

Afluências Indevidas em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais Domésticas

Relatório de estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil - Especialização em Construção Urbana

Autor:

José Alexandre Correia Martins

Orientador:

Prof. Doutor Joaquim José de Oliveira Sousa

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, junho, 2013

AGRADECIMENTOS

Este relatório de estágio é o culminar do meu percurso académico, dando-se assim por terminado um objetivo de enriquecimento profissional.

Na realização do mesmo contei com o apoio de várias personalidades, nomeadamente do Prof. Doutor Joaquim José de Oliveira Sousa, orientador de estágio, do Engenheiro José Santos Figueiredo, tutor de estágio na Câmara Municipal de Penacova e do Técnico Operacional Eduardo Miguel Pais da Cruz, aos quais devo os meus sinceros agradecimentos, devido à experiência de trabalho transmitida, compreensão, persistência e amizade, tendo estes colocado todos os meios à disposição para que este trabalho fosse o mais completo possível.

Agradeço aos meus pais, irmã e avó materna por todo o apoio, paciência e incentivo que demonstraram durante a minha formação académica e por me fazerem acreditar que com perseverança, trabalho e honestidade, conseguimos atingir os nossos objetivos/sonhos com sucesso.

É devido ainda um agradecimento por toda a amizade inquestionável ao longo do meu percurso académico a Joana Gonçalves, Pedro Salgueiro, Filipe Correia, Pedro Bernardino, Bruno Ferreira e André Fraga.

José Alexandre Correia Martins

Coimbra, junho, de 2013

RESUMO

As infiltrações com origem direta e indireta em eventos pluviométricos são os principais responsáveis por múltiplos problemas nos sistemas de drenagem, tais como, entrada da rede em carga, com possíveis extravasamentos para as ruas, falta de capacidade de tratamento nas devidas estações e aumento da poluição nos meios recetores.

Deste modo, pretendeu-se efetuar a caracterização e o controlo das afluições indevidas no sistema de drenagem de águas residuais da vila de Lorvão, recorrendo à construção de um Sistema de Informação Geográfica onde se armazenou toda a informação cadastral recolhida.

Desenvolveu-se, ainda, uma estratégia que permitiu aferir o desempenho deste sistema no que respeita aos caudais de infiltração, através da medição dos caudais afluentes à Estação de Tratamento de Águas Residuais, dos dados de distribuição de água, dos dados do reservatório abastecedor de água e da precipitação ocorrida.

Palavras-Chave:

Infiltrações, sistemas de drenagem, Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

The infiltration with direct and indirect origin in rainfall events are the main responsible for multiple problems in sewer systems, such as network overload, with possible overflows into the streets, lack of treatment capacity in the wastewater treatment plants and increased pollution in the receiving water bodies.

In this way, it was intended to characterize and control infiltration in the Lorvão sewer system, through the construction of a Geographic Information System which can store all the information collected.

A strategy to assess the performance of the system regarding infiltration was developed, by measuring the flow at the Wastewater Treatment Plant, the flow in the water distribution network, the flow in water supply tank and the rainfall.

Keywords:

Infiltration, sewer systems, Geographic Information System.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Motivação da escolha	1
1.3	Objetivos	2
1.4	Metodologia	2
1.5	Estrutura do relatório de estágio	3
CAPÍTULO 2	A temática das infiltrações em sistemas de drenagem de águas residuais	5
2.1	Os sistemas de drenagem de águas residuais	5
2.2	A componente infiltração	12
2.3	Caraterização dos caudais de infiltração	12
2.4	Impacto da infiltração no desempenho funcional dos sistemas de drenagem . . .	16
CAPÍTULO 3	SIG de suporte à identificação e registo de ligações indevidas e/ou infiltrações na rede de Lorvão	19
3.1	Sistema de Informação Geográfica	19
3.2	<i>ArcGIS</i>	20
3.3	Modelos de dados mais comuns em SIG	21
3.3.1	Modelo SIG utilizado	23
3.4	Topologia da rede geométrica	23
3.5	Estratégia de trabalho a desenvolver em SIG	23
3.6	Construção e edição de informação espacial	26
3.7	Construção do sistema desenvolvido para funcionar como rede geométrica (grafo)	29
3.8	Análises/aplicações do sistema desenvolvido (grafo)	31
3.9	Falhas/aspectos detetados durante o levantamento do cadastro	35
3.10	Representação do desenho digital da rede	51
CAPÍTULO 4	Análise do desempenho do sistema de drenagem de águas residuais da vila de Lorvão	55
4.1	Medição e registo da precipitação ocorrida	56

4.2	Medição e registo dos caudais afluentes à ETAR	57
4.3	Medição e registo dos dados do reservatório abastecedor de água	59
4.4	Edição dos dados de medição	62
4.5	Análise e tratamento dos dados de medição	63
CAPÍTULO 5 Conclusões		69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		71
ANEXO A		75
ANEXO B		87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Sistemas dos tipos separativo e unitário (Marques e Sousa, 2011)	5
Figura 2.2	Inserção dos ramais de ligação na rede pública por meio de forquilha simples (Sousa e Monteiro, 2013)	6
Figura 2.3	Relação entre o diâmetro do coletor e a altura máxima de escoamento (RGSPDADAR)	8
Figura 2.4	Exemplo de um perfil longitudinal de uma rede de coletores, focando a inclinação dos troços	8
Figura 2.5	Disposição transversal do coletor de águas residuais domésticas em relação ao coletor de águas pluviais (RGSPDADAR)	9
Figura 2.6	Tipos de cobertura de caixas de visita (Sousa, E., 2013)	11
Figura 2.7	Tipos de câmaras de visita, consoante as funções que desempenham (Sousa, E., 2013)	11
Figura 2.8	Infiltrações com origem direta e indireta na precipitação em sistemas separativos (York, 2012)	12
Figura 2.9	Efeito da subida do nível freático (Franz, 2007)	13
Figura 2.10	Etapas do aparecimento de roturas/fissuras nos coletores (Franz, 2007)	14
Figura 2.11	Ligações indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais que proporcionam a ocorrência de infiltrações com origem direta na precipitação (York, 2012)	15
Figura 2.12	Dimensão do problema dos caudais de infiltração (Amorim, 2007)	16
Figura 3.1	Aplicações do <i>ArcGIS</i> (Ribeiro, 2010)	20
Figura 3.2	Modelos SIG (GIS, 2013)	21
Figura 3.3	Tipos de <i>feature class</i> (Aronoff, 1989)	22
Figura 3.4	Topologia usada na rede geométrica	23
Figura 3.5	Estratégia desenvolvida em SIG	24
Figura 3.6	Estratégia desenvolvida em SIG (continuação)	25
Figura 3.7	Exemplo das <i>feature class</i> criadas recorrendo ao <i>ArcCatalog</i>	26
Figura 3.8	Utilização do <i>ArcMap</i> para importação das <i>feature class</i>	27
Figura 3.9	Comandos utilizados para o desenho digital em <i>ArcMap</i>	27
Figura 3.10	Representação do comando utilizado para a elaboração das várias tabelas de atributos	28

Figura 3.11	Definição do nome do campo e escolha do tipo de dados	28
Figura 3.12	Escolha da fonte a utilizar	30
Figura 3.13	Escolha da direção do escoamento	30
Figura 3.14	Aplicações do <i>Network Analyst (Find Path Upstream)</i>	32
Figura 3.15	Aplicações do <i>Network Analyst</i> , para simulação de uma rotura no coletor (<i>Trace Downstream</i>)	33
Figura 3.16	Aplicações do <i>Network Analyst</i> para simulação de rotura no sistema de dis- tribuição de água (<i>Trace Downstream</i>)	34
Figura 3.17	Procedimentos auxiliares efetuados durante o levantamento do cadastro	36
(a)	Detetor de metais utilizado	36
(b)	Marcação efetuada no pavimento	36
Figura 3.18	Legenda utilizada nas representações	38
Figura 3.19	Exemplos de ligações ilícitas de águas pluviais à rede doméstica	39
Figura 3.20	Ligação do sistema de drenagem de águas pluviais ao sistema de drenagem de águas residuais domésticas	40
Figura 3.21	Rede de drenagem que provém do Hospital Psiquiátrico de Lorvão, que atra- vessa a linha de água	43
Figura 3.22	Rede de coletores contíguos à ribeira	44
Figura 3.23	Coletores localizados abaixo da cota da ribeira	45
Figura 3.24	Câmaras de visita e caixas de ramal pavimentadas	46
Figura 3.25	Deteção de tampas partidas	47
Figura 3.26	Anomalia detetada (fossa séptica usada para fins impróprios)	48
Figura 3.27	Passagem da rede de coletores por terrenos agrícolas	49
Figura 3.28	Rede de drenagem de águas residuais domésticas	53
Figura 4.1	Componentes da água residual que afluí à ETAR	55
Figura 4.2	Representação do funcionamento do udómetro utilizado (Meteoelectronica, 2013)	56
Figura 4.3	Udómetro instalado para o registo da precipitação	57
Figura 4.4	ETAR de Lorvão	57
Figura 4.5	Elementos que constituem o caudalímetro que se encontra instalado na ETAR: a) elemento primário, b) elemento secundário	58
Figura 4.6	Elemento primário ou transdutor de caudal (Estevan, 2005)	58

Figura 4.7	Medição da altura de escoamento (h) em superfície livre (Almeida <i>et al.</i> , 2013)	59
Figura 4.8	Localização do reservatório de Lorvão	60
Figura 4.9	a) Elementos que permitem o registo e medição dos caudais no reservatório: b) <i>data logger</i> , c) contador de velocidade de eixo horizontal de calibre 60 mm	60
Figura 4.10	Esquema de funcionamento de uma hélice helicoidal (Colarejo, 2011)	61
Figura 4.11	Esquema de funcionamento de contador Woltmann, de eixo horizontal e vertical, respetivamente (Colarejo, 2011)	61
Figura 4.12	Fatores que provocam perdas de água numa rede de distribuição (Sousa, A., 2011)	62
Figura 4.13	Relação entre dados, 1.º período de estudo	64
Figura 4.14	Relação entre dados, 2.º período de estudo	65
Figura 4.15	Caudal médio de origem doméstica ($Q_{d.médio}$) vs. Caudal médio de infiltração ($Q_{i.médio}$), 1.º período de estudo	66
Figura 4.16	Caudal médio de infiltração direta ($Q_{i.médio.direta}$) vs. Caudal médio de infiltração indireta ($Q_{i.médio.indireta}$), 1.º período de estudo	66
Figura 4.17	Caudal médio de origem doméstica ($Q_{d.médio}$) vs. Caudal médio de infiltração ($Q_{i.médio}$), 2.º período de estudo	67
Figura 4.18	Caudal médio de infiltração direta ($Q_{i.médio.direta}$) vs. Caudal médio de infiltração indireta ($Q_{i.médio.indireta}$), 2.º período de estudo	67
Figura A.1	Exemplo de preenchimento de uma folha de levantamento [Câmara de visita]	77
Figura A.2	Exemplo de preenchimento de uma folha de levantamento [Caixa de ramal]	78
Figura A.3	Tabela de atributos em <i>ArcGIS</i> referentes ao objeto Fossa séptica	81
Figura A.4	Tabela de atributos em <i>ArcGIS</i> referentes ao objeto Caixa de ramal	82
Figura A.5	Tabela de atributos em <i>ArcGIS</i> referentes ao objeto Câmara de visita	83
Figura A.6	Tabela de atributos em <i>ArcGIS</i> referentes ao objeto Coletor público (coletor de águas residuais domésticas)	84
Figura A.7	Tabela de atributos em <i>ArcGIS</i> referentes ao objeto Ramal	85
Figura B.1	Gráfico dos caudais de origem doméstica (Q_d) vs. caudais de infiltração (Q_i), 1.º período de estudo	95
Figura B.2	Gráfico dos caudais de infiltração direta ($Q_{i.direta}$) vs. caudais de infiltração indireta ($Q_{i.indireta}$), 1.º período de estudo	96
Figura B.3	Gráfico dos caudais de origem doméstica (Q_d) vs. caudais de infiltração (Q_i), 2.º período de estudo	97

Figura B.4 Gráfico dos caudais de infiltração direta ($Q_{i.direta}$) vs. caudais de infiltração indireta ($Q_{i.indireta}$), 2.º período de estudo 98

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1	Tipos de infiltrações diretas	14
Quadro 3.1	Exemplo de uma aplicação de cada tipo de análise	31
Quadro 4.1	Resumo dos caudais estimados, 1.º período de estudo	66
Quadro 4.2	Resumo dos caudais estimados, 2.º período de estudo	67
Quadro B.1	Dados do 1.º período de estudo	89
Quadro B.2	Resultados do 1.º período de estudo	89
Quadro B.3	Dados do 2.º período de estudo	90
Quadro B.4	Continuação dos dados do 2.º período de estudo	91
Quadro B.5	Resultados do 2.º período de estudo	91

SIMBOLOGIA

B	intensidade do campo magnético
C_{água}	consumo de água
CMN	caudais mínimos noturnos
D	diâmetro do coletor
D_{água}	distribuição de água
D_{mín}	diâmetro nominal mínimo
E	tensão entre elétrodos
h	altura de escoamento
J_{máx}	inclinação máxima do coletor
J_{mín}	inclinação mínima do coletor
k	constante definida pelo fabricante do caudalímetro que o permite calibrar
L	comprimento
Q_a	caudais afluentes à ETAR
Q_d	caudais de origem doméstica
Q_{d,médio}	caudal médio de origem doméstica
Q_i	caudal de infiltração
Q_{i,direta}	caudal de infiltração direta
Q_{i,indireta}	caudal de infiltração indireta
Q_{i,médio}	caudal médio de infiltração
Q_{i,médio,direta}	caudal médio de infiltração direta
Q_{i,médio,indireta}	caudal médio de infiltração indireta
V	velocidade do fluxo condutor
V_{máx}	velocidade máxima de escoamento
V_{mín}	velocidade mínima
y_{máx}	altura máxima de escoamento
Δh	desnível

ACRÓNIMOS E SIGLAS

ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ID	Identificador
MAOTDR	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional
N.F.	Nível Freático
PEAASAR II	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2007-2013)
PVC	PoliCloroeto de Vinilo
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SIG	Sistema de Informação Geográfica

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

O município de Penacova, localizado no distrito de Coimbra, é uma região predominantemente rural, com uma vasta área geográfica que, à semelhança de outras regiões periféricas, padece de diversos problemas associados ao decréscimo e envelhecimento da população, apresentando uma densidade populacional bastante reduzida.

A Câmara Municipal é a entidade gestora dos sistemas “em baixa” de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais urbanas na área do município. Atualmente, a gestão dos sistemas “em alta” (captação/tratamento/transporte de água potável e transporte/tratamento de águas residuais) é da responsabilidade da empresa Águas do Mondego, S.A.

Estes serviços traduzem-se em encargos mensais consideráveis para a Câmara Municipal de Penacova. Para reduzir estes encargos é necessário aumentar a eficiência dos sistemas “em baixa”, nomeadamente através da redução das perdas nos sistemas de abastecimento de água e das afluições indevidas nos sistemas de drenagem de águas residuais urbanas.

Em 2010, a Câmara Municipal de Penacova iniciou várias ações de combate às perdas de água, o que acabou por se traduzir, já em 2011, em ganhos notórios ao nível da eficiência do sistema de abastecimento de água. Agora é chegado o momento de se refletir sobre formas de atuar no sentido de aumentar a eficiência no sistema de drenagem de águas residuais urbanas.

1.2 Motivação da escolha

Em 2007, o Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR) elaborou um documento, intitulado Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2007-2013) (PEAASAR II), onde fixou uma estratégia para o setor das águas, definindo objetivos e propondo medidas de gestão e de otimização do desempenho ambiental do setor.

Uma das metas a alcançar com o PEAASAR II é a minimização das ineficiências dos sistemas numa perspetiva de racionalização dos custos a suportar pelas populações, sendo definido como grande objetivo estratégico a “sustentabilidade do setor”.

O município de Penacova, em particular a vila de Lorvão, apresenta valores deficitários, abaixo dos necessários para atingir os objetivos estabelecidos no PEAASAR II, fruto de uma gestão menos cuidada dos sistemas “em baixa” de abastecimento de água e de drenagem das águas residuais urbanas.

No sistema de abastecimento de água já se iniciaram ações no âmbito do combate às perdas de água que têm resultado em ganhos de eficiência significativos, mas há ainda muito a fazer no âmbito do combate às afluições indevidas no sistema de drenagem de águas residuais.

Sensível a esta questão, a Câmara Municipal de Penacova pretende desenvolver esforços no sentido de quantificar o problema, analisar as suas principais causas e identificar as medidas mais adequadas para o combate às afluências indevidas nos sistemas de drenagem de águas residuais urbanas, contribuindo, de forma decisiva, para o aumento da eficiência dos serviços prestados.

Conclui-se, assim, que a temática apresentada, além da importância atual para o sector estratégico da água, tem particular interesse neste e noutros municípios de características idênticas. O aumento da eficiência na gestão dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais urbanas traduz-se, regra geral, na redução de custos e aumento de proveitos para as entidades gestoras.

1.3 Objetivos

O presente relatório de estágio teve como objetivos:

- Aumentar as competências do aluno no que se refere à capacidade de pesquisa, sistematização e organização de informação;
- Aprofundar os conhecimentos na área da hidráulica urbana;
- Quantificar as afluências indevidas nos sistemas de drenagem de águas residuais urbanas da zona em estudo;
- Analisar as causas das afluências indevidas;
- Efetuar trabalho de campo para controlo das afluências indevidas nos sistemas de drenagem de águas residuais urbanas.

1.4 Metodologia

Para o cumprimento dos objetivos acima apresentados foi necessário seguir uma determinada metodologia. A metodologia utilizada consistiu em:

- Efetuar uma caracterização preliminar dos sistemas de drenagem de águas residuais;
- Compreender a componente infiltração nos sistemas de drenagem de águas residuais;
- Conceber e implementar uma estratégia de combate às afluências indevidas nos sistemas de drenagem de águas residuais, que contemplou inspeção de infraestruturas e localização de ligações diretas e de pontos de infiltração;
- Construir um Sistema de Informação Geográfica que traduza o trabalho efetuado em campo;
- Quantificar os elementos que constituem os caudais afluentes à ETAR;
- Avaliar os resultados obtidos;
- Elaborar o relatório de estágio.

1.5 Estrutura do relatório de estágio

O presente relatório encontra-se dividido em 5 capítulos. No capítulo “**Introdução**” é exposto o seu enquadramento, as motivações que conduziram à sua realização, os objetivos e as metodologias utilizadas e, por último, é feita uma breve descrição do trabalho desenvolvido em cada capítulo.

No capítulo dois, “**A temática das infiltrações em sistemas de drenagem de águas residuais**”, é apresentada uma descrição sucinta do termo infiltração, da sua origem, dos fatores que a influenciam e no impacto que provoca nos sistemas de drenagem de águas residuais urbanas.

No capítulo três, “**SIG de suporte à identificação e registo de ligações indevidas e/ou infiltrações na rede de Lorvão**”, é apresentado o levantamento do cadastro do sistema de drenagem de águas residuais urbanas, recorrendo para isso à construção de um Sistema de Informação Geográfica da rede de Lorvão.

No capítulo quatro, “**Análise do desempenho do sistema de drenagem de águas residuais da vila de Lorvão**”, é efetuado o estudo dos caudais de infiltração, relacionando-os com os dados do reservatório abastecedor de água, com a precipitação ocorrida e com os caudais que afluem à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Lorvão.

Por último, no quinto capítulo, “**Conclusões**”, são mencionadas as principais conclusões do relatório, relativamente à metodologia aplicada.

Capítulo 2

A temática das infiltrações em sistemas de drenagem de águas residuais

Com o intuito de elaborar uma estratégia para quantificar as infiltrações, serão abordadas sucintamente as temáticas que caracterizam os sistemas onde estas ocorrem.

2.1 Os sistemas de drenagem de águas residuais

De acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), os sistemas de drenagem de águas residuais podem classificar-se em:

- ▷ Separativos, constituídos por duas redes de coletores distintos, uma destinada às águas residuais domésticas/industriais e outra à drenagem das águas pluviais ou similares;
- ▷ Unitários, formados por uma única rede de coletores onde são admitidas conjuntamente as águas residuais domésticas/industriais e pluviais;
- ▷ Mistos, resultantes da conjugação dos dois tipos anteriores, em que parte da rede de coletores funciona como sistema unitário e a restante como sistema separativo.
- ▷ Pseudo-separativos, que permite, em condições excepcionais, a ligação de águas pluviais aos coletores de águas residuais domésticas.

A figura 2.1 representa os tipos de sistemas mais comuns utilizados em Portugal.

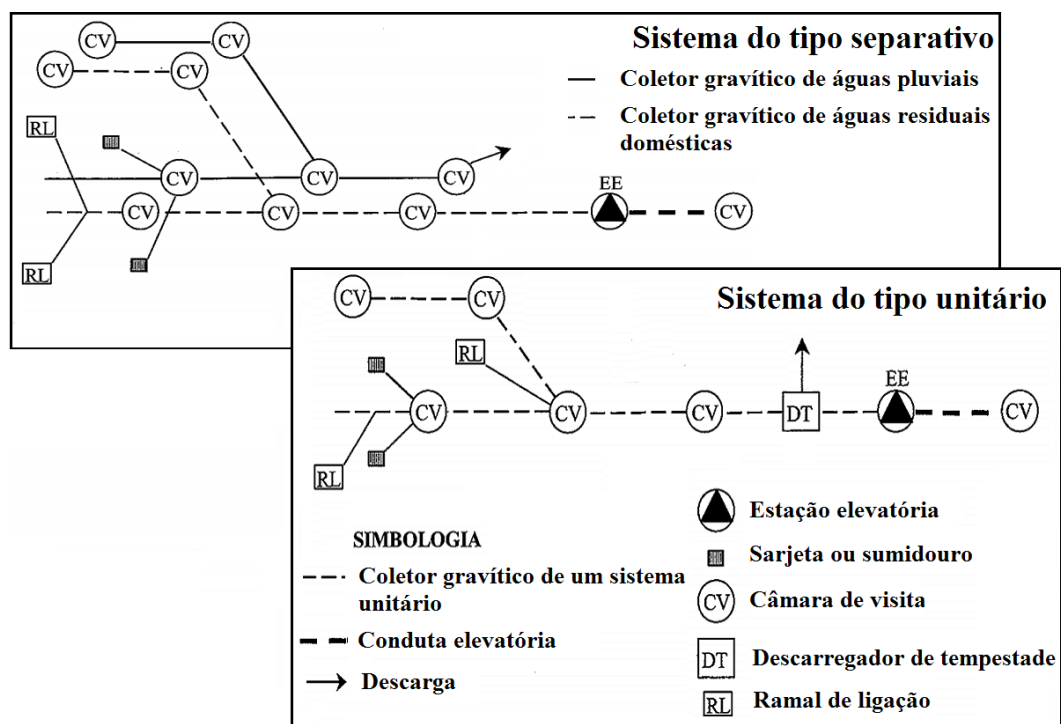


Figura 2.1: Sistemas dos tipos separativo e unitário (Marques e Sousa, 2011)

Ainda segundo o RGSPDADAR, os novos sistemas de drenagem de águas residuais deverão ser preferencialmente do tipo separativo, compreendendo:

- Sistemas de drenagem de águas pluviais, os quais são constituídos por dispositivos de entrada de águas superficiais pluviais (sarjetas de passeio ou sumidouros) e por uma rede de coletores. A rede de coletores é o conjunto de elementos que asseguram o transporte dos caudais pluviais afluentes, desde os dispositivos de entrada até ao destino final.

São consideradas águas pluviais as provenientes da rega de jardim, da lavagem de arruamentos, pátios, entre outros, caracterizando-se por conterem menores quantidades de matéria poluente em relação às águas residuais domésticas.

- Sistemas de drenagem de águas residuais domésticas, cujo objetivo é o transporte de águas residuais domésticas desde o ponto onde são produzidas até às respetivas estações de tratamento. Estes sistemas são fundamentalmente constituídos pelos ramais de ligação, coletores, interceptores, emissários e órgãos acessórios (câmaras de visita, câmaras de corrente de varrer, descarregadores de tempestade, sifões invertidos e instalações elevatórias).

- Ramais de ligação

Os ramais de ligação têm por finalidade assegurar a condução das águas residuais domésticas, desde as caixas de ramal até à rede pública por meio de forquilha simples (figura 2.2). Em alternativa ao uso da forquilha, estes ramais podem ser ligados diretamente às câmaras de visita.

