvalho, S. L. [1989]: "*História de Sintra – As eras da vila no contexto do seu tempo*", Sintra Editora, Coleção: Oh Sintra.

Carvalho, S. L. [1992]: "*História de Sintra – As eras da vila no contexto do seu tempo*", Sintra Editora, Coleção: Oh Sintra.

Chow, V. T. [1964]: "*Handbook of Applied Hydrology*", McGraw-Hill Book Company.

Cordeiro, A. [2004]: Apontamentos das aulas de Fundamentos de SIG da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Estrela, E. e tal [2000]: "*As Ruas da Cidade de Queluz*". DAS Editores, Edições ASA, SA.

FEMA (Federal Emergency Management Agency) [1982]: "*Flood Insurance Study*". Hawaii County, USA.

Grabow, D. [2007]: "*Assessing Flood risk with GIS*". Land Bulletin of the National Consortium for Rural Geospatial Innovations. RGIS Great Plains. University of North Dakota

Grancho, N. J. R. [2003]: "*História dos SIG em Portugal*", Trabalho final da disciplina de Ciência & Sistemas de Informação Geográfica da Universidade Nova de Lisboa, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação.



Lencastre, A. e Franco, F. [1984]: “*Lições de hidrologia*”, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Ed. 4205, Março 1984.

Machado, J. P. [1991]: “*Vocabulário em Portugal de Origem Árabe*”, Editorial Notícias.

Maidment, D. R. [1993]: “*GIS and Hydrologic Modelling*”, Environmental Modelling with GIS, Ed. M. Goodchild, B. O. Parks, L.T. Steyaert, Oxford , University Press, New York.

Montoito, E. [2001]: “*Forais de Sintra*”, Núcleo de arquivo e documentação da Câmara Municipal de Sintra/DPHC/DCT. Câmara Municipal de Sintra.

Montoito, E.; Sousa, E. M.; Rocha, J. G.; Rodil, J.; Gonçalves, J. M.; Reis, L. E Caetano, M. T. [2001]: “*Cidade de Queluz – As raízes do futuro*”, Núcleo de arquivo e documentação da Câmara Municipal de Sintra/DPHC/DCT. Câmara Municipal de Sintra.

Moreira, E.; J. Marques; S. Coelho e A. Pina [2004]: “*Cadastro Informatizado*”, ESIG 2004 – VIII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica – USIG, Tagus Park.

Paulo, C. V. [1998]: “*Os Sistemas de Informação Geográfica e a modelação hidrológica na produção de cartografia das áreas de riscos de cheia*”. Tese de Mestrado, IST.

Paulo, C. V. [2001]: “*Desenvolvimento de um sistema de redes de infra-estruturas básicas num Sistema de Informação Geográfica*”, ESIG 2001.

Quintela, A. C. [1996]: “*Hidrologia e Recursos Hídricos*”, IST.

Ramos, C. M. [2005]: “*Drenagem em Infra-Estruturas de Transportes e Hidráulica de Pontes*”. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Edição 2005

Reis, E. J. M. [1996]: “*Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica na análise morfológica de bacias hidrográficas*”, Tese de Mestrado, IST.



Rego, F. C. C. [1996]: *Utilização de Sistemas de Informação Geográfica e da modelação hidrológica e hidráulica na definição de leitos de cheia*, Tese de Mestrado, IST.

Sousa, E. A. R. [1990]: “*Concepção de Sistemas de Drenagem. Água Residual Comunitária. Água Pluvial*” - Manual de Saneamento Básico.

Suart, N. e Stocks, C. [1993]: “*Hydrological Modelling within GIS: an Integrated Approach*”, *HydroGIS93: Application of Geographical Information Systems in Hydrology and Water Resources*. IAHS, Publ. n.º 211.

Sites na Internet:

<http://www.ine.pt>.

<http://www.inag.pt>.

<http://snirh.inag.pt>.

http://geoportal.no.sapo/meio_natural.htm#dinamica_de_uma_bacia_hidrografica

<http://www.jfqueluz.pt/>

<http://www.fema.gov>