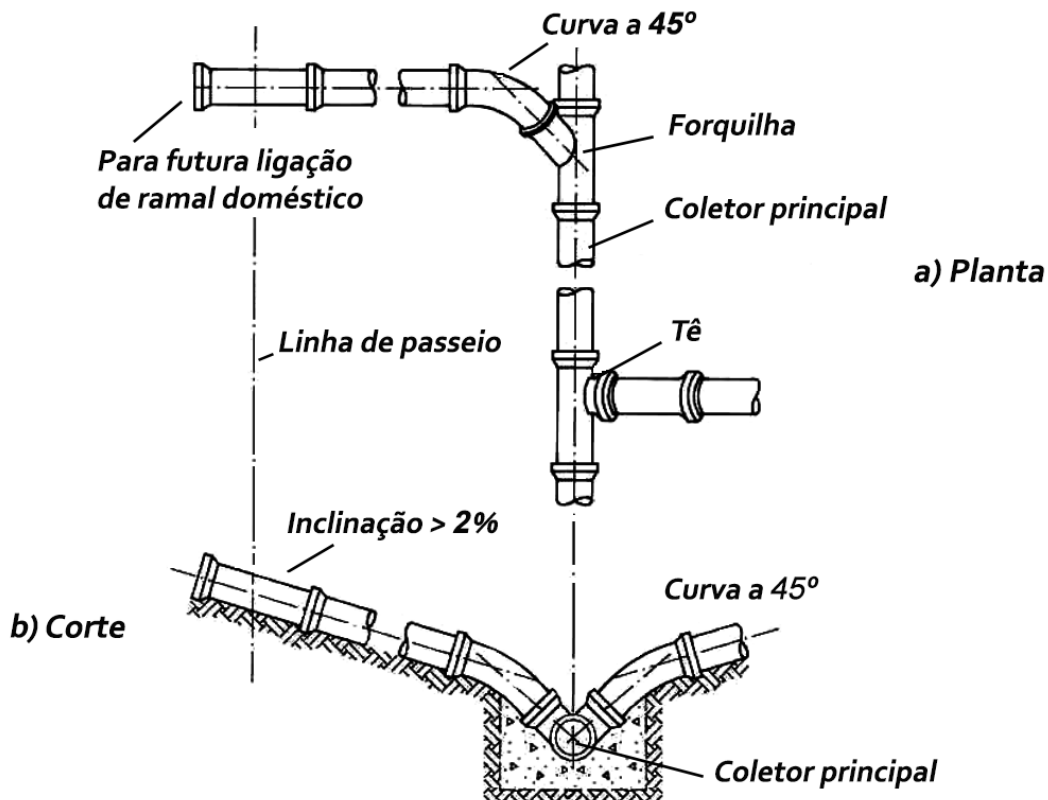


Figura 2.2: Inserção dos ramais de ligação na rede pública por meio de forquilha simples (Sousa e Monteiro, 2013)

- Coletores, interceptores e emissários

Uma vez que na rede de drenagem de Lorvão não foram localizados interceptores e emissários, optou-se por não aprofundar estas temáticas. Subentendem-se como emissários as tubagens que recebem contribuições de redes de coletores ao longo do seu traçado e interceptores como a bifurcação entre uma rede principal e uma rede secundária de coletores.

Dando especial ênfase aos coletores de águas residuais domésticas da vila de Lorvão, estes são maioritariamente constituídos em PVC com um diâmetro nominal mínimo ($D_{\text{mín}}$) de 200 mm. No entanto, em zonas mais antigas, existem coletores em grés cerâmico, sendo que o escoamento se processa com superfície livre.

O caudal dos coletores de drenagem de águas residuais domésticas é constituído pelos seguintes componentes:

- Caudais de águas residuais domésticas;
- Caudais de águas residuais industriais;
- Caudais de infiltração.

Estes coletores devem ser dimensionados tendo em consideração os critérios hidráulico-sanitários fixados para os sistemas públicos de drenagem de águas residuais.

Outros fatores preponderantes que podem ter influência no correto desempenho destes órgãos são a sua localização e traçado, os quais serão focados no seguimento deste capítulo.

▷ Crítérios de dimensionamento hidráulico-sanitários, segundo o RGSPDADAR

1. Deverão ser observadas as características dos caudais a escoar, os seus valores mínimos e máximos e as características dos sólidos a transportar.

2. Caudais característicos de dimensionamento:

a) de ponta no início de exploração da rede, para a verificação das condições de auto-limpeza;

b) de ponta no ano horizonte de projeto, para avaliar a capacidade máxima de escoamento.

3. Auto-limpeza: condições de escoamento para o caudal de ponta (início de exploração da rede), tais que os sólidos depositados nas horas mortas possam ser arrastados nas horas de ponta.

4. Diâmetro nominal mínimo:

$$D_{\text{mín}} = 200 \text{ mm}$$

5. Relação entre o diâmetro do coletor (D) com a altura máxima de escoamento ($y_{\text{máx}}$), como se pode verificar na figura 2.3:

a) para coletores separativos domésticos

$$D \leq 500 \text{ mm} \Rightarrow y_{\text{máx}} / D = 0,50$$

$$D > 500 \text{ mm} \Rightarrow y_{\text{máx}} / D = 0,75$$

b) para coletores pluviais

$$y_{\text{máx}} / D = 1$$

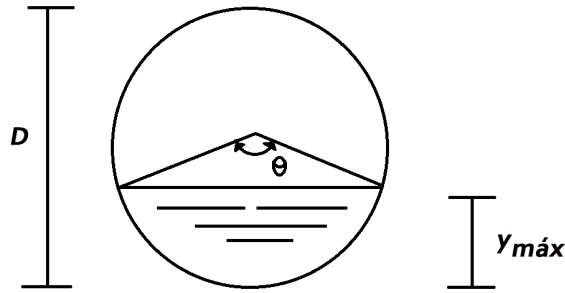


Figura 2.3: Relação entre o diâmetro do coletor e a altura máxima de escoamento (RGSPDDA-DAR)

6. Velocidade máxima de escoamento ($V_{\text{máx}}$):

$V_{\text{máx}} = 3 \text{ m/s}$ para coletores domésticos;

$V_{\text{máx}} = 5 \text{ m/s}$ para coletores unitários ou separativos.

7. Inclinações mínimas ($J_{\text{mín}}$) e máximas ($J_{\text{máx}}$) dos coletores:

$J_{\text{mín}} = 0,3 \%$ \Rightarrow admitem-se inclinações inferiores desde que seja garantido o nivelamento e o poder de transporte;

$J_{\text{máx}} = 15 \%$ \Rightarrow salvo dispositivos especiais de ancoragem do coletor.

A título de exemplo a figura 2.4 representa um perfil longitudinal de uma rede de coletores.

Câmaras de visita		1	2	3	4	5
Distâncias (m)	parciais	50.00	50.00	47.00	47.00	
Cotas (m)	de soleira	1.60	2.73	3.33	3.87	4.12
Inclinações %	do coletor	2.26	1.20	1.14	0.53	
Diâmetro do coletor		200 mm	200 mm	200 mm	200 mm	

Figura 2.4: Exemplo de um perfil longitudinal de uma rede de coletores, focando a inclinação dos troços

8. Critério de velocidade mínima (V_{\min}). Velocidade do escoamento para o caudal de ponta no início de exploração:

$V_{\min} = 0,6$ m/s para coletores separativos domésticos;

$V_{\min} = 0,9$ m/s para coletores unitários ou separativos pluviais.

▷ Localização e traçado dos coletores, segundo o RGSPDADAR

Quando no aglomerado populacional se prevê a existência um sistema do tipo separativo, a implantação relativa das duas redes (rede doméstica e rede pluvial) deve ser feita atendendo a um conjunto de critérios, dos quais se salientam, a título de exemplo, os seguintes:

“- Deve adotar-se a regra de implantar o coletor doméstico à direita do coletor pluvial, no sentido do escoamento, para minimizar os riscos de ligações indevidas de redes ou ramais;

- Em perfil longitudinal, a soleira do coletor pluvial deve ser localizada a uma cota superior à do extradorso do coletor de águas residuais domésticas;

- Em perfil transversal, devem ser fixadas distâncias mínimas, na horizontal e na vertical, entre os extradorsos dos coletores pluviais e de águas residuais domésticas (figura 2.5).”

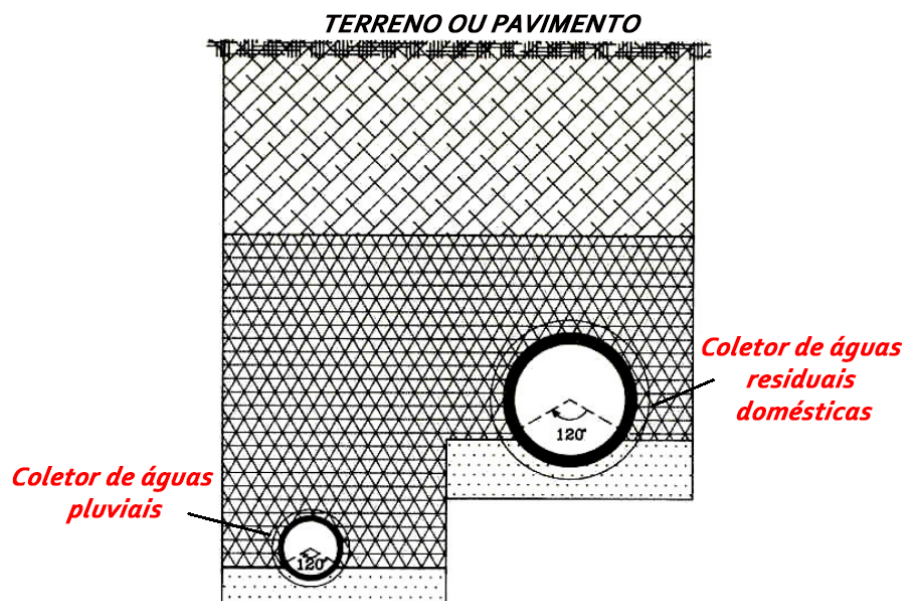


Figura 2.5: Disposição transversal do coletor de águas residuais domésticas em relação ao coletor de águas pluviais (RGSPDADAR)

- Decreto Regulamentar n.º 23/95 Artigo 137.º

“1 - A profundidade de assentamento dos coletores não deve ser inferior a 1 m, medida entre o seu extradorso e o pavimento.

2 - O valor referido no número anterior pode ser aumentado em função das exigências do trânsito, da inserção dos ramais de ligação ou da instalação de outras infraestruturas.

3 - Em condições excecionais, pode aceitar-se uma profundidade inferior à mínima desde que os coletores sejam convenientemente protegidos para resistir a eventuais sobrecargas.”

- Decreto Regulamentar n.º 23/95 Artigo 24.º

“3 - A implantação das condutas de distribuição de água deve ser feita num plano superior ao dos coletores de águas residuais e a uma distância não inferior a 1 m, de forma a garantir proteção eficaz contra uma possível contaminação. Se tal não for possível, devem ser adotadas proteções especiais.”

- Decreto Regulamentar n.º 23/95 Artigo 159.º

“2 - Nas alterações de diâmetro dos coletores deve haver sempre a concordância da geratriz superior interior dos coletores, de modo a assegurar a continuidade da veia líquida.”

- Órgãos acessórios (câmaras de visita, câmaras de corrente de varrer, descarregadores de tempestade, sifões invertidos e instalações elevatórias)

Na rede de Lorvão, ao não serem detetados descarregadores de tempestade, câmaras de corrente de varrer, sifões invertidos e instalações elevatórias (visto a rede de drenagem ser totalmente gravítica), entendeu-se que estes elementos fogem da temática principal de estudo, não sendo por isso abordados.

Referindo-nos especificamente às câmaras de visita, estas componentes têm como principal objetivo garantir um correto encaminhamento de fluídos de montante para jusante em locais onde ocorram, por exemplo, mudanças de diâmetro ou de direção dos coletores.

As câmaras de visita compreendem as seguintes componentes (RGSPDADAR):

- Soleira, formada em geral por uma laje de betão que serve de fundação às paredes;
- Corpo, formado pelas paredes em betão, com disposição em planta normalmente retangular ou circular;
- Cobertura, pode ser plana, tronco-cónica simétrica ou assimétrica, com uma geratriz vertical na continuação do corpo para facilitar o acesso de pessoas e/ou equipamentos ao seu interior (figura 2.6);
- Dispositivo de acesso, formado por degraus encastrados ou por escada fixa ou amovível, devendo esta última ser utilizada somente para profundidades iguais ou inferiores a 1,7 m;
- Dispositivo de fecho resistente, normalmente em ferro fundido.

De salientar que o corpo pode ser composto pela sobreposição de vários elementos, designados anéis, se forem circulares. As cabeças cónicas fazem a transição entre o corpo e a tampa, podendo esta ser metálica ou de betão, que fica à cota da rasante. Podem ainda existir peças de transição inseridas no corpo, quando se pretende alterar a secção deste.

Se a profundidade das câmaras de visita for igual ou inferior a 1,60 m, deve utilizar-se uma cobertura plana; acima deste valor, deve recorrer-se às coberturas tronco-cónicas. Por outro lado, quando localizadas em terrenos agrícolas, as câmaras devem ficar com o corpo saliente, de modo a permitir a sua fácil referenciação (SECIL, 2013).

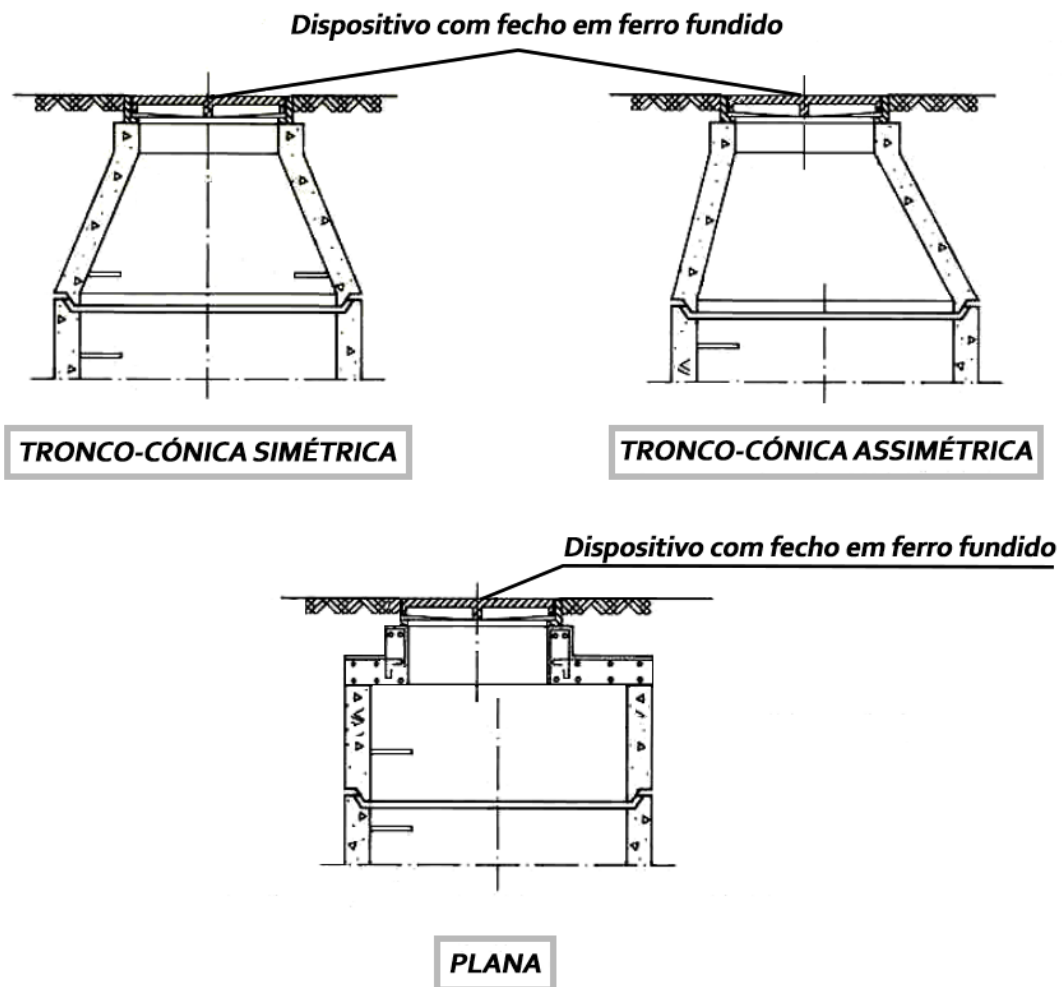


Figura 2.6: Tipos de cobertura de caixas de visita (Sousa, E., 2013)

Na figura que se segue, esquematizam-se os diferentes tipos de câmaras de visita de acordo com as suas funções.

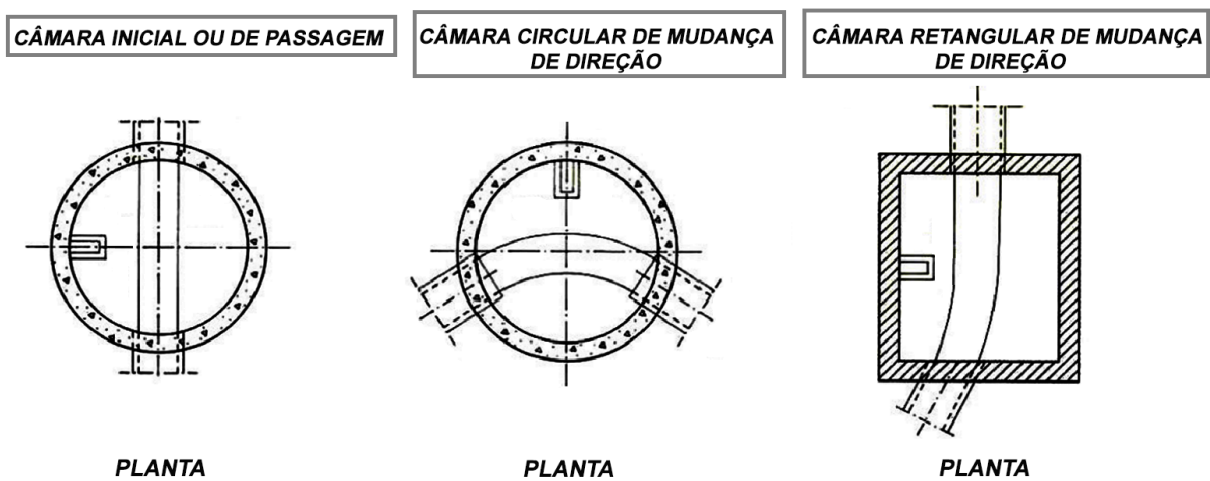


Figura 2.7: Tipos de câmaras de visita, consoante as funções que desempenham (Sousa, E., 2013)

2.2 A componente infiltração

A infiltração pode ser definida como toda a água limpa que aflui ao coletor de águas residuais domésticas, de forma legal ou ilegal. Este termo é utilizado para avaliar caudais que afluem aos sistemas de drenagem de águas residuais com origem direta e indireta na precipitação (figura 2.8) (Mortinho, 2011).

Uma vez que os caudais de infiltração influenciam negativamente o desempenho dos sistemas de drenagem, bem como o das estações de tratamento, urge a necessidade de caracterizar estes caudais, nomeadamente a sua origem e natureza, numa tentativa de minorar o seu aparecimento (Almeida e Monteiro, 2004).

2.3 Caracterização dos caudais de infiltração

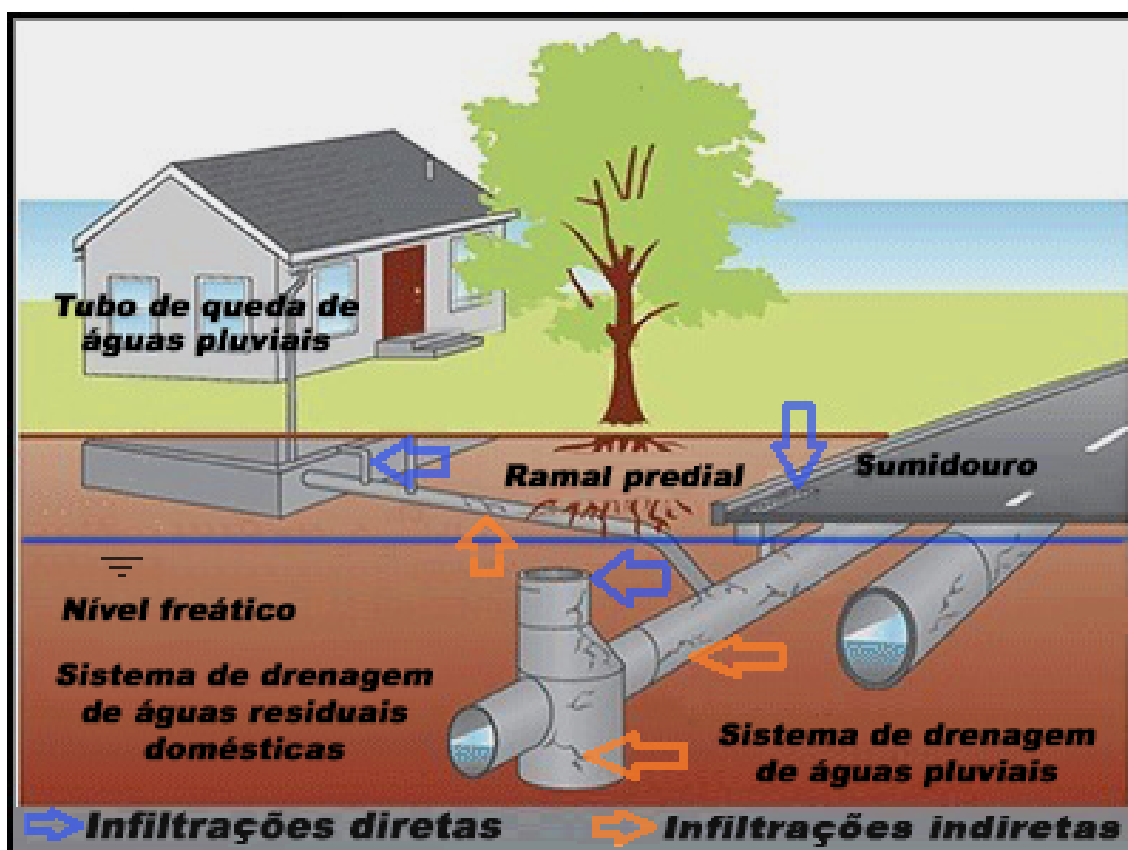


Figura 2.8: Infiltrações com origem direta e indireta na precipitação em sistemas separativos (York, 2012)

As infiltrações com origem indireta na precipitação caracterizam-se por serem pouco influenciadas por eventos pluviométricos isolados. Contudo, têm tendência a manterem-se relativamente persistentes ao longo do tempo, apresentando uma variação principalmente sazonal (Almeida e Monteiro, 2004).

A sua origem indireta é devida à posição do nível freático (N.F.), que sofre alterações significativas consoante a época do ano. Quanto maior o desnível entre o nível freático e uma fissura no coletor (Δh), maior será o caudal de infiltração que entra pela fissura (figura 2.9).

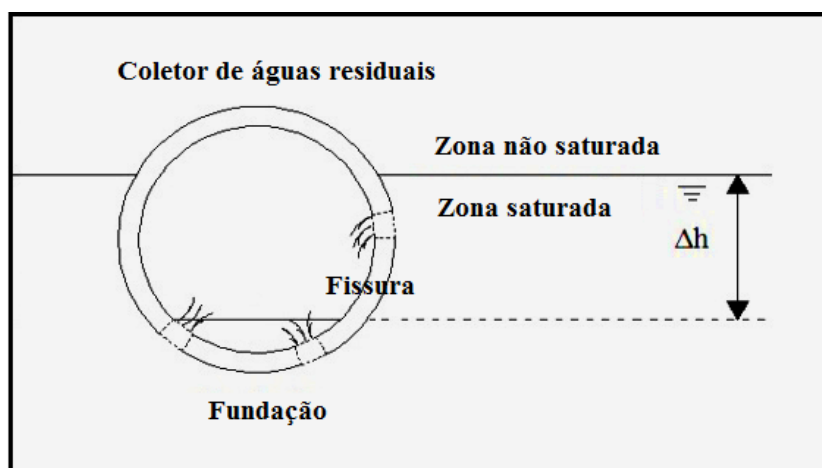


Figura 2.9: Efeito da subida do nível freático (Franz, 2007)

Este tipo de afluições à rede é devido, principalmente:

- À percolação de água de origem pluvial no solo e às infiltrações provenientes de fugas nas condutas de abastecimento de água, que provocam o arrastamento das partículas mais finas do solo. Estes fenómenos provocam o assentamento do coletor que pode originar a sua fissuração;
- Ao tipo de juntas e ao modo como são efetuadas as ligações entre os vários troços de tubagem, pois uma deficiente qualidade na execução da ligação poderá originar a ocorrência de infiltrações;
- Ao comprimento da rede, dos diâmetros dos coletores, do número de câmaras de visita e de ramais de ligação, que afetam fortemente a ocorrência de infiltrações, pois quanto maior a extensão da rede, maior é a probabilidade da sua ocorrência;
- À má qualidade dos materiais utilizados na reparação e substituição de tubagens;
- Aos ataques químicos, devido à presença de águas residuais agressivas e a fenómenos de seticidade (falta de oxigénio e libertação de certos gases), os quais podem corroer o material da tubagem originando fissuras;
- Ao tempo de vida útil do sistema de drenagem, pois facilmente se percebe que os sistemas de drenagem de águas residuais mais antigos apresentam maiores fragilidades em comparação com os mais recentes;
- À fraca resistência à compressão diametral das tubagens, que podem sofrer danos devido às sucessivas passagens de veículos pesados.

Uma vez que a generalidade das afluições indevidas acontece pelas roturas/fissuras nos coletores de drenagem de águas residuais domésticas, torna-se importante perceber a sua origem. Na figura 2.10 é apresentado um esquema sucinto das várias etapas do seu aparecimento.

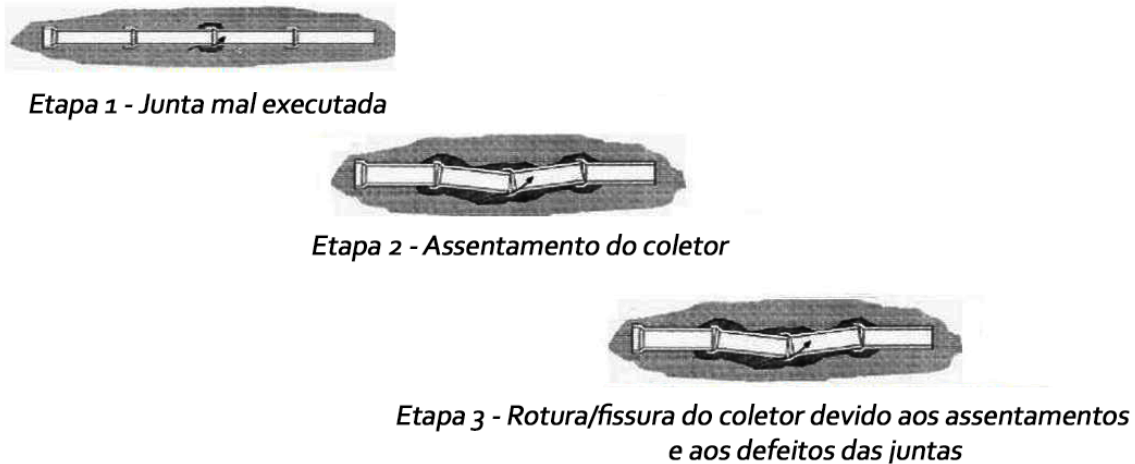


Figura 2.10: Etapas do aparecimento de roturas/fissuras nos coletores (Franz, 2007)

No que diz respeito às infiltrações com origem direta na precipitação, estas mantêm uma relação direta e imediata no tempo com a precipitação, ou seja, se não ocorrer nenhum evento pluviométrico não se manifestam, ao contrário das infiltrações com origem indireta. Estes caudais podem ser bastante frequentes, principalmente durante a ocorrência de longos períodos de precipitação, sendo os responsáveis pelos elevados caudais de ponta afluentes às Estações de Tratamento de Águas Residuais (Almeida e Monteiro, 2004).

Por sua vez, as infiltrações diretas nos coletores são menos complexas, comparativamente com as infiltrações com origem indireta, e ocorrem fundamentalmente devido aos seguintes fatores (Mortinho, 2011):

- Falta de estanquidade e deterioração das tampas das câmaras de visita;
- Existência de ligações de águas pluviais indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas, como se pode constatar na figura 2.11;
- Topografia do terreno. Se o terreno se apresentar em vale, a água concentra-se neste, conduzindo ao aparecimento de mais caudais de infiltração.

Almeida e Monteiro, 2004, consideram que os caudais de origem direta na precipitação podem diferenciar-se consoante o seu tipo, como se verifica no quadro 2.1.

Quadro 2.1: Tipos de infiltrações diretas

Origem	Tipos
Eventos pluviométricos	Escoamento direto Drenagem rápida

O escoamento direto varia em função da duração e intensidade dos eventos pluviométricos, isto é, quanto maior for a duração e intensidade da precipitação maior será o tempo de permanência destes caudais na rede de saneamento.

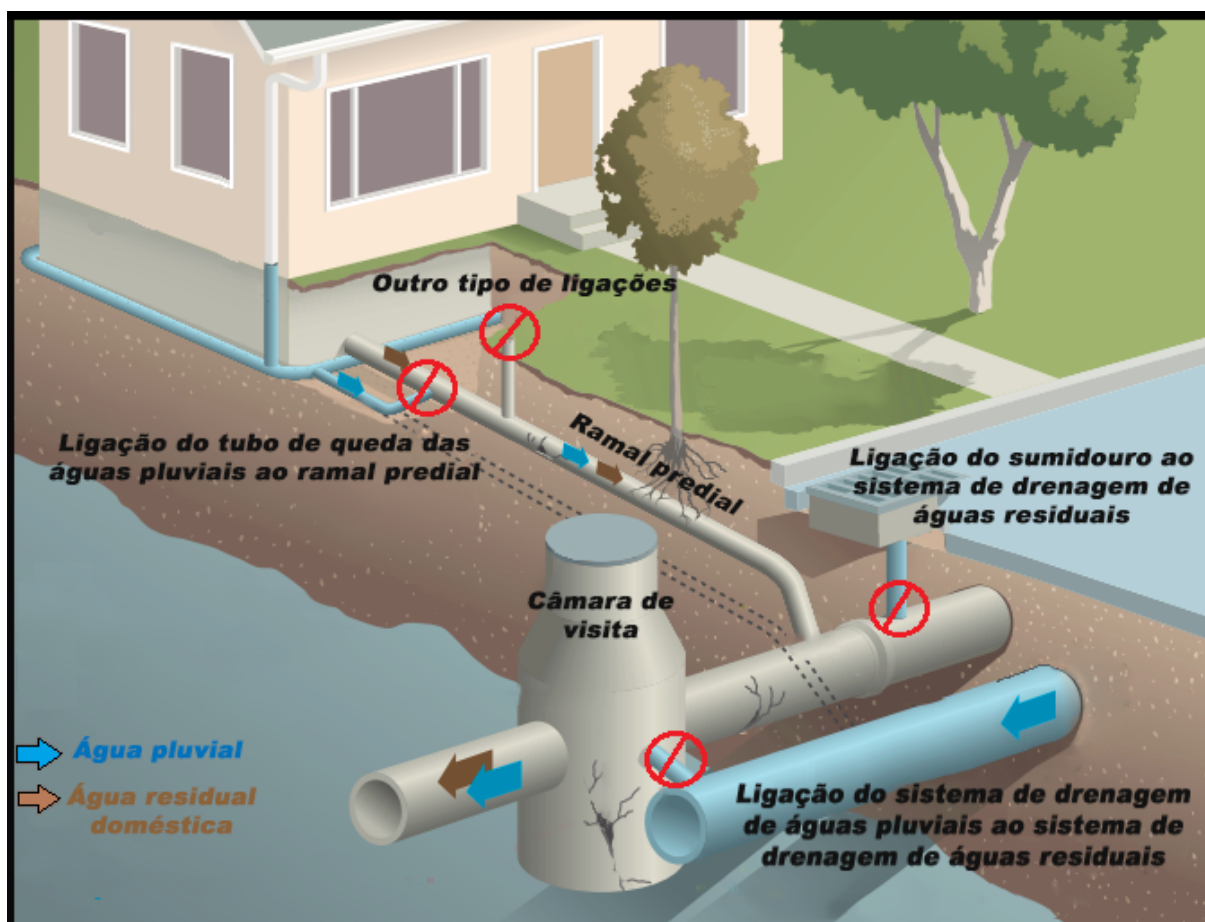


Figura 2.11: Ligações indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais que proporcionam a ocorrência de infiltrações com origem direta na precipitação (York, 2012)

Este tipo de caudal ocorre, geralmente, em pontos localizados da rede, nomeadamente nas ligações indevidas de ramais de descarga de águas pluviais aos coletores de águas residuais domésticas. São os caudais resultantes do escoamento direto que conduzem a caudais de ponta consideravelmente elevados nos coletores e estações de tratamento.

Por último, os caudais de drenagem rápida resultam da percolação da água através do solo, antes de esta se infiltrar nos lençóis freáticos, apresentando uma resposta rápida e direta à ocorrência de precipitação. O seu tempo de resposta pode ser de alguns minutos ou horas, razão pela qual este tipo de caudal se torna bastante expressivo aquando da existência de eventos pluviométricos mais prolongados.

Estes caudais atingem o coletor através das juntas ou fissuras existentes na rede ou mesmo através das câmaras de visita.

Em suma, pode-se então afirmar que o escoamento direto e a drenagem rápida têm uma contribuição elevada, mas temporária, nos caudais de infiltração em sistemas de drenagem em períodos de ocorrência de precipitação.

2.4 Impacto da infiltração no desempenho funcional dos sistemas de drenagem

Os caudais de infiltração nos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas constituem um problema multidimensional, com um elevado impacto nas várias vertentes da entidade gestora, assim como na sociedade em geral. Deste modo, é necessário reunir esforços no sentido de os reduzir para valores mínimos, visto serem praticamente impossíveis de eliminar, por forma a evitar o surgimento de grande parte dos seus problemas inerentes.

De uma forma geral, na figura 2.12 identificam-se os principais problemas provocados pelos caudais de infiltração nos sistemas de drenagem.



Figura 2.12: Dimensão do problema dos caudais de infiltração (Amorim, 2007)

Problemas socioeconómicos

A nível socioeconómico provoca um aumento dos custos para a entidade gestora tanto de operação, manutenção e, eventualmente, de investimento, quer em coletores, quer na ETAR, que se traduz num aumento dos custos de serviço para as populações.

Problemas ambientais e de saúde pública

A nível ambiental e de saúde pública acarreta problemas devido à redução da capacidade útil de transporte e tratamento, contribuindo para a ocorrência de maiores descargas (maior frequência, duração ou caudal descarregado), inundações e, conseqüentemente, poluição dos solos e meios hídricos.

Problemas técnicos

A nível técnico induz a diminuição da eficiência de tratamento na ETAR devido ao aumento do caudal e à entrada de sedimentos nos coletores, aumentando o fluxo de material sólido e danificando as infraestruturas e equipamentos.

Capítulo 3

SIG de suporte à identificação e registo de ligações indevidas e/ou infiltrações na rede de Lorvão

Relativamente às ligações indevidas e/ou infiltrações nos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas, o município de Penacova, e particularmente a vila de Lorvão, apresenta valores elevados. Assim, desenvolveram-se esforços no sentido de quantificar o problema, analisando as medidas mais adequadas para a deteção/controlo das mesmas. Esta ação permite ao município, não só aumentar a eficiência e proveito dos serviços prestados, mas também reduzir os custos.

Para tal, foi implementada uma estratégia no sentido de garantir as medidas de otimização, gestão e desempenho ambiental referidas no PEAASAR II, que propõe alcançar a minimização das ineficiências dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas. Esta contemplou:

- Inspeção e recolha de informação referente aos elementos que constituem a rede de drenagem de águas residuais;
- Recolha dos números de contadores de água a fim de identificar mais facilmente os detentores de falhas/ligações ilícitas;
- Verificação de ligações indevidas e/ou infiltrações;
- Averiguação da origem da água que aflui à ETAR.

De modo a assegurar uma correta implementação desta estratégia, realizou-se o levantamento em campo do cadastro da rede, chegando-se à conclusão de que a construção de um Sistema de Informação Geográfica seria a forma mais correta e eficaz de o representar. Neste sentido, os subcapítulos que se seguem pretendem explicar o tipo de estratégia implementada.

3.1 Sistema de Informação Geográfica

Um Sistema de Informação Geográfica caracteriza-se por integrar *hardware*, *software*, dados e capital humano, que permite a gestão e representação dos fenómenos que nele ocorrem.

Trata-se de um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) para informação geográfica, em que esta é representada sobre a forma de objetos. A cada objeto está associado um Identificador (ID), através do qual é possível fazer a ligação entre a componente geográfica e os atributos do mesmo.

Deste modo, assinalando um objeto pode-se saber o valor dos seus atributos e, por sua vez, selecionando um registo na tabela de atributos é possível saber a sua localização e apontá-lo no mapa.

Este sistema permite que diferentes níveis de informação (temas) possam ser associados de acordo com as necessidades de análise. Permite ainda integrar dados que foram recolhidos em diferentes tempos e escalas, usando diferentes métodos de recolha (ESRI, 2013).

3.2 ArcGIS

Para a construção do modelo SIG foi utilizada a aplicação *ArcGIS 10.1* existente na Câmara Municipal de Penacova.

O *ArcGIS* é um sistema de aplicações variadas, produzido pela *ESRI*, que se encontra organizado de forma compreensível e intuitiva para que se possa tirar o melhor partido de todas as suas potencialidades. Neste caso específico, foram usados os módulos funcionais indicados na figura 3.1.

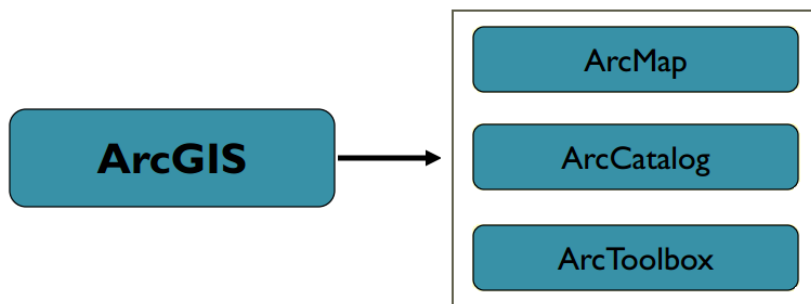


Figura 3.1: Aplicações do *ArcGIS* (Ribeiro, 2010)

A utilização destas três aplicações permite ao utilizador desempenhar qualquer tarefa simples ou complexa, nomeadamente a gestão de dados geográficos, análise espacial, edição avançada de dados ou ligação a uma base de dados externa.

ArcMap

O *ArcMap* permite ao utilizador trabalhar com a informação geográfica através de mapas interativos. Desta forma é possível visualizar e explorar toda a informação geográfica.

Numa sessão *ArcMap* é definida a forma como a informação geográfica será visualizada, sendo que qualquer conjunto de dados, geográficos ou simplesmente alfanuméricos, são adicionados ao *ArcMap* sob a forma de tabelas.

Esta aplicação permite ainda a sobreposição de planos de informação, além de objetos gráficos, fontes (letras) e figuras, com a finalidade de mapeamento temático. Também permite pesquisas e análises espaciais, criação e edição de dados e padronização e impressão de mapas.

ArcCatalog

A utilização desta aplicação possibilita uma eficiente gestão da informação geográfica, a ligação a uma base de dados externa e produção/pré-visualização das *feature class*, além de permitir navegar pelo sistema operativo e tornar eficiente a gestão de qualquer conjunto de dados geográficos.

O *ArcCatalog* disponibiliza ainda ferramentas para a exploração, armazenamento, pesquisa e gestão de dados e criação e preenchimento de metadados.

ArcToolbox

A aplicação *ArcToolbox* disponibiliza o acesso a todas as funcionalidades de geoprocessamento, propondo-se a resolver questões como conversão entre formatos de dados, execução de operações de análise espacial, operações de transformação de coordenadas entre diferentes sistemas, operações de construção de topologia, entre outras.

O *ArcToolbox* agiliza a busca das ferramentas de geoprocessamento, fornecendo num único ambiente a busca e a execução de comandos. As ferramentas de geoprocessamento estão organizadas em *toolboxes* (caixas de ferramentas) e *toolsets* (série de ferramentas) e podem ser usadas individualmente ou em combinação (ESRI, 2013).

3.3 Modelos de dados mais comuns em SIG

Os modelos mais comuns em SIG são os modelos raster ou matricial e o vetorial (figura 3.2).

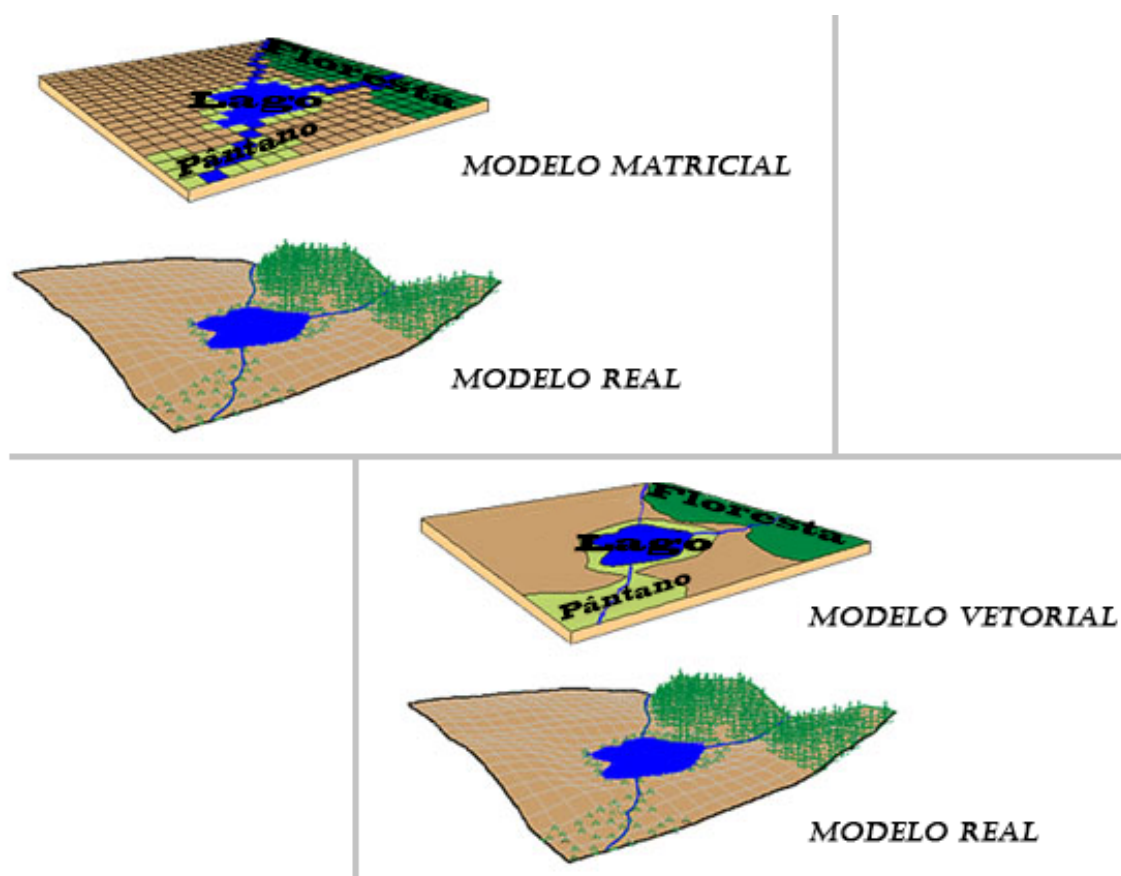


Figura 3.2: Modelos SIG (GIS, 2013)

Modelo matricial ou raster

No modelo matricial, também denominado raster, o terreno é representado por uma matriz $M(i,j)$, composta por linhas (i) e colunas (j), que definem células, designadas por píxeis. Cada píxel apresenta um valor referente ao atributo e valores que definem o número da linha e da

coluna, correspondendo, quando o arquivo está georreferenciado, às coordenadas x e y , respetivamente. Quanto maior a dimensão de cada célula, menor é a resolução ou detalhe na representação do espaço geográfico.

Este modelo é adequado para armazenar e manipular imagens de satélite, ou seja, imagens obtidas através da captação da radiação eletromagnética refletida ou emitida por uma área da superfície terrestre. É habitualmente utilizado para representar fenómenos geográficos que têm um valor em qualquer ponto da área de estudo, nomeadamente: altitude, temperatura e precipitação.

O modelo matricial apenas permite associar atributos a classes do mapa.

Modelo vetorial

O modelo vetorial representa os dados de um modo semelhante a um mapa e tem como principal característica associar atributos a elementos gráficos.

Na estrutura vetorial, a localização e a feição geométrica do elemento são armazenadas e representadas por vértices definidos por um par de coordenadas (x,y) . Dependendo da sua forma e da escala cartográfica, os elementos podem ser expressos por feições geométricas, *feature class*:

Pontos [point features]

São representados por um vértice, definindo a localização de objetos que não possuam área nem comprimento, através de um par de coordenadas.

Linhas [line features]

São formadas por uma série de pontos ligados, sendo unidimensionais, ou seja, possuem comprimento mas não largura.

Polígonos [polygon features]

Definem elementos geográficos que contêm área e perímetro e são representados, no mínimo, por três vértices interligados.

Na figura 3.3 ilustram-se os elementos supramencionados.

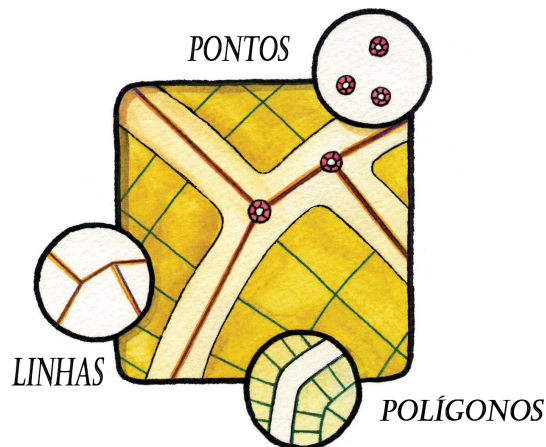


Figura 3.3: Tipos de *feature class* (Aronoff, 1989)

3.3.1 Modelo SIG utilizado

A escolha do modelo SIG recaiu no modelo vetorial, uma vez que se pretende que as representações sejam centradas na precisão da localização dos vários elementos recolhidos no espaço que constituem a rede de drenagem de águas residuais domésticas.

Para a realização de futuras análises/aplicações ao SIG desenvolvido, é necessário que este funcione como rede geométrica (grafo), sendo para isso necessário definir a sua topologia.

De salientar que o grafo armazena informações sobre os recursos que fluem entre localizações geométricas distintas.

3.4 Topologia da rede geométrica

O conhecimento das relações topológicas entre as linhas e pontos tem grande importância no caso de redes geométricas. Nenhuma linha poderá estar desconectada das demais para que a topologia da rede possa ficar totalmente definida.

A topologia arco-nó é a representação vetorial associada a um rede linear conectada. Um nó pode ser definido como o ponto de interseção entre duas ou mais linhas, correspondente ao ponto inicial ou final de cada linha.

A título de exemplo, na figura 3.4 apresenta-se parte da rede de drenagem modelada, com os seus diversos componentes.

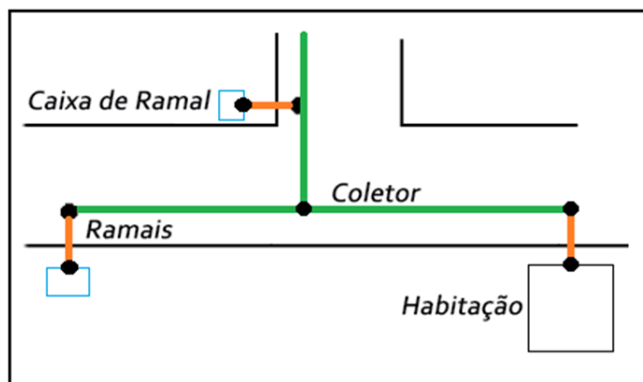










Figura 3.4: Topologia usada na rede geométrica

3.5 Estratégia de trabalho a desenvolver em SIG







De modo a desenvolver uma estratégia de trabalho em SIG, teríamos que selecionar os objetos a recolher *in situ*. Para tal, em conformidade com o tema de estudo (afluências indevidas em sistemas de drenagem de águas residuais domésticas), concluímos que seria preponderante incluir os diversos objetos, organizados segundo uma determinada forma, como se apresenta nas figuras 3.5 e 3.6.

Contudo, existem soluções desenvolvidas pela *ESRI*, nomeadamente a plataforma *InfraSIG*, que indica especificamente que estratégia seguir para editar e gerir o cadastro de infraestruturas em Portugal. No entanto, os tipos de informações sugeridas por esta entidade não correspondiam às necessidades de estudo, pelo que, decidimos selecionar e adaptar as informações a recolher à realidade da rede em questão.

<i>Objeto/Simbologia</i>	<i>Tipo de Feature Class</i>	<i>Campo</i>	<i>Tipo de Dados</i>	<i>Descrição de Campo</i>
Caixa de ramal 	Pontos 	Rua	Texto	Nome da rua
		Nº Porta	Valor numérico (Short Integer)	Número de porta
		Nº Contador	Valor numérico (Long Integer)	Número do contador de água
		Ramal Ligado	Valor numérico (Short Integer)	Ramal ligado à caixa de ramal (1) *
		Ramal Usado	Valor numérico (Short Integer)	Ramal usado (1) *
		Ligações Ilícitas	Valor numérico (Short Integer)	Existência de ligações ilícitas (1) *
		Observações	Texto	Observações acerca do funcionamento
Câmara de visita 	Pontos 	Rua	Texto	Nome da rua
		Estado Conservação	Texto	Estado de conservação
		Ligações Ilícitas	Valor numérico (Short Integer)	Existência de ligações ilícitas (1) *
		Observações	Texto	Observações acerca do funcionamento
Coletor público 	Linhas 	Material	Texto	Material constituinte do coletor
		Diâmetro [mm]	Valor numérico (Short Integer)	Diâmetro do coletor
Câmara de visita pavimentada 	Pontos 	Objeto com características apenas geométricas		

* Atribuído o valor numérico de 1 nos casos afirmativos de ligação e uso, o 2 para casos de não confirmação de ligação ou sem informação sobre os mesmos.

Figura 3.5: Estratégia desenvolvida em SIG

<i>Objeto/Simbologia</i>	<i>Tipo de Feature Class</i>	<i>Campo</i>	<i>Tipo de Dados</i>	<i>Descrição de Campo</i>
Fossa séptica 	Pontos 	Rua	Texto	Nome da rua
		Nº Porta	Valor numérico (Short Integer)	Número de porta
		Nº Contador	Valor numérico (Short Integer)	Número do contador de água
		Observações	Texto	Observações acerca do funcionamento das fossas sépticas
Ramais 	Linhas 	Rua	Texto	Nome da rua
		Nº Porta	Valor numérico (Short Integer)	Número de porta
		Ramal Usado	Valor numérico (Short Integer)	Ramal usado (1) *
		Ligações Ilícitas	Valor numérico (Short Integer)	Observações acerca de ligações ilícitas (1) *
Linhas auxiliares 	Linhas 	Objeto com características apenas geométricas		

* Atribuído o valor numérico de 1 nos casos afirmativos de ligação e uso, o 2 para casos de não confirmação de ligação ou sem informação sobre os mesmos.

Figura 3.6: Estratégia desenvolvida em SIG (continuação)

3.6 Construção e edição de informação espacial

A construção e o levantamento do cadastro da rede serão abordados através da enumeração e explicação das operações de análise espacial efetuadas, bem como através dos procedimentos e/ou metodologias utilizadas para a concretização do mesmo.

Em primeiro lugar foram elaboradas duas folhas de levantamento do cadastro da rede, nomeadamente, a folha de caracterização das câmaras de visita e a folha de caracterização das caixas de ramal. Estas folhas têm como objetivo assegurar e facilitar a coerência nos métodos de trabalho utilizados em campo (Anexos A.1 e A.2).

De seguida foi realizado o levantamento da rede utilizando como referência a cartografia fornecida pela Câmara Municipal de Penacova.

Após o término do levantamento, recorrendo à aplicação *ArcCatalog*, foram criadas, as *feature class* que permitiram a criação da base de edição dos vários elementos da rede, como ilustra a figura 3.7.

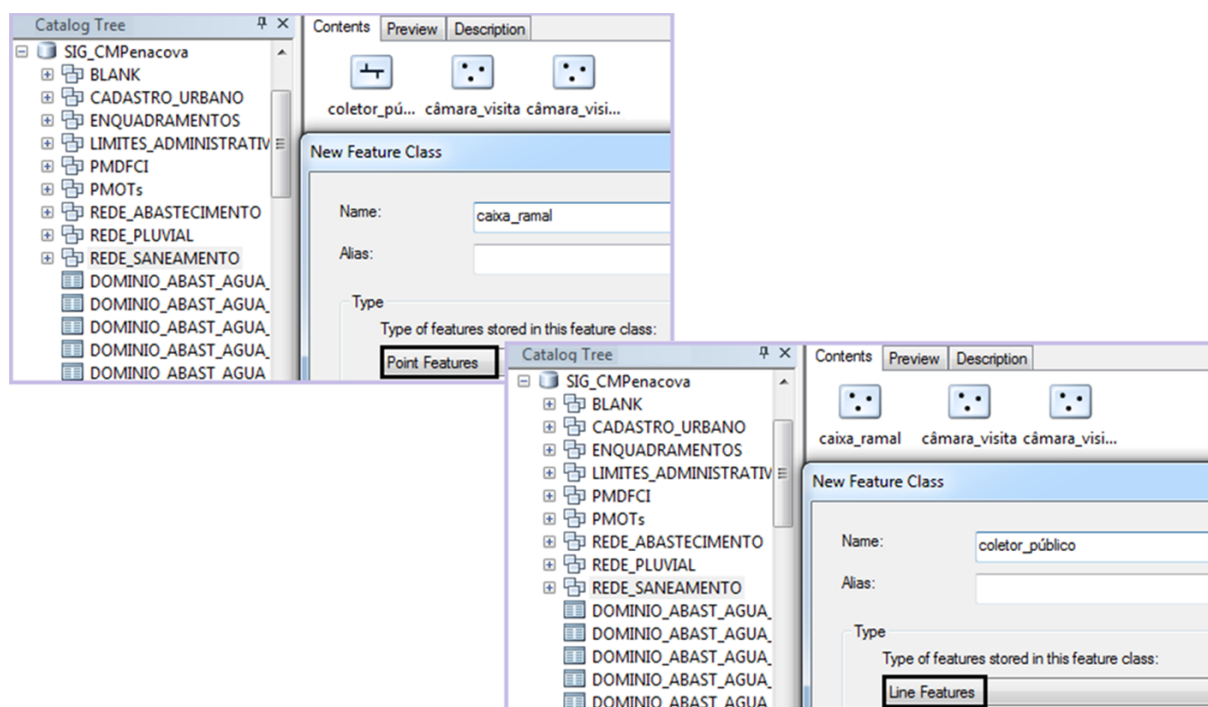


Figura 3.7: Exemplo das *feature class* criadas recorrendo ao *ArcCatalog*

Com o intuito de georreferenciar a rede de drenagem de águas residuais domésticas na superfície terrestre, ou seja, tornar as suas coordenadas conhecidas num dado sistema, foi selecionado o Sistema de Coordenadas Hayford Gauss Datum 73 IPCC, sendo este o ponto de referência utilizado pelos serviços camarários.

Com as bases de edição criadas no *ArcCatalog*, estas foram adicionadas ao *ArcMap* através do comando *Add Data* (retângulo vermelho na figura 3.8).

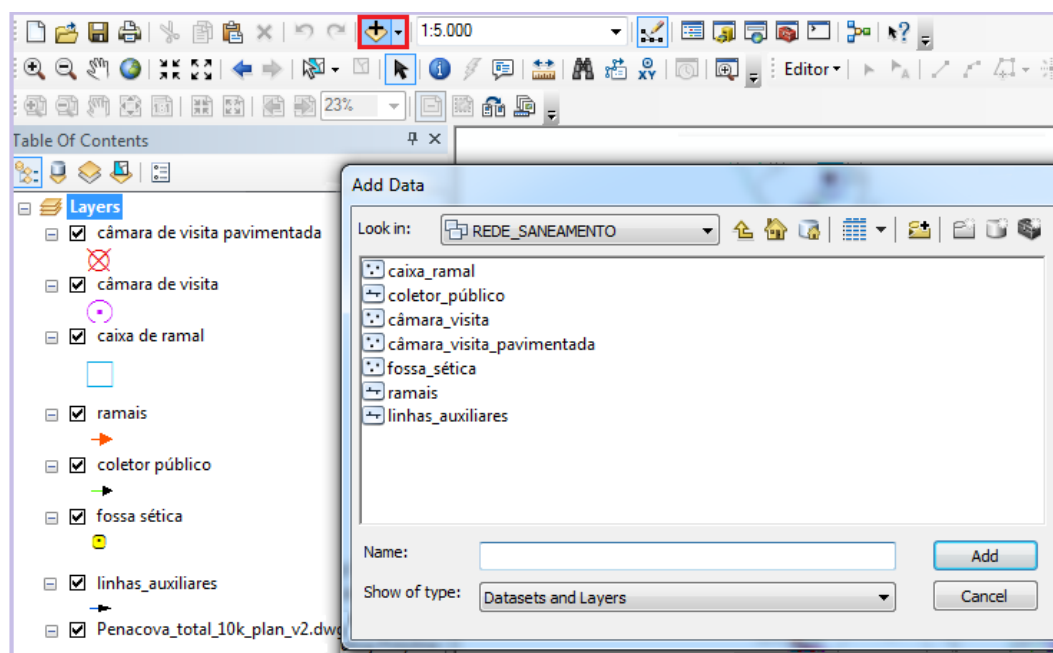


Figura 3.8: Utilização do ArcMap para importação das *feature class*

Por último, e seguindo esta ordem de realização de etapas no ArcMap, foram concretizados os seguintes passos:

1. Os desenhos dos vários objetos que constituem a rede de drenagem de águas residuais obtidos em cartografia deram lugar ao desenho digital através dos comandos *Editor + Start Editing* (figura 3.9).

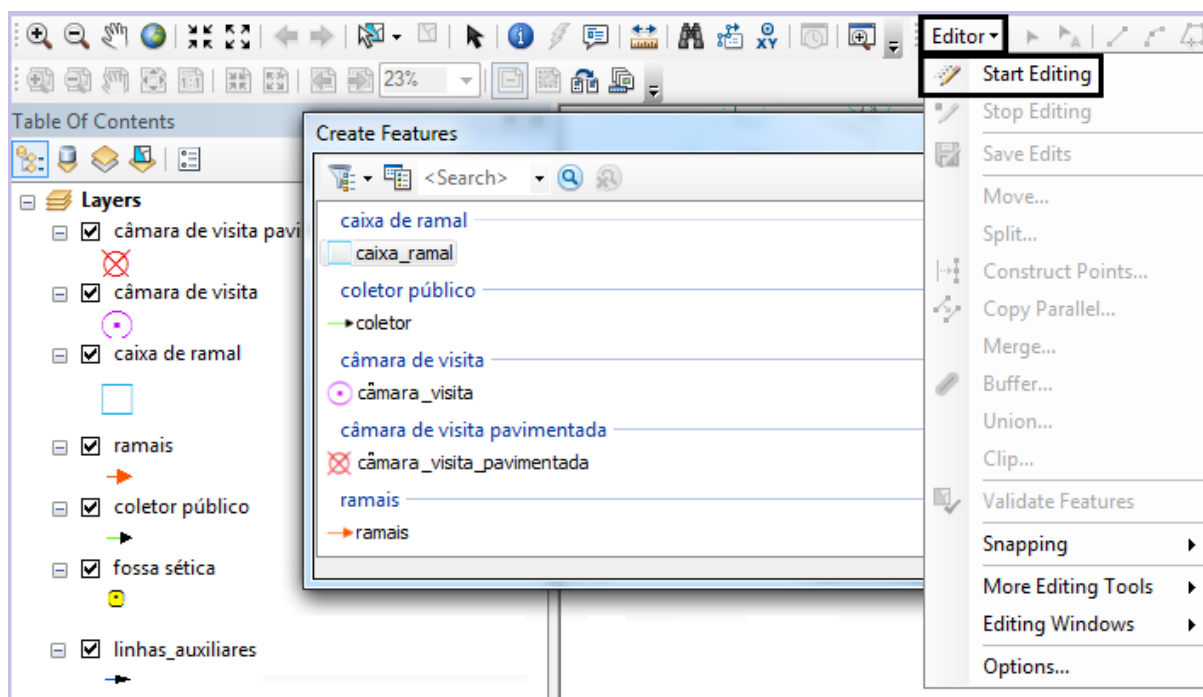


Figura 3.9: Comandos utilizados para o desenho digital em ArcMap

Houve o cuidado de seccionar os coletores públicos, ou seja, cada elemento entre câmaras de visita funciona como uma entidade individual e o sentido da seta referente à simbologia pretende

representar os sentidos do escoamento (de montante para jusante) nos coletores públicos, nos ramais e nas linhas auxiliares.

2. As informações recolhidas foram introduzidas nas tabelas de atributos dos vários objetos através do comando *Open Attribute Table* (figura 3.10).

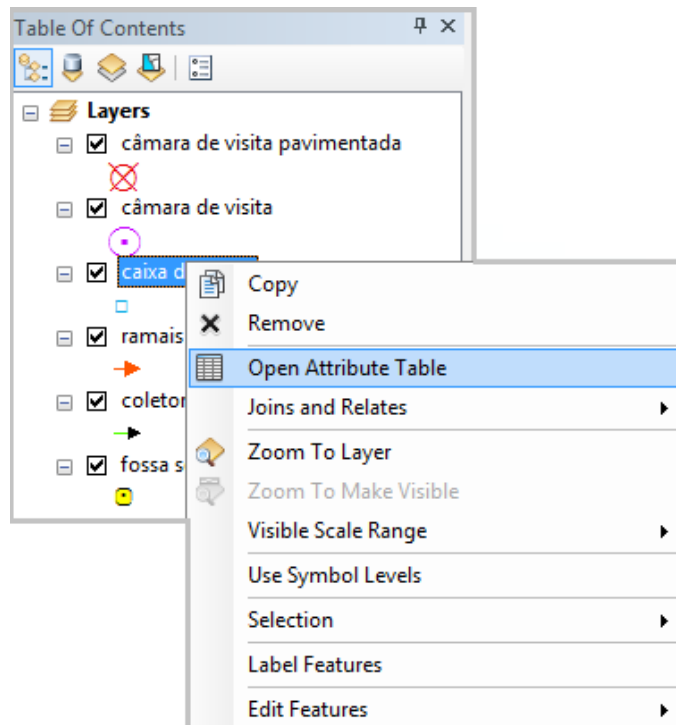


Figura 3.10: Representação do comando utilizado para a elaboração das várias tabelas de atributos

3. No seguimento do comando utilizado anteriormente, selecionou-se *Table Options* (a vermelho) + *Add Field*, como se pode verificar na figura 3.11. Este procedimento permitiu definir o nome do campo e, por sua vez, escolher o tipo de dados a utilizar. Neste caso em específico definiu-se o nome do campo como Diâmetro [mm] e selecionou-se a opção *Short Integer* como tipo de dados.

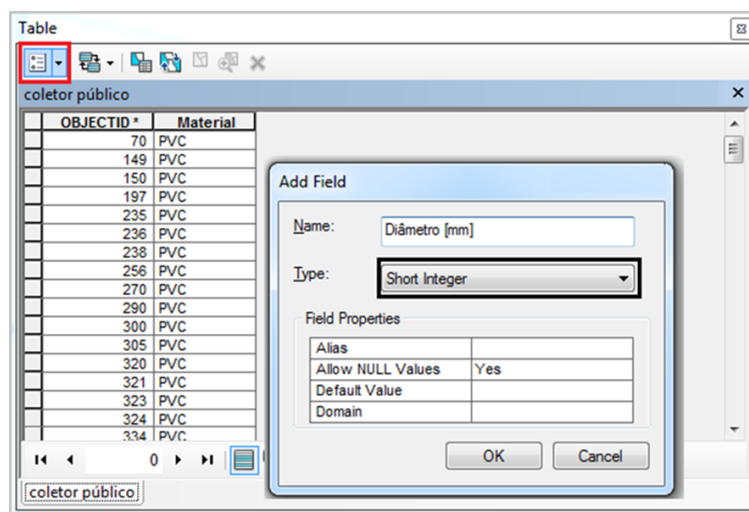


Figura 3.11: Definição do nome do campo e escolha do tipo de dados

Ao criar um campo numa determinada tabela em *ArcMap*, existem vários tipos de dados disponíveis para cada coluna, em que os mais importantes são os numéricos e os textuais.

As informações podem ser armazenadas num de quatro tipos de dados numéricos:

- Inteiros (*integer*);
- Inteiros longos (*integer long*);
- De precisão simples (*single precision*);
- De dupla precisão (*double precision*).

Por outro lado, o formato textual representa uma série de símbolos alfanuméricos, que podem incluir os nomes das ruas, propriedades de atributos, ou outras descrições textuais. Uma alternativa ao uso de atributos de repetição textual é estabelecer um valor codificado.

Por exemplo, pode-se codificar os tipos de ligações e uso das caixas de ramal com valores numéricos, atribuindo o valor numérico de 1 nos casos afirmativos de ligação e uso, 2 para casos de não confirmação de ligação ou sem informação sobre os mesmos. Este raciocínio tem a vantagem de utilizar menos espaço de armazenamento na base de dados geográfica. No entanto, os valores codificados devem ser compreendidos pelo utilizador dos dados (ESRI, 2013).

A designação “<Null>” em *ArcMap* acontece quando o atributo está “vazio”, ou seja, quando não lhe foi atribuído qualquer tipo de valor.

Concluiu-se a elaboração do cadastro da rede em *ArcMap* com o preenchimento das referidas tabelas de atributos para os vários objetos.

3.7 Construção do sistema desenvolvido para funcionar como rede geométrica (grafo)

As redes geométricas são construídas no *ArcCatalog* e devem obedecer à seguinte ordem de etapas ou procedimentos:

- Criar uma rede geométrica, *New Geometric Network* (dentro da pasta dos objetos criados anteriormente);
- Atribuir uma designação à nova rede geométrica e especificar a tolerância do conjunto de dados (Rede Saneamento e precisão 0,0005 m);
- Escolher as classes que se pretendem incluir na rede geométrica (todas as criadas anteriormente);
- Especificar as classes que devem ser *Edges* (Arcos) complexos, caso contrário, aceitar o padrão de Arco simples (apenas o coletor público foi utilizado como Arco complexo);
- Importar a rede geométrica para o *ArcMap*.

Com o intuito de definir os sentidos de escoamento para os vários objetos passíveis de drenagem, e recorrendo à aplicação *ArcToolbox* no *ArcMap* (utilizando a versão 10.1), utilizou-se o comando *Set Flow Direction*, isto para que o sentido de escoamento tenha o mesmo sentido previamente preconizado aquando do desenho digital, ou seja, de montante para jusante.

Com esse objetivo, escolheu-se a nova rede como fonte, como reflete a figura 3.12.

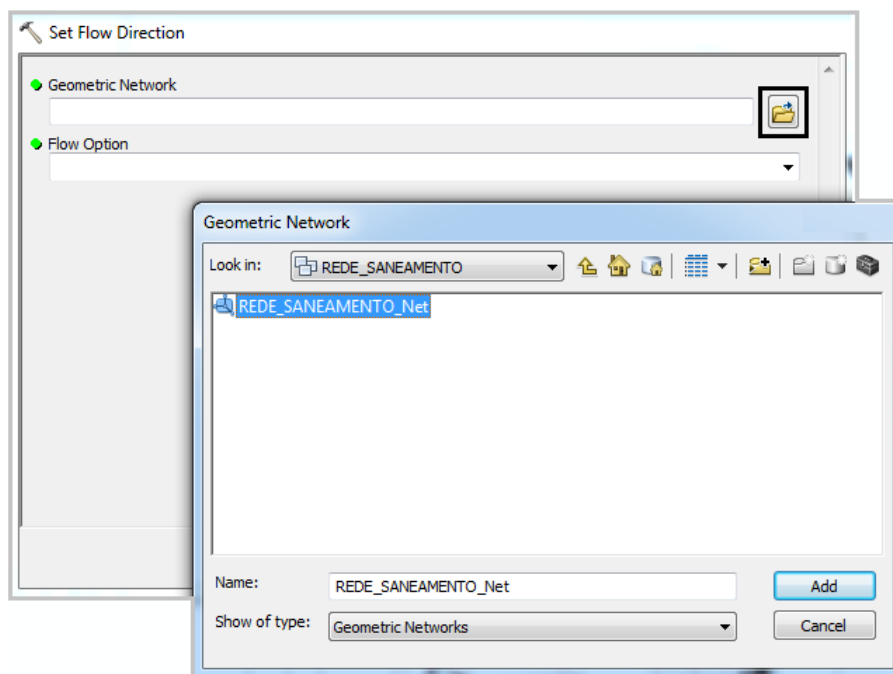


Figura 3.12: Escolha da fonte a utilizar

Deste modo, definiu-se a direção do escoamento, utilizando a direção digitalizada da rede (figura 3.13).

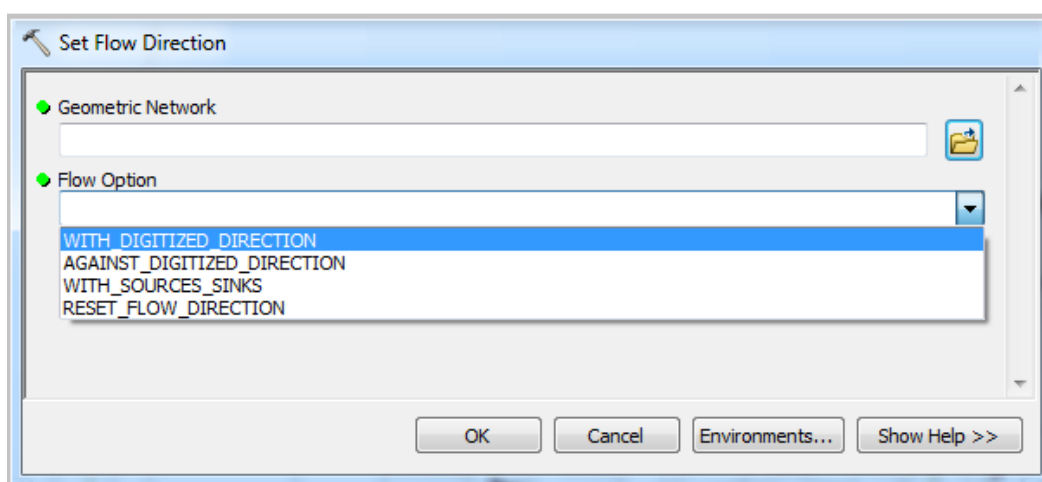


Figura 3.13: Escolha da direção do escoamento

Através dos procedimentos referidos, evitou-se a definição dos elementos *sinks* (elementos de passagem) e dos elementos *sources* (fontes), isto porque o sentido de escoamento foi imposto pela forma supramencionada.

O quadro 3.1 lista algumas das análises que podem ser realizadas através da análise da utilidade da rede (*Utility Network Analyst*).

Quadro 3.1: Exemplo de uma aplicação de cada tipo de análise

Análise	Aplicação
Calcular o caminho mais curto entre pontos	Verificar a conectividade entre pontos
Encontrar os elementos de rede conectados ou desconectados	Verificar que parte da rede está desconectada e usar essa informação para descobrir como ligá-la
Encontrar <i>loops</i> ou circuitos na rede	Um curto-circuito pode ser descoberto
Traçar os elementos da rede a montante ou a jusante de um ponto	Serviços públicos de água podem determinar quais as válvulas a desligar quando uma conduta rebenta
Encontrar todos os elementos de rede a montante para os vários pontos e determinar quais os elementos que são comuns a todos eles	Interrupção da rede para localizar pontos em comum entre objetos ou até mesmo falhas da rede

3.8 Análises/aplicações do sistema desenvolvido (grafo)

Para que se torne possível uma análise coerente da rede em questão, houve o cuidado de reportar o sentido de escoamento através do menu *Utility Network Analyst + Flow + Display Arrows For*, onde foram selecionadas as opções de visualização dos sentidos de: linhas auxiliares, ramais e coletores públicos.

Focando a figura 3.14 pretendeu-se uma análise das condutas a montante dos pontos assinalados (*Find Path Upstream*). Para tal, utilizou-se a *Add Junction Flag Tool* e a *Add Edge Flag Tool*, com o objetivo de sinalizar os pontos a estudar. De seguida selecionou-se a opção *Solve*.

As soluções obtidas pelo *ArcMap* apenas ficam representadas a outra cor (vermelho), não influenciando ou criando tabelas com novos atributos.

No exemplo demonstrado na figura 3.14 tentou-se ilustrar os elementos a montante dos pontos selecionados, mas poderiam ter sido ilustrados os elementos a jusante (*Trace Downstream*) dos pontos assinalados.

A figura 3.15 pretende simular a rotura de um coletor, através do comando, *Add Junction Barrier Tool*, com o intuito de saber quais os objetos a jusante afetados pela rotura.

Recorrendo ao cadastro previamente recolhido pela Secção de Águas da Câmara Municipal de Penacova, efetuou-se a modelação geométrica da rede de distribuição de água com as respetivas válvulas de seccionamento, tendo como objetivo a simulação de roturas nesta rede, utilizando para isso, os mesmos raciocínios acima descritos.

Através da metodologia exposta na figura 3.16, é possível identificar as válvulas de seccionamento que devem ser fechadas para isolar uma rotura no sistema de distribuição de água, de maneira evitar perdas de água.

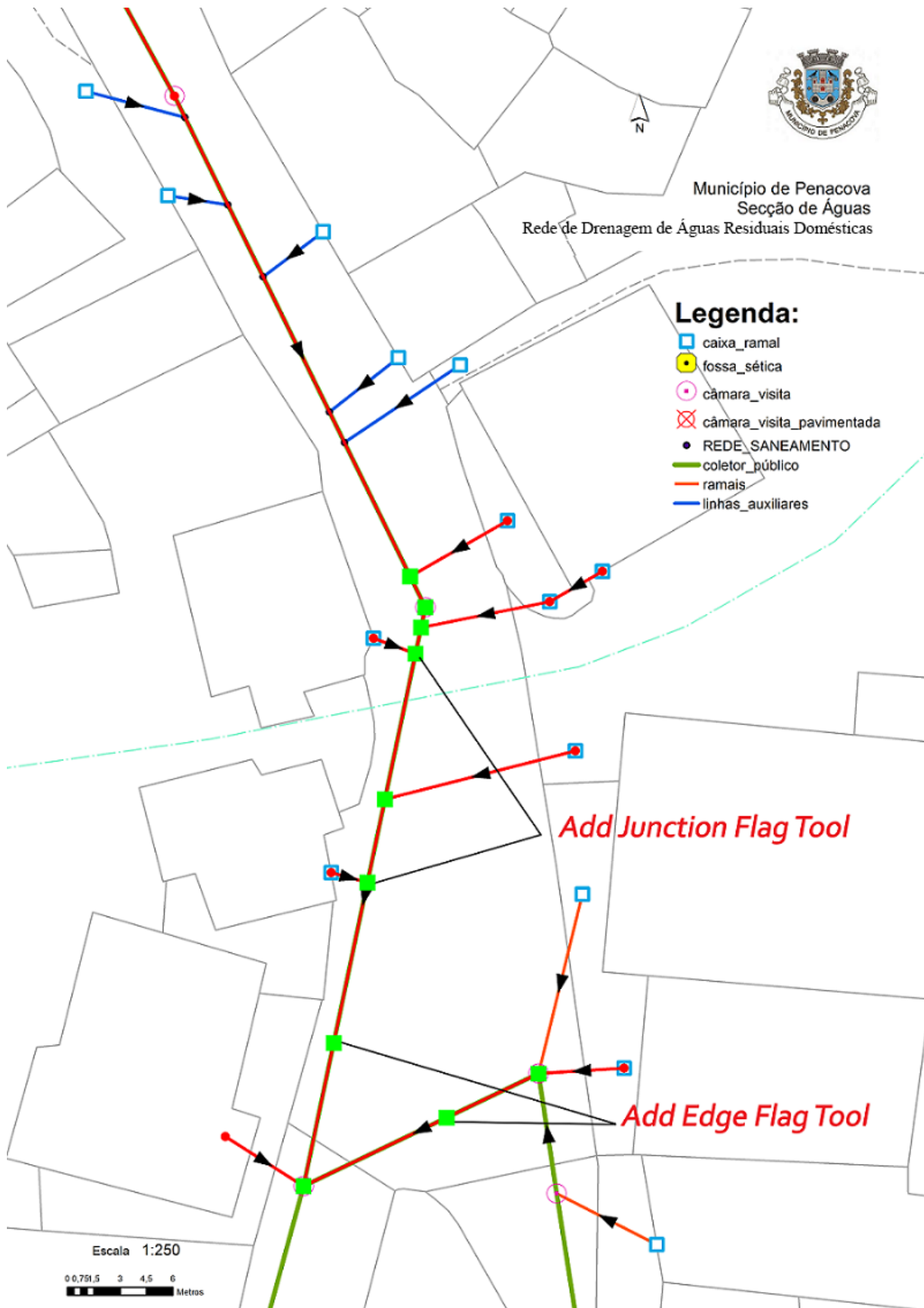


Figura 3.14: Aplicações do *Network Analyst (Find Path Upstream)*

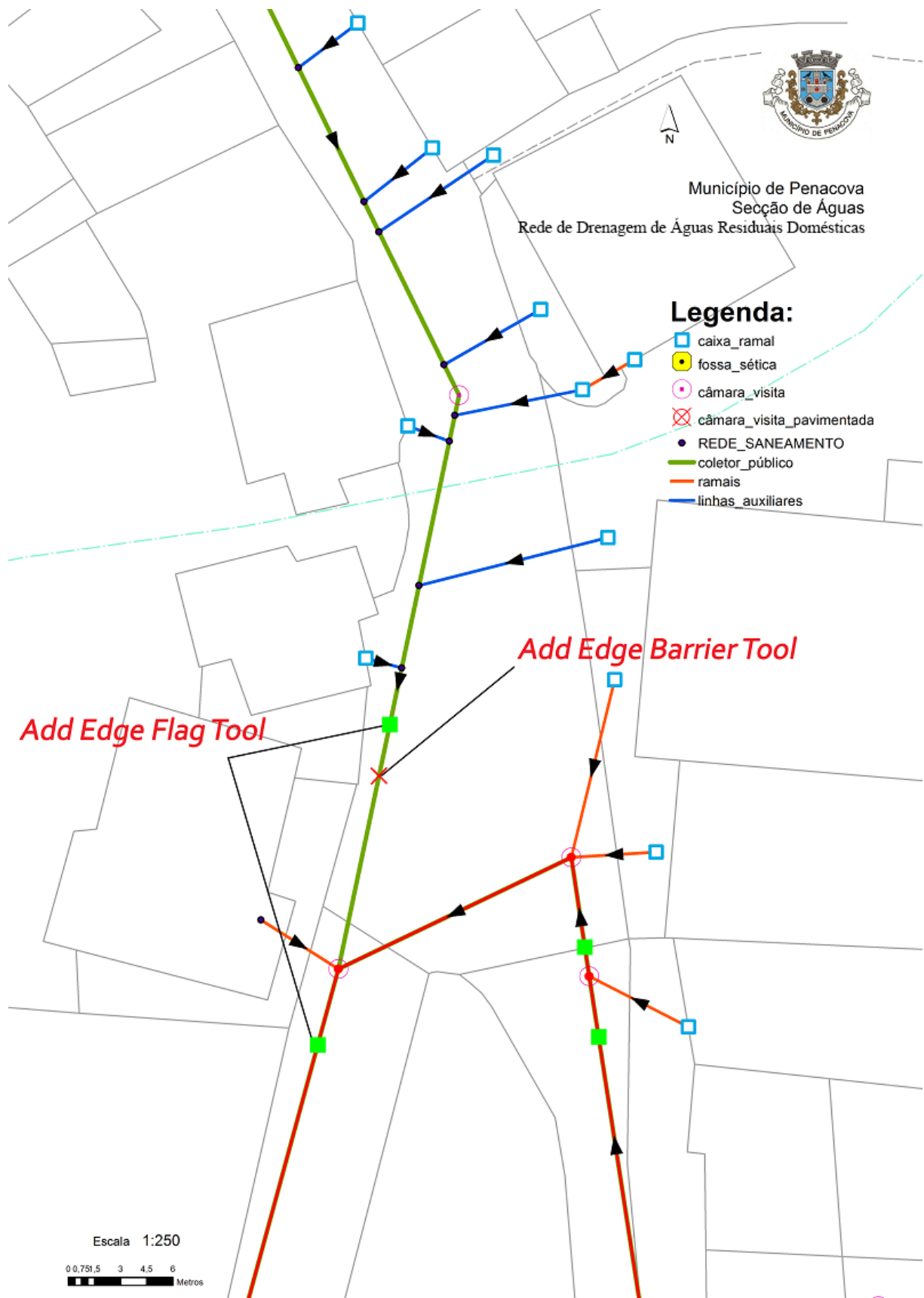


Figura 3.15: Aplicações do *Network Analyst*, para simulação de uma rotura no coletor (*Trace Downstream*)

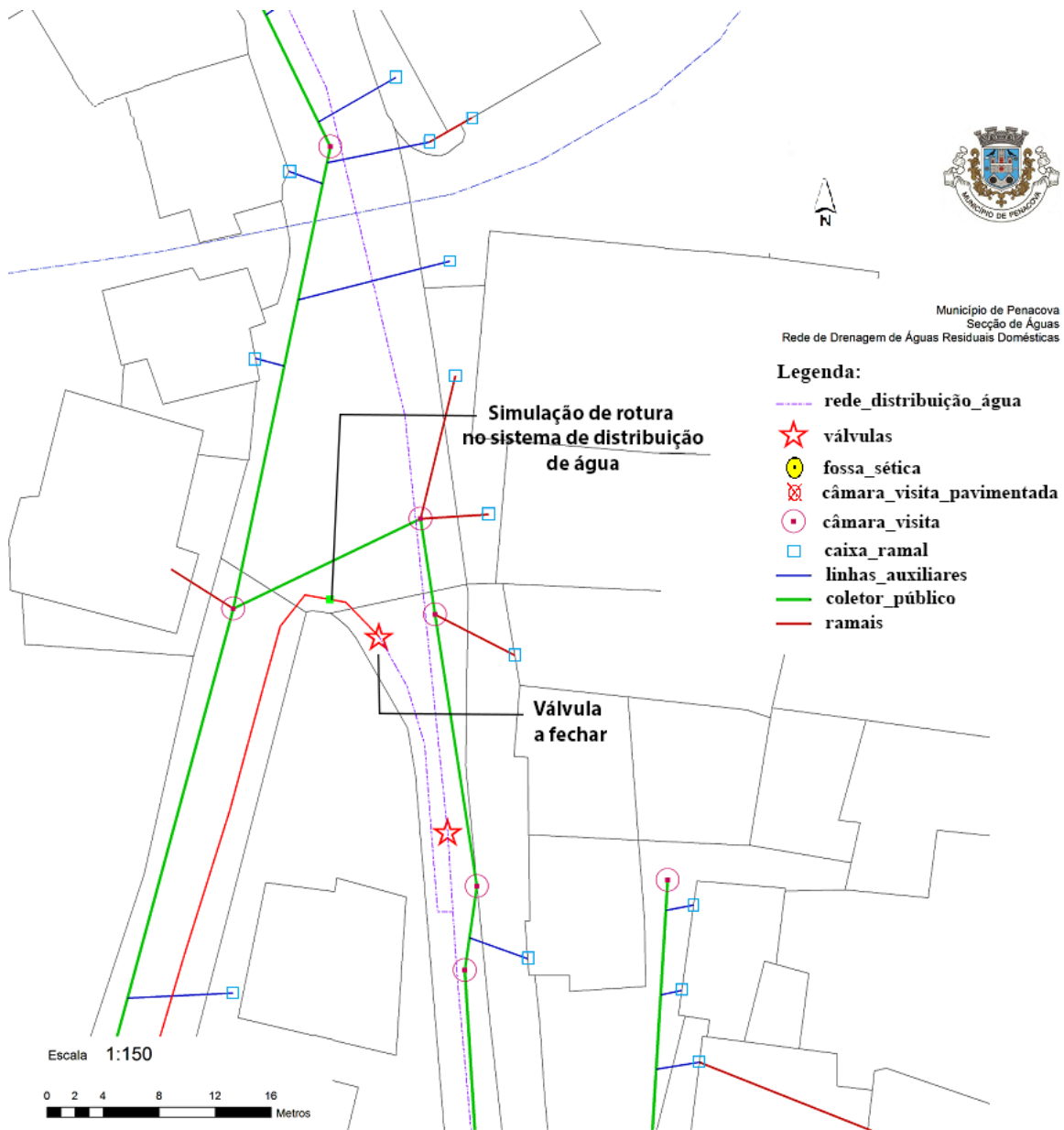


Figura 3.16: Aplicações do *Network Analyst* para simulação de rotura no sistema de distribuição de água (*Trace Downstream*)

3.9 Falhas/aspectos detetados durante o levantamento do cadastro

Com a realização do levantamento do cadastro da rede de drenagem de águas residuais domésticas pretendeu-se identificar as falhas desta rede, tanto a nível das infiltrações como das ligações ilícitas e reportá-las à entidade gestora (Câmara Municipal de Penacova).

Estas falhas, bem como o desenho digital da rede, foram armazenados num SIG e cedidas à entidade gestora, de forma a esta poder monitorizar futuramente a correção das mesmas, para assim melhorar o desempenho do sistema.

Recorrendo ao *ArcGIS*, esta entidade consegue ter uma perceção da dimensão da rede, do seu estado de conservação, do seu funcionamento, da origem dos caudais afluentes à ETAR, da população que é servida e da localização específica das falhas detetadas.

Verificou-se ainda que alguns elementos da rede, nomeadamente câmaras de visita, se encontravam pavimentadas, pelo que não foi possível efetuar a inspeção destes elementos.

Por último, durante o levantamento do cadastro foram detetados outros aspetos que poderão proporcionar a ocorrência de infiltrações, nomeadamente o facto de parte da rede estar localizada junto a uma ribeira e esta se encontrar no fundo de um vale, estando sujeita, por isso, a uma forte pendente do terreno, levando a que a água da precipitação se concentre neste vale.

Estes aspetos, relacionados com as características da rede, levam a que o nível freático esteja próximo da superfície, aumentando a probabilidade da ocorrência de infiltrações com origem indireta na precipitação. De salientar que a rede de coletores, em alguns locais, passa abaixo do nível da ribeira e por terrenos agrícolas.

Outras dificuldades tidas no levantamento do cadastro foram as condições de acesso, em particular de algumas câmaras de visita; dificuldades na leitura dos números dos contadores de água devido às suas incorretas posições; a oxidação de algumas tampas das câmaras de visita que dificultam a sua inspeção; as incertezas no traçado do coletor público sendo este, em alguns locais, bastante irregular e com inclinações elevadas (provocando grandes velocidades de escoamento nos coletores); as borrachas colocadas nas tampas das câmaras de visita que dificultam a inspeção das mesmas e, por fim, a não diferenciação, em alguns casos, de tipologia de câmaras de visita e caixas de ramal por parte da entidade camarária aquando da sua construção.

O município de Penacova, com o intuito de diminuir os custos de tratamento de águas residuais e melhorar o desempenho da rede em geral, tentando desta forma cumprir com o proposto pelo PEAASAR II, encarregou-se de corrigir as falhas detetadas da seguinte forma:

- No caso das **ligações ilícitas**, comunicar aos infratores que devem corrigir a situação;
- Para o caso das **infiltrações**, o município comprometeu-se a substituir as tampas das caixas de ramal e das câmaras de visita (devidamente sinalizadas em *ArcGIS*), devido ao mau estado de conservação destes elementos.

Outros aspetos tidos em conta durante o trabalho de levantamento do cadastro foram:

- Utilização de um detetor de metais para localização das tampas das câmaras de visita pavimentadas, permitindo assim aferir sobre a localização dos coletores públicos por forma a eliminar quaisquer dúvidas existentes no seu traçado ((a) figura 3.17);
- Marcação no pavimento da localização das câmaras de visita pavimentadas para futuro levantamento das mesmas ((b) figura 3.17);



(a) Detetor de metais utilizado



(b) Marcação efetuada no pavimento

Figura 3.17: Procedimentos auxiliares efetuados durante o levantamento do cadastro

- Consulta de projetos antigos, datados de 1990, com o objetivo de identificar a povoação servida por este sistema de drenagem;
- Sensibilização da população durante a realização do levantamento do cadastro, a fim de esta tomar a iniciativa de reportar eventuais falhas/roturas à entidade gestora, falhas estas referentes à rede de drenagem e à rede de distribuição, assim como de ligações ilícitas de águas pluviais aos coletores domésticos.

As secções que se seguem pretendem exemplificar as anomalias encontradas e as características morfológicas da rede que provocam infiltrações, respetivamente.

Exemplos de anomalias encontradas

Legenda:

Simbologia	Objeto
	<i>Câmara de visita pavimentada</i>
	<i>Tampa partida</i>
	<i>Câmara de visita</i>
	<i>Coletor público</i>
	<i>Sentido de escoamento</i>
	<i>Caixa de ramal</i>
	<i>Ramal</i>
	<i>Fossa séptica</i>
	<i>Ligação ilícita</i>
	<i>Coletor de águas pluviais</i>

Figura 3.18: Legenda utilizada nas representações



Ligação do tubo de queda das águas pluviais à câmara de visita

1.ª Travessa da Rua do Bairro, n.º 6

Rua da Quelha, n.º 8



Ligação do sumidouro à rede de drenagem

Figura 3.19: Exemplos de ligações ilícitas de águas pluviais à rede doméstica

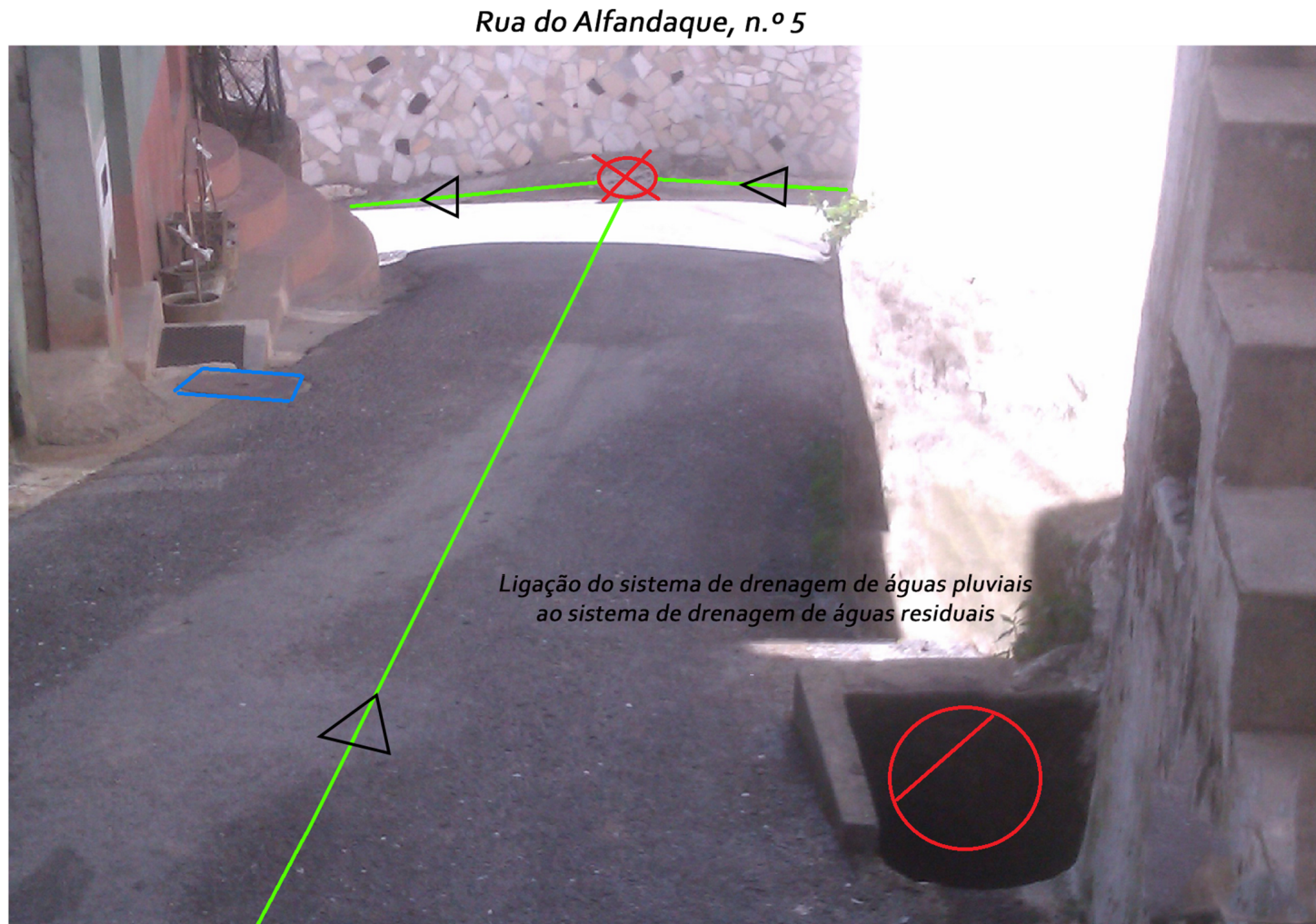


Figura 3.20: Ligação do sistema de drenagem de águas pluviais ao sistema de drenagem de águas residuais domésticas

Caraterísticas morfológicas da rede que provocam infiltrações



Figura 3.21: Rede de drenagem que provém do Hospital Psiquiátrico de Lorvão, que atravessa a linha de água

Rua Evaristo Lopes Guimarães



Figura 3.22: Rede de coletores contíguos à ribeira



Figura 3.23: Coletores localizados abaixo da cota da ribeira



Figura 3.24: Câmaras de visita e caixas de ramal pavimentadas



Figura 3.25: Detecção de tampas partidas



Figura 3.26: Anomalia detetada (fossa séptica usada para fins impróprios)

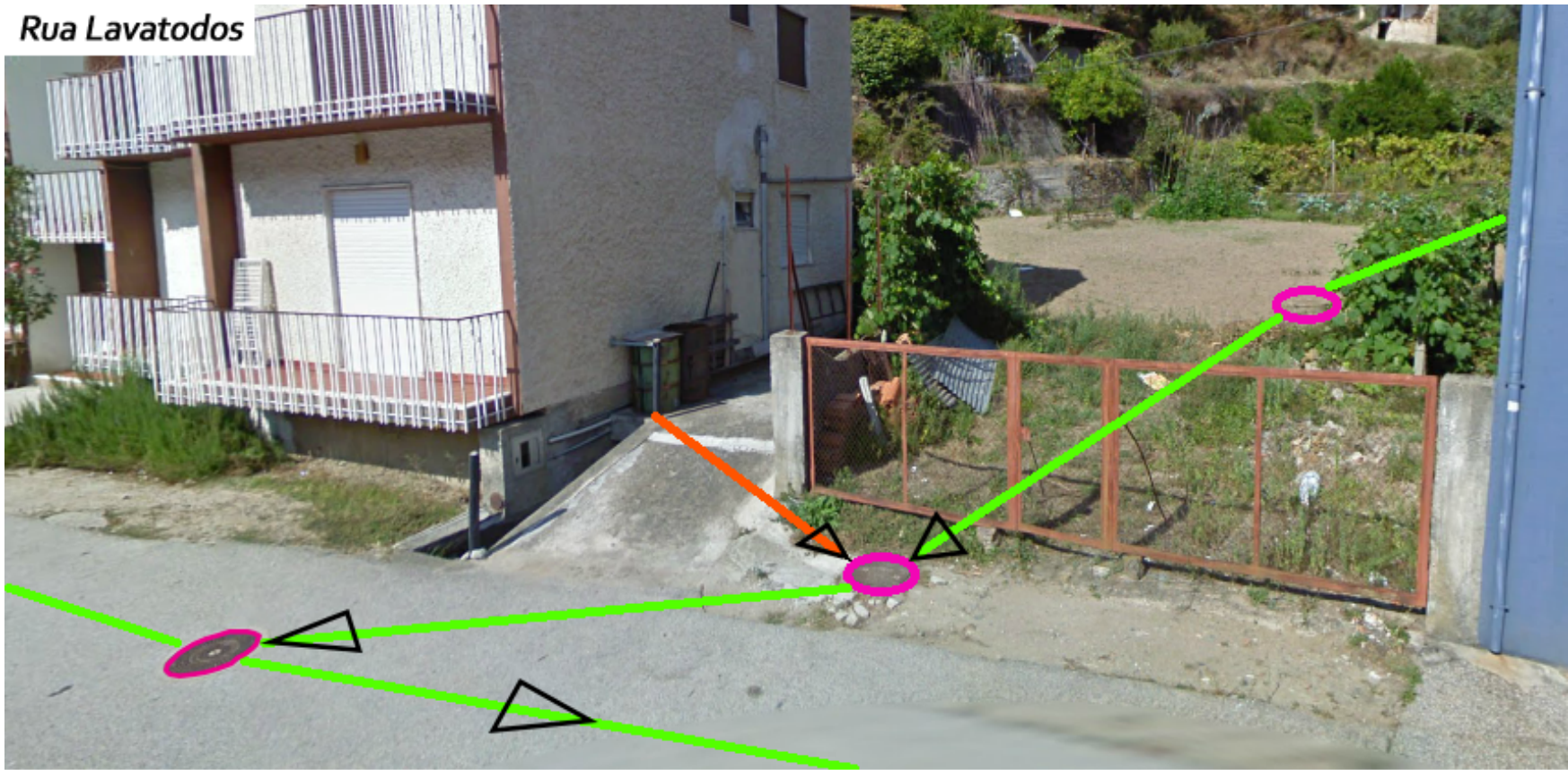


Figura 3.27: Passagem da rede de coletores por terrenos agrícolas

3.10 Representação do desenho digital da rede

Visto não ser possível neste formato a representação de todos os dados recolhidos *in situ*, este subcapítulo tenta reproduzir esse efeito.

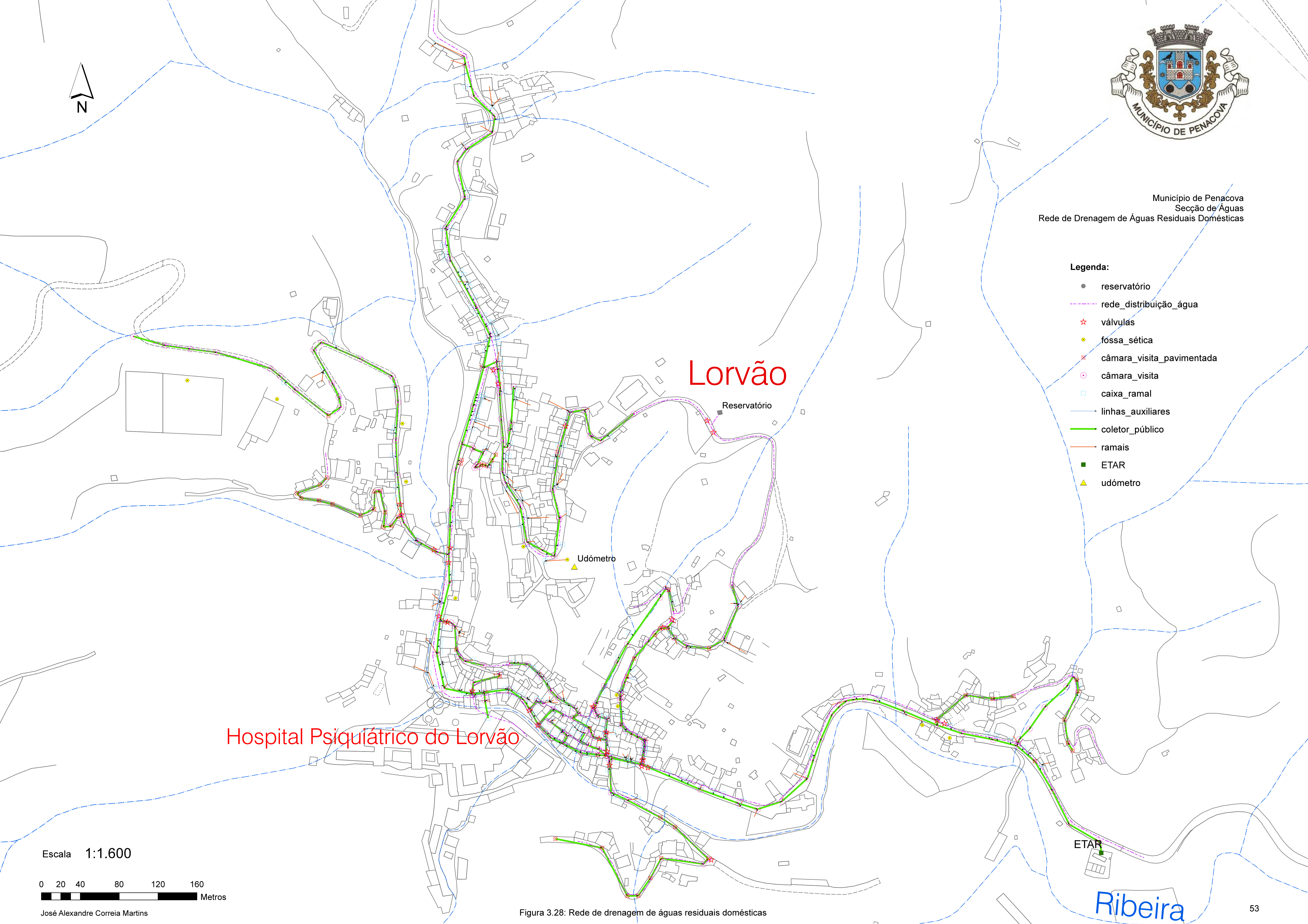
Na figura 3.28 é apresentado o levantamento efetuado da rede de drenagem de águas residuais domésticas, recorrendo ao mapa digital fornecido pela Câmara Municipal de Penacova. Neste mesmo mapa encontram-se ainda representados os seguintes elementos: ETAR, udómetro, reservatório abastecedor de água, rede de distribuição de água e respetivas válvulas de seccionamento.



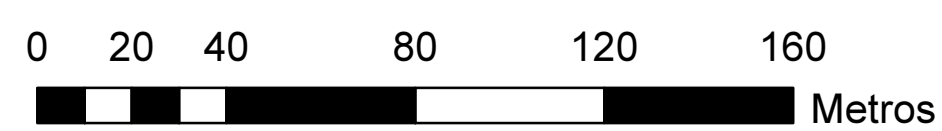
Município de Penacova
Secção de Águas
Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas

Legenda:

- reservatório
- rede_distribuição_água
- ★ válvulas
- fossa_sética
- ✕ câmara_visita_pavimentada
- câmara_visita
- caixa_ramal
- linhas_auxiliares
- coletor_público
- ramais
- ETAR
- ▲ udómetro



Escala 1:1.600



José Alexandre Correia Martins

Figura 3.28: Rede de drenagem de águas residuais domésticas

Ribeira

Capítulo 4

Análise do desempenho do sistema de drenagem de águas residuais da vila de Lorvão

Para que se possa efetuar uma correta análise do desempenho da rede de drenagem da vila de Lorvão, é necessário identificar cada elemento que constitui a água residual que aflui à ETAR (figura 4.1).

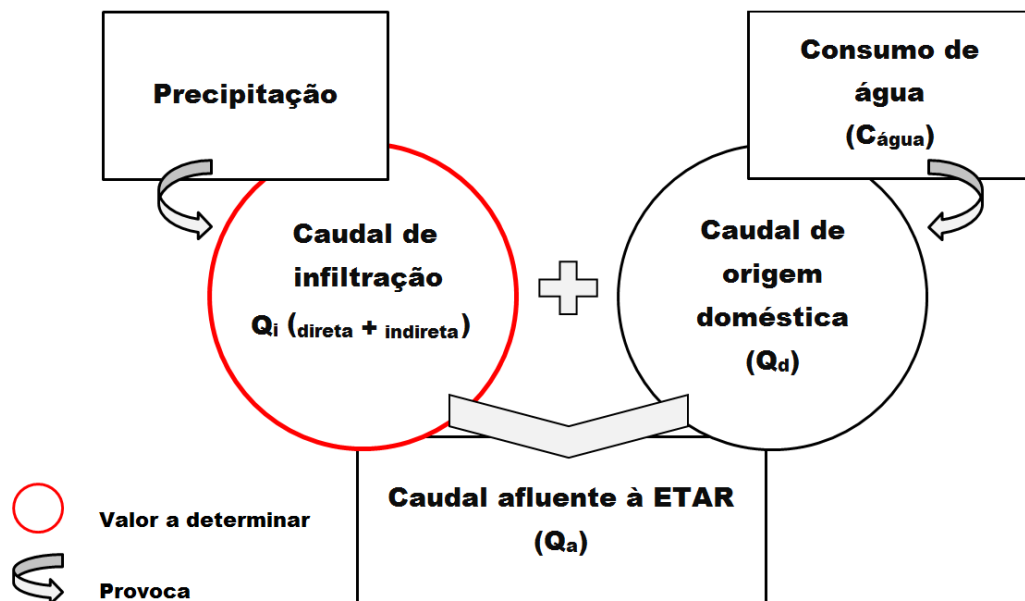


Figura 4.1: Componentes da água residual que aflui à ETAR

De modo a estimar e relacionar a influência que a infiltração (direta e indireta) induz nos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas, recorreu-se aos seguintes elementos de estudo:

- Precipitação;
- Caudais afluentes à ETAR.

Os dados de consumo de água ($C_{\text{água}}$) foram obtidos através de:

- Dados do reservatório abastecedor de água $\left\{ \begin{array}{l} \text{Caudais mínimos noturnos (CMN);} \\ \text{Distribuição de água (D}_{\text{água}}\text{).} \end{array} \right.$

Os caudais de origem doméstica (Q_d) resultam da aplicação de um fator de afluência à rede dos:

- Consumos de água.

4.1 Medição e registo da precipitação ocorrida

Com o objetivo de quantificar a precipitação ocorrida na vila de Lorvão, instalou-se um udómetro no parque de estacionamento do lar de idosos, por este ser um local central da bacia de drenagem e seguro para a instalação do mesmo.

O udómetro, também designado por sensor de precipitação ou pluviómetro, destina-se a medir a precipitação num intervalo de tempo pré-estabelecido.

Caraterização do udómetro utilizado

O udómetro utilizado consiste num funil com área de 200 cm² de abertura que permite a recolha da precipitação e a encaminha para um sistema basculante, sendo este constituído por uma haste apoiada no seu centro, formando um “mecanismo” de contra-peso, como se pode verificar na figura 4.2.

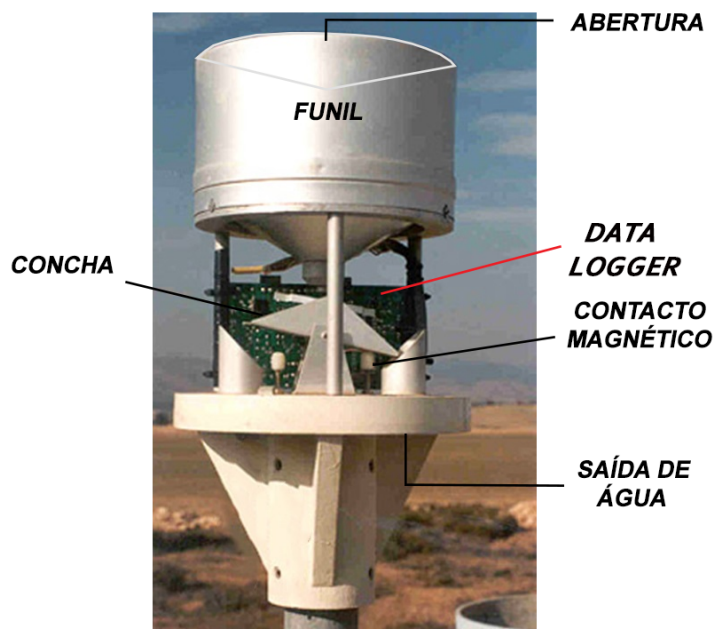


Figura 4.2: Representação do funcionamento do udómetro utilizado (Meteoelectronica, 2013)

Quando o volume de água da precipitação acumulada numa das conchas atinge o equivalente a cerca de 0.1 mm de altura de precipitação, o peso desta quantidade de água aciona um mecanismo basculante provocando um contacto-magnético. Deste modo a água é encaminhada para um circuito fechado, ficando preparada a outra concha para receber nova quantidade de água. O número de impulsos produzidos através dos contactos-magnéticos reporta a pluviosidade (mm) no período pré-estabelecido, sendo os impulsos registados pelo sistema de aquisição de dados (*data logger*) (Instituto de Meteorologia, 2012).

O *data logger* ou *data recorder* é um equipamento destinado à aquisição e gravação de dados durante um período de tempo, eliminando a necessidade da presença de um operador. Estes dados são fornecidos por sensores ou equipamentos externos, dos quais se deseja obter um histórico de monitorização. Normalmente, são equipamentos portáteis, supridos de bateria, constituídos por um controlador (que pode ser um computador), uma memória interna para armazenamento de dados, uma interface de aquisição e sensores (Badin Jr, 2012).

Na figura 4.3 apresenta-se o udómetro e respetivo *data logger* (protegido pela caixa amarela), tendo sido registado o valor da precipitação durante o período de estudo.

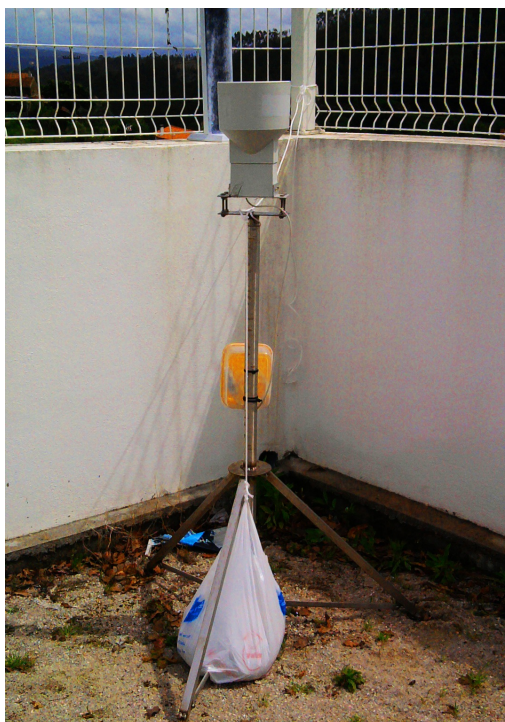


Figura 4.3: Udómetro instalado para o registo da precipitação

4.2 Medição e registo dos caudais afluentes à ETAR

A ETAR de Lorvão (figura 4.4) drena os lugares de Lorvão, Lavatodos e Paradela. Esta infraestrutura tem capacidade para tratar, no ano horizonte do projeto (2028), um caudal médio diário de 321 m³, proveniente de cerca de 2.000 habitantes-equivalentes, e teve como data prevista de conclusão Agosto de 2008, representando um investimento de cerca de 1,04 milhões de euros.



Figura 4.4: ETAR de Lorvão

A solução de tratamento das águas residuais nesta ETAR baseia-se num tratamento preliminar, através de gradagem, tamisagem, separação de areias e gorduras, e num tratamento biológico por lamas ativadas em arejamento prolongado. As lamas produzidas são espessadas graviticamente e transportadas para a ETAR de Penacova para desidratação mecânica por ação centrífuga.

Para a medição dos dados relativos aos caudais afluentes à ETAR, recorreu-se ao caudalímetro ou contador estático do tipo eletromagnético, representado na figura 4.5. O caudalímetro é constituído por um elemento primário (ou transdutor de caudal) e por um elemento secundário (condicionador de sinal) e encontra-se instalado na ETAR, entre a obra de entrada e o tanque de arejamento.

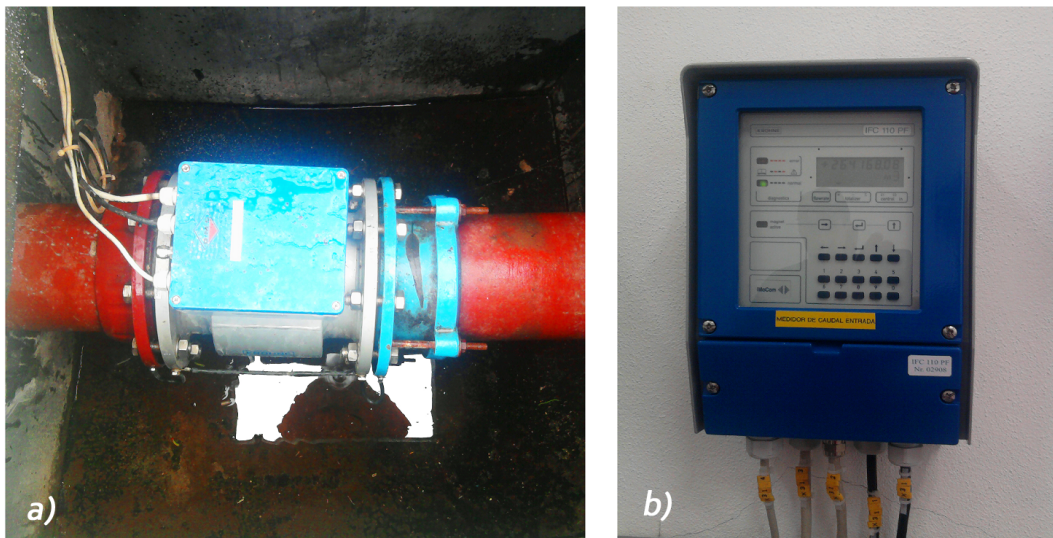


Figura 4.5: Elementos que constituem o caudalímetro que se encontra instalado na ETAR: a) elemento primário, b) elemento secundário

Caudalímetro eletromagnético para escoamentos em superfície livre

O princípio de funcionamento deste tipo de caudalímetros baseia-se na lei enunciada por Faraday em 1832, ou seja, na interferência que a passagem de um condutor provoca num campo eletromagnético (Estevan, 2005).

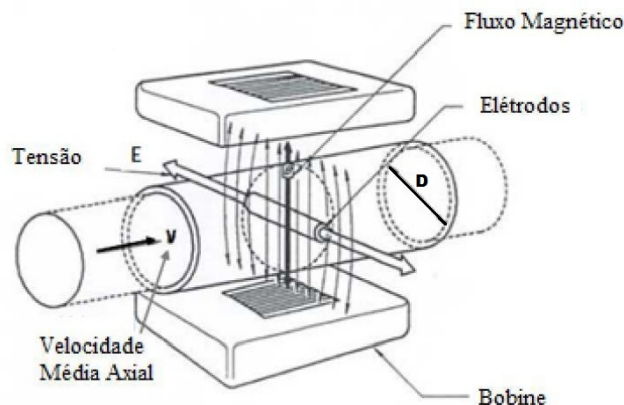


Figura 4.6: Elemento primário ou transdutor de caudal (Estevan, 2005)

Segundo a lei de Faraday, a tensão (E) surge entre as extremidades dos elétrodos, sendo diretamente proporcional à velocidade do fluxo do condutor (V), ao seu comprimento (L) e à intensidade do campo magnético (B) que o rodeia. Este autor representa assim a tensão (E), da seguinte forma:

$$E = k \cdot B \cdot L \cdot V \iff V = \frac{E}{k \cdot B \cdot L} \quad (4.1)$$

A constante (k) refere-se a um valor definido pelo fabricante do aparelho que o permite calibrar. Este aparelho contém um sensor de nível, que lhe permite medir a altura de escoamento (h) em superfície livre (figura 4.7).

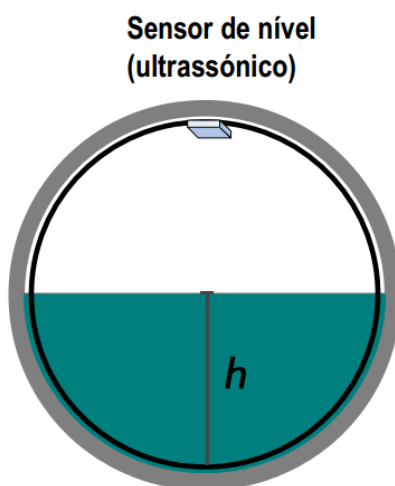


Figura 4.7: Medição da altura de escoamento (h) em superfície livre (Almeida *et al.*, 2013)

O elemento secundário (ou condicionar de sinal), para além de controlar o elemento primário, ou seja, a criação do campo magnético, extrai o sinal de tensão induzida nos elétrodos e o valor da altura de escoamento, amplificando-os e processando-os por forma a convertê-los num sinal de saída normalizado proporcional ao caudal.

Este elemento tem como princípio de funcionamento a equação da continuidade abaixo indicada para secções circulares (neste caso parcialmente cheias):

$$Q = \text{Área} \cdot \text{Velocidade} \quad (\text{equação da continuidade}) \quad (4.2)$$

4.3 Medição e registo dos dados do reservatório abastecedor de água

Fazendo uma descrição sucinta do reservatório, indo de encontro à sua localização no terreno, este encontra-se apoiado, isto é, a laje de fundo assenta diretamente no terreno.

Em termos de capacidade de armazenamento, trata-se de um reservatório de pequena capacidade, visto esta ser de 100 m³.

Por forma a permitir a sua colocação fora de serviço para eventuais operações de limpeza, desinfecção e manutenção, este reservatório está dotado de um mecanismo de *by-pass*, visto

tratar-se de um reservatório com apenas uma célula.

Por último, em termos de adução, esta é feita por gravidade.



Figura 4.8: Localização do reservatório de Lorrão

Em relação à medição e registo dos dados do reservatório abastecedor de água, o equipamento de medida é o contador de velocidade de eixo horizontal do tipo Woltmann (figura 4.9). O *data logger* regista as leituras (CMN, $D_{\text{água}}$) durante o dia e envia-as, através de um modem *GSM/GPRS*, para o servidor instalado na empresa responsável pela aquisição destes registos, *ISA - Intelligent Sensing Anywhere, S.A.* Este servidor disponibiliza a informação recolhida através de um portal *web* acessível a partir de qualquer ligação à *internet*.

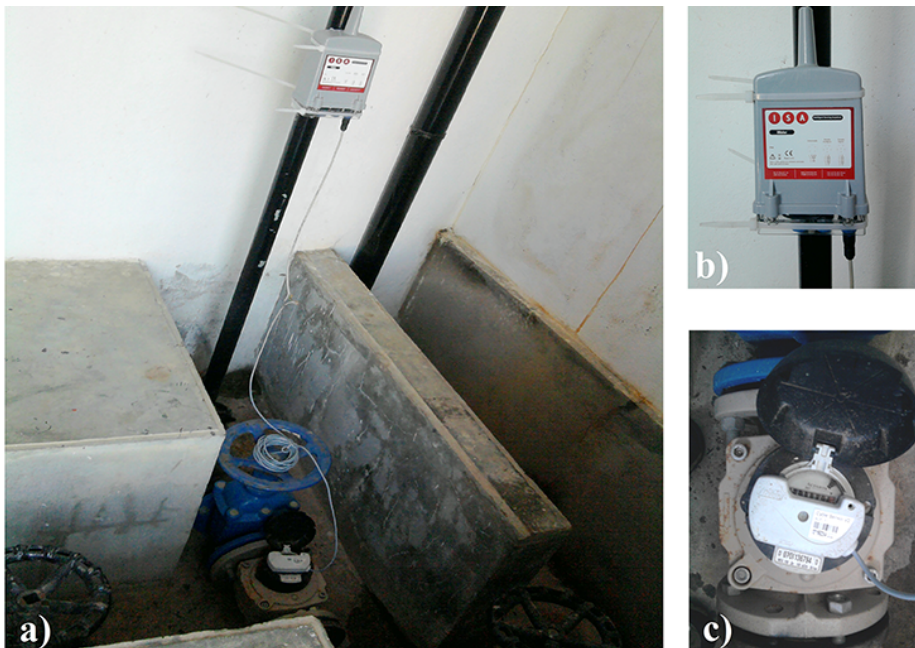


Figura 4.9: a) Elementos que permitem o registo e medição dos caudais no reservatório: b) *data logger*, c) contador de velocidade de eixo horizontal de calibre 60 mm

A fim de utilizar os dados de medição supramencionados, como caso de estudo, recorreu-se ao portal da referida entidade *ISA*.

Caraterização dos contadores velocimétricos do tipo Woltmann

Este tipo de contadores apresentam calibres de diversas medidas e são usados em instalações onde o consumo de água é elevado. O elemento primário dos contadores do tipo Woltmann, como em todos os contadores velocimétricos, é uma hélice sobre a qual incide o fluxo de água, na direção axial. A velocidade de giro da hélice dá-se em função do caudal que entra, das características construtivas da hélice e do ângulo que a água faz sobre as lâminas (Malheiro, 2011).



Figura 4.10: Esquema de funcionamento de uma hélice helicoidal (Colarejo, 2011)

Nos contadores do tipo Woltmann de eixo horizontal a direção do fluxo da água coincide com o eixo da hélice, enquanto que nos de eixo vertical o fluxo da água é perpendicular ao eixo de rotação, como se pode verificar na figura 4.11.

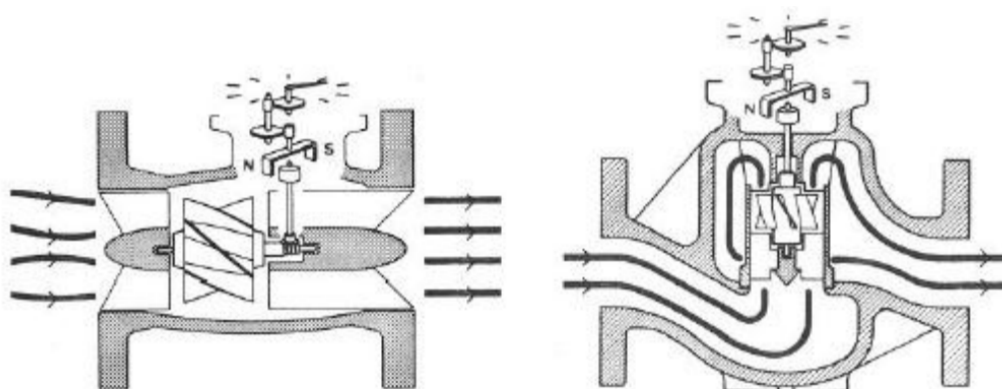


Figura 4.11: Esquema de funcionamento de contador Woltmann, de eixo horizontal e vertical, respetivamente (Colarejo, 2011)

Em função do tipo de instrumento, os calibres dos contadores do tipo Woltmann variam entre os 50 mm e os 800 mm.

Efetuada uma breve comparação entre os contadores de velocidade de eixo horizontal com os de eixo vertical, estes apresentam maior capacidade de caudal, para o mesmo diâmetro. Por último, os de eixo vertical apresentam maior sensibilidade a baixos caudais (Sousa, A., 2011).

As desvantagens deste tipo de contadores relacionam-se com o custo, sensibilidade a sólidos na água e ao seu peso e volume (Arregui *et al.*, 2006).

4.4 Edição dos dados de medição

Os dados referentes aos consumos de água não foram alvo de uma medição *in situ*, visto não ter sido possível uma extrapolação exata desta componente. Por sua vez, procedemos à sua estimativa recorrendo aos dados de distribuição de água, bem como dos caudais mínimos noturnos. Para tal, admitiu-se que os Caudais Mínimos Noturnos (CMN) traduzem uma boa aproximação das perdas reais (atente-se que Lorvão é uma localidade meramente residencial).

A título de interesse, na figura 4.12 identificam-se as causas das perdas aparentes e reais em sistemas de distribuição de água.

Perdas de água no sistema de distribuição	*Perdas aparentes devido:	Uso não autorizado
		Erros de medição
	Perdas reais devido:	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição
		Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição
		Fugas nos ramais de ligação
*Fora do âmbito de estudo		

Figura 4.12: Fatores que provocam perdas de água numa rede de distribuição (Sousa, A., 2011)

Atendendo ao facto do *data logger* do reservatório distribuidor registar os valores dos CMN em (m^3/h) realizámos a seguinte modificação, para ir de encontro ao raciocínio utilizado a jusante:

$$\boxed{Perdas\ reais \approx 24h \cdot CMN \quad (m^3/dia)} \quad (4.3)$$

Como não foi possível obter os dados dos consumo de água ($C_{\text{água}}$), procedeu-se da seguinte maneira, sabendo que:

$$\left\{ \begin{array}{l} Perdas\ reais = Distribuição\ de\ água\ (D_{\text{água}}) - Consumo\ de\ água\ (C_{\text{água}}) \\ \iff \\ \boxed{Consumo\ de\ água\ (C_{\text{água}}) = Distribuição\ de\ água\ (D_{\text{água}}) - Perdas\ reais \quad (m^3/dia)} \end{array} \right. \quad (4.4)$$

Tendo em consideração que os caudais de origem doméstica (Q_d) podem ser obtidos a partir dos dados de consumo de água ($C_{\text{água}}$), no sentido de se estimarem os caudais de água residual derivados desse consumo, devendo estes valores estar compreendidos entre os 60 e os 90% (Santo, 2008), estimou-se para este caso específico que:

$$\boxed{Q_d = 80\% \cdot C_{\text{água}} \quad (m^3/dia)} \quad (4.5)$$

Por último, da análise da figura 4.1, depreende-se que a componente infiltração (direta e indireta) nos sistemas de drenagem de águas residuais se traduz da seguinte forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_a = Q_i + Q_d \\ Q_i = Q_{i.\text{indireta}} + Q_{i.\text{direta}} \\ \text{Admitindo que: } \boxed{Q_{i.\text{indireta}} = \text{mín}(Q_i) \quad (m^3/dia)} \end{array} \right. \iff \left\{ \begin{array}{l} \boxed{Q_i = Q_a - Q_d \quad (m^3/dia)} \\ Q_{i.\text{direta}} = Q_i - Q_{i.\text{indireta}} \iff \\ \text{---} \end{array} \right. \iff \left\{ \begin{array}{l} \text{---} \\ \boxed{Q_{i.\text{direta}} = Q_i - \text{mín}(Q_i) \quad (m^3/dia)} \\ \text{---} \end{array} \right. \quad (4.6)$$

Estamos assim munidos de todas as relações matemáticas que nos permitem estimar a componente infiltração nos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas.

De salientar que, no processo de seleção dos dados obtidos experimentalmente, verificou-se a ocorrência de uma avaria no *data logger* instalado no reservatório abastecedor de água de Lorvão, impedindo-nos de registar os valores de distribuição de água e dos caudais mínimos noturnos, sendo então necessário subdividir o período de estudo em 2 intervalos de tempo. O 1.º intervalo de estudo foi de 1 a 18 de Abril e o 2.º de 1 a 30 de Junho de 2012.

Também a inexistência de dados relativos à precipitação (pelo facto do udómetro ainda não se encontrar instalado aquando do 1.º período de estudo), impossibilitou, como pretendíamos, relacionar a influência da mesma com os caudais afluentes à ETAR.

4.5 Análise e tratamento dos dados de medição

Através da análise e tratamento dos dados de medição que se encontram no Anexo (B), verificou-se a existência de caudais noturnos, caudais estes medidos entre a 1 e as 5 horas da manhã. Estes caudais não são expetáveis, uma vez que a rede em estudo se encontra localizada numa zona predominantemente residencial, pelo que não deveria haver consumo de água nesse período, sendo razoável assumir que se trata de perdas reais.

Porém, como mencionado anteriormente, existem alguns autores que consideram que os caudais mínimos noturnos traduzem uma boa aproximação das perdas reais nos sistemas de distribuição. Teoricamente seria assim de esperar que quanto maiores as perdas reais, maiores seriam os caudais afluentes à ETAR, acrescidos estes devidos aos caudais de infiltração (água proveniente das roturas ao infiltrar-se no sistema de drenagem).

Na prática tal não aconteceu com a mesma linearidade, como podemos verificar nas figuras 4.13 e 4.14, mas, podem retirar-se algumas ilações do sucedido.

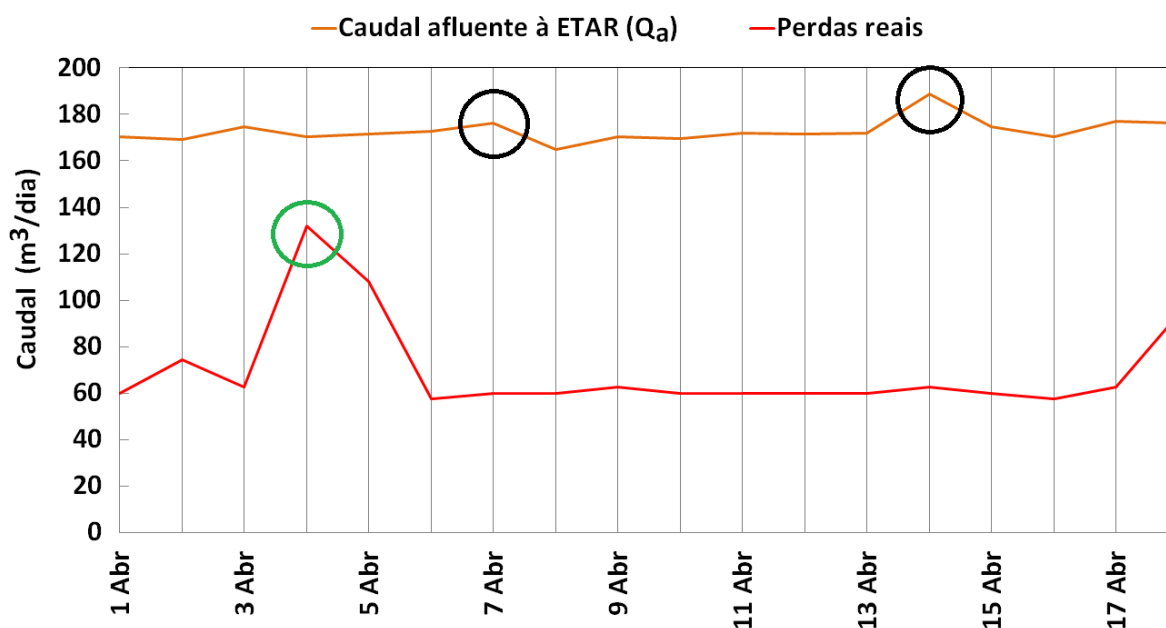


Figura 4.13: Relação entre dados, 1.º período de estudo

Relativamente ao 1.º período de estudo, do qual não possuímos dados de precipitação, fazendo uma analogia entre a data de ocorrência do pico das perdas (4 de Abril, identificado a verde na figura 4.13) e a consulta dos registos de trabalho do Departamento de Águas da Câmara Municipal de Penacova, observámos que, especificamente, neste dia foi detetada e reparada com prontidão uma rotura no sistema de distribuição de água da vila de Lorvão, não se manifestando este valor com a mesma amplitude em termos de valores de caudais afluentes à ETAR (Q_a).

Frisando os picos de caudal afluente à ETAR, nomeadamente nos dias 7 e 14 de Abril (indicados a preto na figura 4.13), estes podem ser explicados por se tratarem de fins de semana, isto é, dias em que a população consome mais água e, consequentemente, produz mais caudal de origem doméstica.

Para o 2.º período de estudo já se dispõe de dados de precipitação, como se pode verificar na figura 4.14.

Neste período, nem sempre se verificou que quanto maiores as perdas reais, maiores os caudais afluentes à ETAR. Por exemplo, esta relação pode ser verificada nos dias 16 e 17 de Junho, mas não nos dias 20 e 24 de Junho.

Analisando especificamente o pico ocorrido no fim de semana de 16 e 17 de Junho de 2012 (simbolizado a verde na figura 4.14), este deveu-se à ocorrência de precipitação que produziu

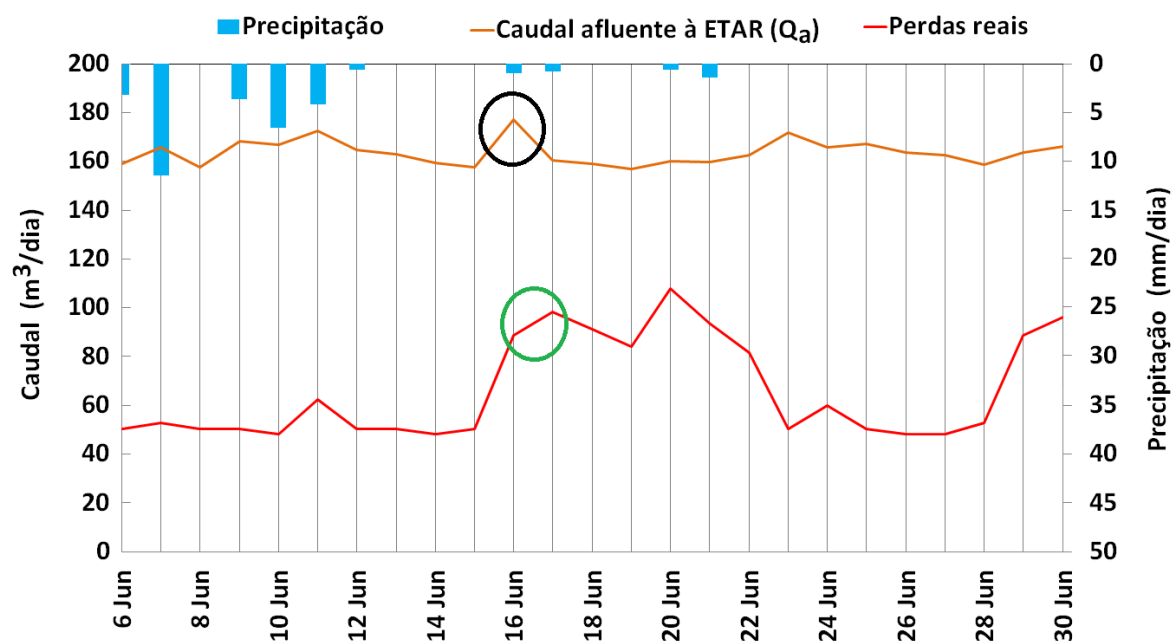


Figura 4.14: Relação entre dados, 2.º período de estudo

um acréscimo relativo de caudais à ETAR (indicado a preto na figura 4.14).

Da figura suprarrepresentada, retira-se que os caudais afluentes à ETAR atingem picos quando os valores de precipitação se intensificam. Esta oscilação de valores presume-se resultante das infiltrações com origem direta na precipitação.

Por outro lado, existem eventos de pluviosidade que não originam acréscimos significativos de caudal à ETAR, em virtude da fraca intensidade, pois representam intensidades iguais ou inferiores a 5 mm/dia.

Em suma, os valores máximos de afluência à ETAR não possuem um comportamento padronizado, devido à existência de alguns fatores que alteram o seu procedimento, entre os quais podemos destacar as roturas no sistema de distribuição e a ocorrência de precipitação, que provocam infiltrações nos sistemas de drenagem, sendo ambos fatores aleatórios.

Por outras palavras o aumento do volume afluente à ETAR é produzido por precipitação ou por aumento do consumo de água.

Nas páginas que se seguem, apresentam-se os quadros 4.1 e 4.2 e as figuras 4.15 a 4.18, sendo estes os elementos resumo das estimativas obtidas no Anexo (B), para os caudais de origem doméstica e de infiltração para ambos os períodos de estudo.

1.º Período de estudo

Quadro 4.1: Resumo dos caudais estimados, 1.º período de estudo

Σ Caudal afluente à ETAR (Q_a)	3.113 m ³
Σ Caudal de origem doméstica (Q_d)	1.272 m ³
Σ Caudal de infiltração (Q_i)	1.841 m ³
Σ Caudal de infiltração direta ($Q_{i,direta}$)	493 m ³
Σ Caudal de infiltração indireta ($Q_{i,indireta}$)	1.349 m ³

Em termos percentuais, estimou-se que o caudal médio afluente à ETAR se traduz da forma representada na figura 4.15.

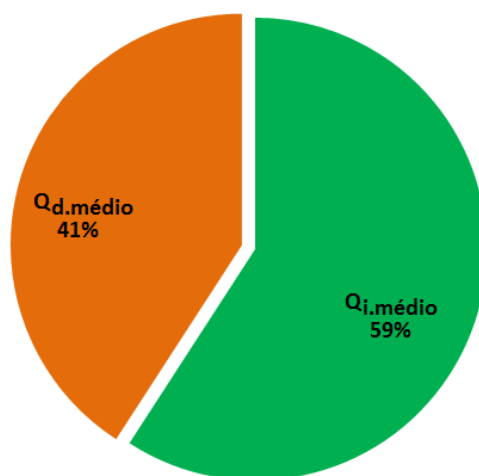


Figura 4.15: Caudal médio de origem doméstica ($Q_{d,médio}$) vs. Caudal médio de infiltração ($Q_{i,médio}$), 1.º período de estudo

O caudal médio de infiltração representa cerca de 59% do caudal afluente à ETAR na rede de Lorvão, dividindo-se em caudal médio de infiltração direta e indireta, conforme representado na figura 4.16.

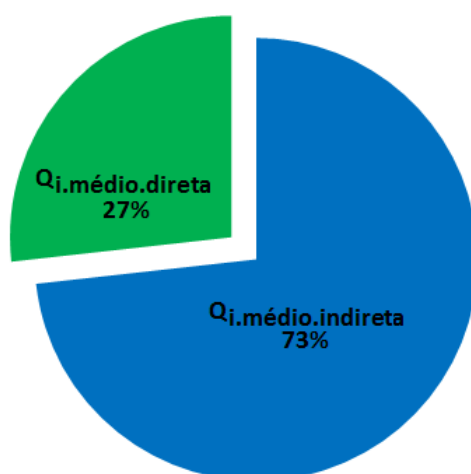


Figura 4.16: Caudal médio de infiltração direta ($Q_{i,médio,direta}$) vs. Caudal médio de infiltração indireta ($Q_{i,médio,indireta}$), 1.º período de estudo

2.º Período de estudo

Quadro 4.2: Resumo dos caudais estimados, 2.º período de estudo

Σ Caudal afluente à ETAR (Q_a)	4.090 m ³
Σ Caudal de origem doméstica (Q_d)	1.953 m ³
Σ Caudal de infiltração (Q_i)	2.137 m ³
Σ Caudal de infiltração direta ($Q_{i.direta}$)	732 m ³
Σ Caudal de infiltração indireta ($Q_{i.indireta}$)	1.405 m ³

Em termos percentuais, estima-se que o caudal médio afluente à ETAR se traduz da forma representada na figura 4.17.

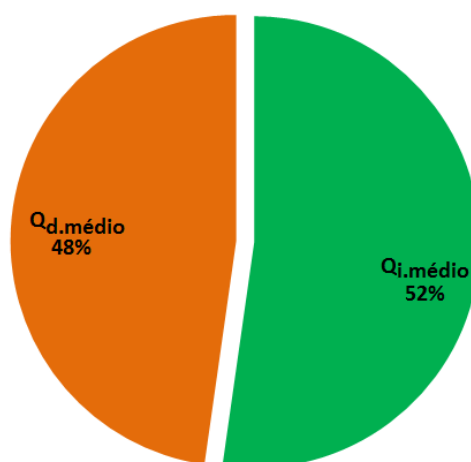


Figura 4.17: Caudal médio de origem doméstica ($Q_{d.médio}$) vs. Caudal médio de infiltração ($Q_{i.médio}$), 2.º período de estudo

O caudal médio de infiltração representa cerca de 52% do caudal afluente à ETAR na rede de Lorvão, o qual se divide em caudal médio de infiltração direta e indireta, conforme representado na figura 4.18.

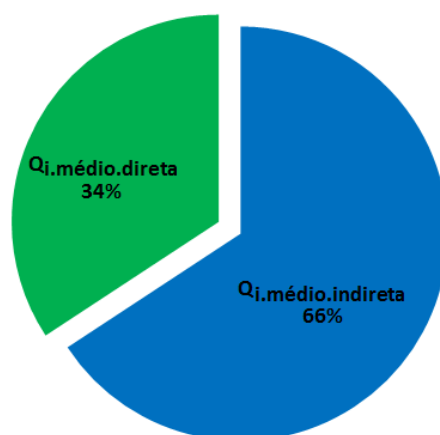


Figura 4.18: Caudal médio de infiltração direta ($Q_{i.médio.direta}$) vs. Caudal médio de infiltração indireta ($Q_{i.médio.indireta}$), 2.º período de estudo

Atendendo aos cálculos apresentados pode afirmar-se que os níveis de infiltração são superiores aos recomendáveis, tanto para o primeiro (59%) como para o segundo (52%) período de estudo, ou seja, ambos superiores a 50%, valor este tido em conta para o dimensionamento das redes de drenagem.

Em forma de conclusão, pode-se afirmar que tanto para o primeiro (73%) como para o segundo período de estudo (66%), os caudais de infiltração indireta são superiores aos caudais de origem direta, valores estes resultantes das anomalias morfológicas desta rede.

Capítulo 5

Conclusões

O presente relatório de estágio aborda a metodologia utilizada para a caracterização e controlo das aflúências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais e as estratégias que permitiram aferir o seu desempenho no que respeita aos caudais de infiltração, de um modo claro, simples e objetivo para que a sua leitura seja facilmente perceptível, tanto por especialistas da área como pela comunidade em geral.

Refletindo sobre a sua conduta enquanto estagiário, salienta-se que o autor deste relatório procurou empenhar-se e esforçar-se ao máximo nas tarefas que se propôs cumprir, por forma a atingir os objetivos previamente estabelecidos. Também o empenho de todos os elementos com os quais teve a oportunidade de trabalhar, desde o Engenheiro Figueiredo ao Técnico Operacional Miguel, e a forma como o acolheram e integraram foram fatores que contribuíram para que esses mesmos objetivos fossem alcançados.

No que diz respeito aos contributos que, futuramente, este trabalho possa ter na caracterização e controlo das aflúências indevidas, salienta-se a construção de um cadastro atualizado da rede de drenagem de águas residuais, bem como de uma base de dados associada a estas redes com a identificação das características das câmaras de visita, das caixas de ramal e ramais, das fossas sépticas e dos coletores de águas residuais domésticas, que facilitarão o processo de monitorização das falhas detetadas na rede.

Como fatores preponderantes que possibilitaram o correto levantamento deste cadastro destacam-se a existência do mapa digital em SIG e da cartografia do Município de Penacova, pois sem os mesmos não teria sido possível realizar o levantamento em formato de sistema de informação. De referir que se tentou reportar da melhor forma o que se expôs nesse cadastro, através da elaboração de um mapa que procura traduzir a realidade do sistema de drenagem de águas residuais domésticas desta vila.

Relativamente ao desempenho técnico do sistema de drenagem de águas residuais domésticas em relação à componente média de infiltração verificou-se que a percentagem foi de 59% para o primeiro período, em que não existiam dados relativos à precipitação, e de 52% para o segundo período, com dados de precipitação disponíveis.

Analisando o valor relativo ao volume médio de infiltrações diretas, no 2.º período, este toma valores de 34% e, no 1.º período, de 27%. Esta diferença pode ser explicada pelo facto de a origem destes caudais estar intimamente relacionada com os períodos de precipitação, aos quais não se teve acesso no 1.º período.

Por outro lado, os pressupostos considerados na estimativa do caudal de infiltração indireta, que corresponderia ao valor mínimo dos caudais de infiltração, e das perdas reais, que seriam o valor mínimo de distribuição entre a 1 e as 5 horas da manhã, podem não ser aplicáveis/exequíveis, tendo influência direta nos resultados obtidos.

Já o coeficiente de afluência à rede, 80% do consumo de água, obtido através dos pressupostos utilizados para estimar o caudal de origem doméstica, é um valor que se justifica pelo facto de que nem toda a água consumida aflui aos sistemas de drenagem, estando entre os valores tipificados.

Uma contrapartida que influenciou negativamente os resultados obtidos relacionou-se com a avaria do *data logger* do reservatório no período de estudo indicado, o que levou a uma setorização do mesmo, o que poderá enviesar as conclusões retiradas, pois os períodos de estudo utilizados são parcos para que se possa fazer uma adequada generalização dos resultados. Além disso, importa referir que em algumas ruas as câmaras de visita estavam pavimentadas, pelo que não foi possível averiguar a existência ou não de alguma ligação ilícita.

Com o estudo realizado conclui-se que os caudais de infiltração são provocados por perdas que ocorrem nos sistemas de distribuição de água que, ao se infiltrarem nos terrenos, atingem os lençóis freáticos. Com a variação sazonal dos níveis freáticos, influenciados por eventos pluviométricos, estes caudais têm tendência a afluírem aos sistemas de drenagem através de falhas/roturas existentes nestes sistemas, designados por caudais de infiltração de origem indireta.

Pelo exposto, e devido à existência de tampas partidas ou oxidadas, à influência da precipitação, das ligações ilícitas, da idade e estado de conservação dos sistemas de drenagem e ao facto de a rede em estudo ser totalmente gravítica e parte estar localizada abaixo do nível de uma ribeira, torna-se difícil padronizar os dados obtidos, sendo assim necessária alguma prudência na generalização destas conclusões para outras redes de drenagem de águas residuais domésticas.

Com este trabalho tentou-se dar o mote à redução das infiltrações nestes sistemas, inculcando o mesmo espírito na população, para que num futuro próximo se consiga cumprir com o proposto no PEAASAR II.

Em suma, esta foi sem dúvida uma vivência que marcou o autor deste relatório, não só a nível profissional, mas também a nível pessoal, dado que este foi o seu primeiro contacto com o “mundo real” da Engenharia Civil, no qual foi colocado à prova como profissional, o que o fez ter consciência da importância e do peso da responsabilidade de ser Engenheiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M., Palma, J., e Ribeiro, A. (2013). <http://jornadas2012.lnec.pt>. Estudo do LNEC: Medição de caudal volumétrico (escoamentos em superfície livre). Consultado em Fevereiro de 2013.
- Almeida, S. e Monteiro, P. (2004). *Incidência de caudais de águas pluviais em rede de drenagem de águas residuais - Dois casos de estudo em municípios do Norte de Portugal*. Atas do 7º Congresso da Água, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.
- Amorim, H. (2007). *Afluências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais*. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems, A Management Perspective*. Ottawa, Canada, WDL Publications.
- Arregui, F., Cabrera, E., e Cobacho, R. (2006). *Integrated Water Meter Management*. London, IWA Publishing.
- Badin Jr, H. (2012). <http://www.sabereletronica.com.br>. Produtos/Instrumentação. Consultado em Dezembro de 2012.
- Colarejo, J. (2011). *Contadores de Água*. Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- Concord, Ma(2012). <http://www.concordma.gov>. The status of municipal wastewater treatment in Concord, Ma. Consultado em Outubro de 2012.
- ERSAR (2013). <http://www.ersar.pt>. Consultado em Março de 2013.
- ESRI (2013). <http://resources.arcgis.com>. ArcGIS Resources, Consultado em Fevereiro de 2013.
- Estevan, C. (2005). *Aportaciones a la Gestión de los Sistemas de Medición de Caudal en Redes de Distribución de Agua a Presión*. Tese de Mestrado, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Espanha.
- Franz, T. (2007). *Spatial classification methods for efficient infiltration measurements and transfer of measuring results*. Tese de Mestrado, Institut fur Siedlungs - und Industrierwasserwirtschaft Technische Universität Dresden, Alemanha.
- Gamboa, M., Almeida, M. C., Matos, M. R., e Matos, J. (2000). *Controlo da descarga de excedentes no sistema de saneamento da Costa do Estoril*. 1.º Relatório de Progresso - Caracterização e diagnóstico da situação actual, LNEC 324/00-NES, Lisboa.
- GIS, B. D. (2013). <http://bgis.sanbi.org>. Consultado em Fevereiro de 2013.

- Instituto de Meteorologia, I. P. (2012). <http://www.meteo.pt>. Consultado em Novembro de 2012.
- Malheiro, R. (2011). *Controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com utilização de telecontagem*. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Marques, J. e Sousa, J. (2011). *Hidráulica Urbana - Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais. 3.ª Edição*. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Meteoelectronica (2013). <http://meteoelectronica.blogspot.pt>. Produtos de medição de precipitação. Consultado em Junho de 2013.
- Mortinho, A. (2011). *Avaliação de Caudais de Infiltração em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra.
- Portela, M. (2012). <http://www.civil.ist.utl.pt>. Precipitação (medição - aparelhos totalizador ou udómetro). Consultado em Novembro de 2012.
- Ribeiro, A. (2010). *Apontamentos da disciplina Sistemas de Informação Geográfica*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil.
- Santo, L. (2008). *Sistemas Simplificados de Saneamento de Águas Residuais - Abordagem integrada*. Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Santos, J., Guerreiro, P., e Escanchinas, V. (Ano letivo 2007-2008). *Apontamentos de Sistemas de Informação Geográfica*. Universidade de Coimbra, FL IEG.
- SECIL (2013). <http://www.secilprebetao.pt>. Consultado em Março de 2013.
- Sousa, A. (2011). *Avaliação de Erros de Sub-Contagem em Contadores de Água Domésticos*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra.
- Sousa, E. (2013). *Disciplina de Saneamento Ambiental I*. Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura.
- Sousa, E. e Monteiro, A. (2013). *Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura*. Secção de Hidráulica e dos Recursos Hídricos e Ambientais, Licenciatura em Engenharia Civil.
- Sousa, J. (2012). *Apontamentos de Hidráulica Aplicada II*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- Trocado, P. (2011). *Formação em Sistemas de Informação Geográfica*. Instituto Superior Técnico Lisboa - Portugal.
- White, M., Johnson, H., Anderson, G., e Misstear, B. (1997). *Control of infiltration to sewers*. Report 175, CIRIA,UK.

York (2012). <http://www.york.ca>. York region and municipal inflow and infiltration reduction program. Consultado em Novembro de 2012.

ANEXO A

Folhas de auxílio ao levantamento do cadastro

Folha de levantamento das Câmaras de Visita	Lorvão
---	--------

ObjectID	Rua	Estado de conservação	Ligações ilícitas
1	Rua da Estrada Nova	Tampa Partida	2
2	" "	Bom	2
3	" "	Bom	2
4	Rua Evaristo Lopes Guimarães	Nova	2
5	" "	Nova	2
6	" "	Funciona em T	2
7	Rua da Levada	Bom	2
8	" "	" "	2
9	Rua Evaristo Lopes Guimarães	" "	2

Figura A.1: Exemplo de preenchimento de uma folha de levantamento [Câmara de visita]

Folha de levantamento das Caixas de Ramal	Lorvão
---	--------

ObjectID	Rua	Nº de porta	Nº do contador	Ramal			
				Ligado	Usado	Ligações ilícitas	Observações
1	Rua do Bairro	42	41028	1	1	2	
2	" "	59	48758	1	1	2	
3	" "	55	121757	1	1	2	
4	" "	30	725744	1	1	2	
5	" "	49	48693	1	1	2	
6	" "	28	1392	1	1	2	Tampa partida
		47	48691				
		45	48700				
7	" "	43	767	1	1	2	
		41	-----				
8	" "	24	48792	1	1	2	
		22	48797				
9	" "	20	101055	1	1	2	

Figura A.2: Exemplo de preenchimento de uma folha de levantamento [Caixa de ramal]

Tabelas de atributos dos vários objetos recolhidos *in situ*

Table

fossa séptica

OBJECTID *	Rua	Nº Porta	Nº Contador	Observações
1	Rua Evaristo Lopes Guimarães	22	013180	<Null>
2	Rua do Bairro	21/23	<Null>	Não é estanque, possível ligação de águas pluviais
3	Rua do Bairro	--	--	Lar de Idosos com bombagem
4	Rua da Levada	6	--	--
5	Rua da Levada	8	--	--
6	Rua da Levada	Campo de Futebol	<Null>	<Null>
7	Rua da Levada	Fábrica Begal	<Null>	<Null>
8	Rua Lavatodos	<Null>	<Null>	Proprietário com bombagem
9	Rua Lavatodos	5,3,1	--	Possível fossa séptica
10	Rua eng. Horário de Moura	25	--	<Null>
11	Rua eng. Horário de Moura	21	--	<Null>

fossa séptica

Figura A.3: Tabela de atributos em *ArcGIS* referentes ao objeto Fossa séptica

OBJECTID *	Rua	Nº Porta	Nº Contador	Ramal Ligado	Ramal Usado	Ligações ilícitas	Observacoes
225	Rua do Barroco	8	48985	1	1	2	<Null>
227	Rua do Rio da Ponte	8	25131	1	1	2	<Null>
228	Rua do Rio da Ponte	6	20825	1	1	2	<Null>
229	Rua do Rio da Ponte	4	40981	2	2	2	Pavimentada
230	Rua do Rio da Ponte	<Null>	<Null>	1	1	2	<Null>
231	Rua da Estrada Nova	9	6887	1	1	2	<Null>
232	--	<Null>	<Null>	1	1	2	Rua com saneamento
235	Rua do Alfandaque	16	174030	1	1	2	Usam o mesmo ramal de saneamento
237	1ª travessa do Bairro	2	<Null>	1	1	2	Incerteza do traçado tomado
238	Rua da Quelha	<Null>	<Null>	1	1	2	Recebe do 3 e do 5 da rua da Quelha
271	Rua dos Penedos	2	<Null>	1	1	2	<Null>
272	Rua do Barroco	<Null>	<Null>	2	2	2	Inacessível
240	Rua da Estrada Nova	17	<Null>	2	2	2	Inacessível
241	Rua da Estrada Nova	13	<Null>	2	2	2	Inacessível
242	Rua da Estrada Nova	11	48881	1	1	2	<Null>
243	Rua da Estrada Nova	9	<Null>	2	2	2	Inacessível
244	Rua da Estrada Nova	12	48852	1	1	2	<Null>
261	Rua da Levada	1	49001	1	1	2	<Null>
262	Rua da Estrada Nova	8	<Null>	1	2	2	Nao usado
263	Rua da Estrada Nova	<Null>	<Null>	2	2	2	Sem informacao
264	Rua Evaristo Lopes Guimar	13	722915	1	2	2	<Null>
245	Rua do Bairro	4	<Null>	1	1	1	Ligacao ilegal de aguas pluviais
246	Rua da Estrada Nova	<Null>	<Null>	1	1	1	POSSIVEL LIGAÇÃO DE AGUAS PLUVIAIS,
247	Rua do Bairro	5	722628	1	1	2	<Null>
267	Rua Bissaya Barreto	38	48653	1	1	2	<Null>
268	Rua Bissaya Barreto	15	55390	1	1	2	<Null>
269	Rua da Chamine	<Null>	<Null>	1	1	2	<Null>
270	Rua Bissaya Barreto	6	<Null>	1	1	2	<Null>
249	Rua Bissaya Barreto	1	<Null>	2	2	2	Inacessível
273	Hospital Psiquiátrico de Lor	<Null>	<Null>	2	2	2	<Null>

Figura A.4: Tabela de atributos em ArcGIS referentes ao objeto Caixa de ramal

Table

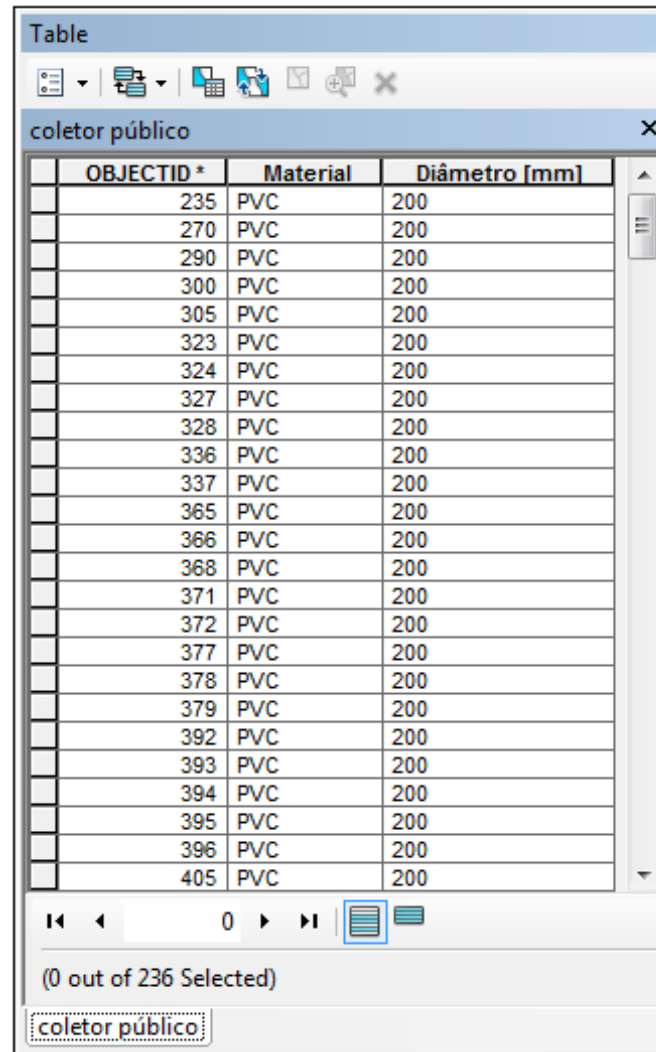
câmara_visita

OBJECTID *	Rua	Estado conservação	Liqacoes ilicitas	Observações
49	Rua da Levada	Bom	2	<Null>
50	Rua da Levada	Tampa partida	1	Tampa partida
51	Rua da Levada	Tampa partida	1	Tampa partida
52	Rua da Levada	Tampa partida	1	Tampa partida
53	Rua da Levada	Bom	2	<Null>
54	Rua da Levada	Bom	2	Caudal muito baixo
55	Rua da Levada	Bom	2	<Null>
56	Rua da Levada	Bom	2	Caudal muito baixo
57	Rua da Levada	Tampa partida	1	Tampa partida, sem caudal
58	Rua da Levada	Bom	2	Sem caudal
60	Rua da Levada	Bom	2	Sem caudal
61	Rua da Levada	Bom	2	Sem caudal
62	Rua da Levada	Bom	2	Sem caudal
63	Rua da Levada	Tampa partida	1	Tampa partida, sem caudal
64	Rua da Levada	Bom	2	Sem caudal
65	Rua da Levada	Tampa partida	1	Tampa partida, sem caudal
66	Rua da Levada	Bom	2	Saneamento inicia aqui
67	Rua Evaristo Lopes Guimarães	Bom	2	<Null>
68	Rua Lavatodos	Bom	2	Profundidade 8m, caudal baixo, v.esc/ elevado
69	Rua Lavatodos	Bom	2	Velocidade de escoamento elevada
70	Rua Lavatodos	Bom	2	5metros de profundidade, v. esc/ elevado
71	Rua Lavatodos	Bom	2	2metros de profundidade, caudal baixo
72	Rua Lavatodos	Bom	2	50 cm de profundidade, caudal baixo
73	Rua Lavatodos	Bom	2	<Null>
74	terreno agrícola	Bom	2	<Null>
75	terreno agrícola	Bom	2	<Null>
76	terreno agrícola	Bom	2	<Null>
77	terreno agrícola	Bom	2	<Null>
78	Rua São Pedro	Bom	2	<Null>
79	Rua Lavatodos	Bom	2	Velocidade de escoamento baixa, caudal baixo

1 (0 out of 187 Selected)

câmara_visita

Figura A.5: Tabela de atributos em ArcGIS referentes ao objeto Câmara de visita



The screenshot shows a window titled 'Table' with a toolbar at the top. Below the toolbar is a header bar for the table named 'coletor público'. The table has three columns: 'OBJECTID *', 'Material', and 'Diâmetro [mm]'. The data rows are as follows:

OBJECTID *	Material	Diâmetro [mm]
235	PVC	200
270	PVC	200
290	PVC	200
300	PVC	200
305	PVC	200
323	PVC	200
324	PVC	200
327	PVC	200
328	PVC	200
336	PVC	200
337	PVC	200
365	PVC	200
366	PVC	200
368	PVC	200
371	PVC	200
372	PVC	200
377	PVC	200
378	PVC	200
379	PVC	200
392	PVC	200
393	PVC	200
394	PVC	200
395	PVC	200
396	PVC	200
405	PVC	200

At the bottom of the window, there is a status bar showing '(0 out of 236 Selected)' and a text box containing 'coletor público'.

Figura A.6: Tabela de atributos em *ArcGIS* referentes ao objeto Coletor público (coletor de águas residuais domésticas)

Table

ramais

OBJECTID *	Rua	Nº Porta	Ramal usado	Ligações ilícitas
16	Rua Adelino Prista da Fonseca Hortelão	16	2	2
17	Rua Eng. Horácio de Moura	17	2	2
18	Rua Eng. Horácio de Moura	15	2	2
19	Rua Eng. Horácio de Moura	19	2	2
20	Rua Eng. Horácio de Moura	22	2	2
21	Rua Eng. Horácio de Moura	23	2	2
22	Rua Eng. Horácio de Moura	24	2	2
23	Rua Eng. Horácio de Moura	26	1	2
24	Rua Eng. Horácio de Moura	27	2	2
27	Rua do Alfandaque	10	2	2
28	Rua do Alfandaque	10	2	2
29	Rua do Alfandaque	8	2	2
30	Rua do Alfandaque	8	2	2
31	Rua do Alfandaque	16	2	2
32	Rua Adelino Prista da Fonseca Hortelão	2	2	2
33	Rua do Alfandaque	22	2	2
34	Rua do Alfandaque	11	2	2
37	Rua do Bairro	61	2	2
38	Rua do Bairro	28	1	2
39	Rua da Levada	20	2	2
41	Rua do Bairro	<Null>	2	2
42	Escadaria Santo António	31	1	2
43	Rua do Bairro	11	1	2
47	1ª Travessa da rua do Bairro	6	1	2
49	1ª Travessa da rua do Bairro	2	1	2
50	1ª Travessa da rua do Bairro	2	2	2
52	Rua do Bairro	<Null>	2	2
56	1ª Travessa da rua do Bairro	1	2	2
58	Rua da Quelha	5	2	2

1 (0 out of 149 Selected)

ramais

Figura A.7: Tabela de atributos em ArcGIS referentes ao objeto Ramal

ANEXO B

Análise e tratamento dos dados de medição

Quadro B.1: Dados do 1.º período de estudo

Dia/Mês 2012	Dados de medição				Tratamento de dados				
	Q _a (m ³ /dia)	D _{água} (m ³ /dia)	CMN (m ³ /h)	Perdas reais (m ³ /dia)	C _{água} (m ³ /dia)	Q _d (m ³ /dia)	Q _i (m ³ /dia)	Q _{i.indireta} (m ³ /dia)	Q _{i.direta} (m ³ /dia)
1 Abr	170	140	2,5	60,0	80	64	106	75	31
2 Abr	169	143	3,1	74,4	69	55	114	75	39
3 Abr	175	181	2,6	62,4	118	95	80	75	5
4 Abr	170	237	5,5	132,0	105	84	87	75	12
5 Abr	172	177	4,5	108,0	69	55	117	75	42
6 Abr	173	168	2,4	57,6	110	88	85	75	10
7 Abr	176	187	2,5	60,0	127	101	<i>mín</i> 75	75	0
8 Abr	165	133	2,5	60,0	73	58	107	75	32
9 Abr	170	169	2,6	62,4	106	85	86	75	11
10 Abr	170	133	2,5	60,0	73	58	112	75	37
11 Abr	172	133	2,5	60,0	73	58	114	75	39
12 Abr	172	137	2,5	60,0	77	61	110	75	36
13 Abr	172	140	2,5	60,0	80	64	108	75	33
14 Abr	189	151	2,6	62,4	89	71	118	75	43
15 Abr	175	125	2,5	60,0	65	52	<i>máx</i> 123	75	48
16 Abr	170	137	2,4	57,6	80	64	107	75	32
17 Abr	177	160	2,6	62,4	98	78	99	75	24
18 Abr	176	193	3,9	93,6	100	80	96	75	22

Quadro B.2: Resultados do 1.º período de estudo

$\Sigma Q_a = 3.113 \text{ (m}^3\text{) [1]}$	$\Sigma Q_d = 1.272 \text{ (m}^3\text{) [2]}$	$\Sigma Q_i = 1.841 \text{ (m}^3\text{) [3]}$	$\Sigma Q_{i.indireta} = 1.349 \text{ (m}^3\text{) [4]}$	$\Sigma Q_{i.direta} = 493 \text{ (m}^3\text{) [5]}$
$Q_{d.médio} = [2]/[1] = 41\%$		$Q_{i.médio} = [3]/[1] = 59\%$		$Q_{i.médio.indireta} = [4]/[3] = 73\%$
$Q_{i.médio.direta} = [5]/[3] = 27\%$				

Quadro B.3: Dados do 2.º período de estudo

Dia/Mês 2012	Dados de medição				Tratamento de dados					
	<i>Precipitação</i> (mm/dia)	Q_a (m ³ /dia)	$D_{\text{água}}$ (m ³ /dia)	CMN (m ³ /h)	<i>Perdas reais</i> (m ³ /dia)	$C_{\text{água}}$ (m ³ /dia)	Q_d (m ³ /dia)	Q_i (m ³ /dia)	$Q_{i,\text{indireta}}$ (m ³ /dia)	$Q_{i,\text{direta}}$ (m ³ /dia)
6 Jun	3	159	136	2,1	50,4	86	69	90	56	34
7 Jun	11	166	125	2,2	52,8	72	58	108	56	52
8 Jun	0	158	130	2,1	50,4	79	63	94	56	38
9 Jun	4	168	150	2,1	50,4	99	79	89	56	33
10 Jun	7	167	121	2,0	48,0	73	58	109	56	52
11 Jun	4	172	129	2,6	62,4	66	53	máx 119	56	63
12 Jun	1	165	121	2,1	50,4	71	57	108	56	52
13 Jun	0	163	127	2,1	50,4	77	61	102	56	45
14 Jun	0	160	128	2,0	48,0	80	64	96	56	40
15 Jun	0	158	160	2,1	50,4	110	88	70	56	14
16 Jun	1	177	206	3,7	88,8	118	94	83	56	27
17 Jun	1	160	185	4,1	98,4	86	69	91	56	35
18 Jun	0	159	185	3,8	91,2	94	75	84	56	28
19 Jun	0	157	193	3,5	84,0	109	87	70	56	14
20 Jun	1	160	217	4,4	108,0	109	87	73	56	17
21 Jun	1	160	189	3,9	93,6	95	76	84	56	28
22 Jun	0	162	179	3,4	81,6	97	78	85	56	28
23 Jun	0	173	186	2,1	50,4	136	108	63	56	7
24 Jun	0	166	161	2,5	60,0	101	81	85	56	29
25 Jun	0	167	162	2,1	50,4	112	89	78	56	22

Quadro B.4: Continuação dos dados do 2.º período de estudo

Dados de medição					Tratamento de dados					
Dia/Mês 2012	Precipitação (mm/dia)	Q _a (m ³ /dia)	D _{água} (m ³ /dia)	CMN (m ³ /h)	Perdas reais (m ³ /dia)	C _{água} (m ³ /dia)	Q _d (m ³ /dia)	Q _i (m ³ /dia)	Q _{i.indireta} (m ³ /dia)	Q _{i.direta} (m ³ /dia)
26 Jun	0	163	162	2,0	48,0	114	91	72	56	16
27 Jun	0	162	160	2,0	48,0	112	89	73	56	17
28 Jun	0	159	181	2,2	52,8	128	102	<i>mín</i> 56	56	0
29 Jun	0	164	206	3,7	88,8	117	94	70	56	14
30 Jun	0	166	198	4,0	96,0	102	82	84	56	28

Quadro B.5: Resultados do 2.º período de estudo

$\Sigma Q_a = 4.090 \text{ (m}^3\text{) [1]}$	$\Sigma Q_d = 1.953 \text{ (m}^3\text{) [2]}$	$\Sigma Q_i = 2.137 \text{ (m}^3\text{) [3]}$	$\Sigma Q_{i.indireta} = 1.405 \text{ (m}^3\text{) [4]}$	$\Sigma Q_{i.direta} = 732 \text{ (m}^3\text{) [5]}$
$Q_{d.médio} = [2]/[1] = 48\%$ $Q_{i.médio} = [3]/[1] = 52\%$ $Q_{i.médio.indireta} = [4]/[3] = 66\%$ $Q_{i.médio.direta} = [5]/[3] = 34\%$				

Representação gráfica dos resultados

$$\text{Caudal afluyente à ETAR } (Q_a) = \text{Caudal de origem doméstica } (Q_d) + \text{Caudal de infiltração } (Q_i)$$

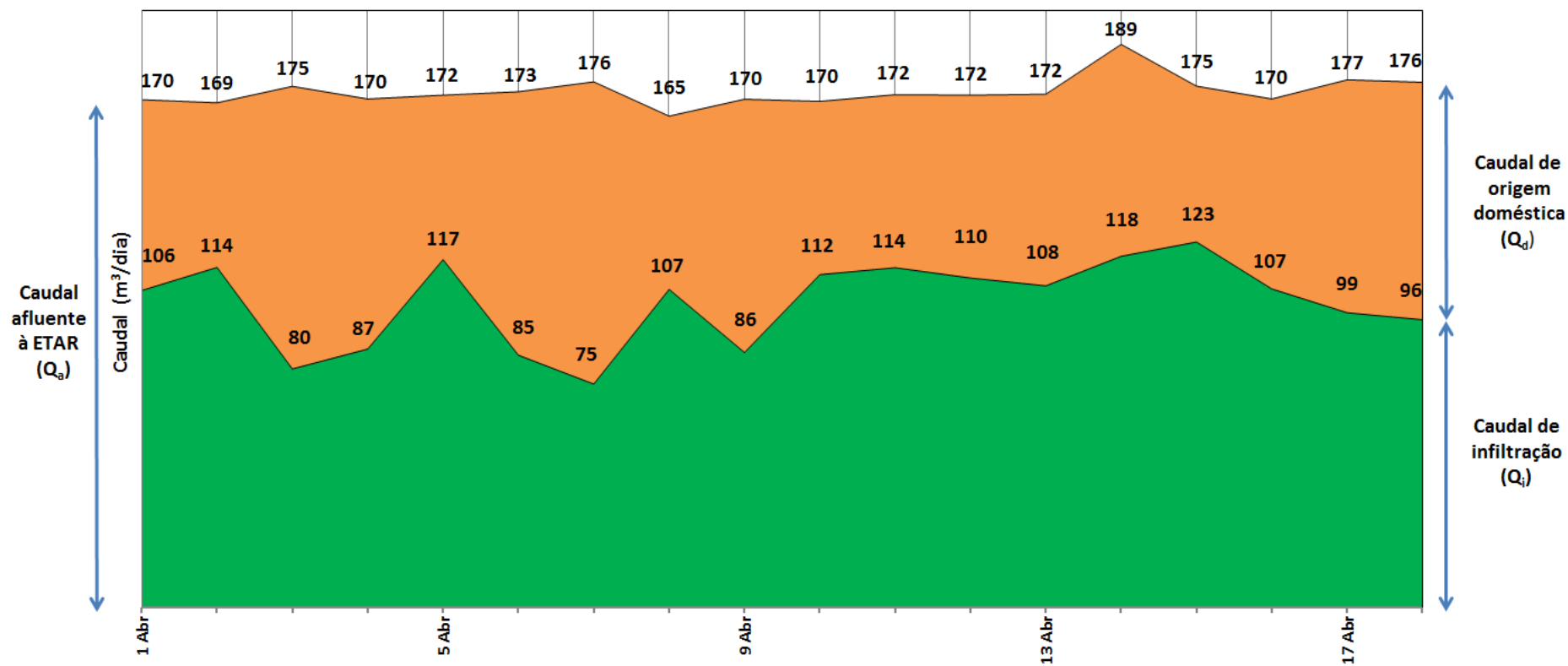


Figura B.1: Gráfico dos caudais de origem doméstica (Q_d) vs. caudais de infiltração (Q_i), 1.º período de estudo

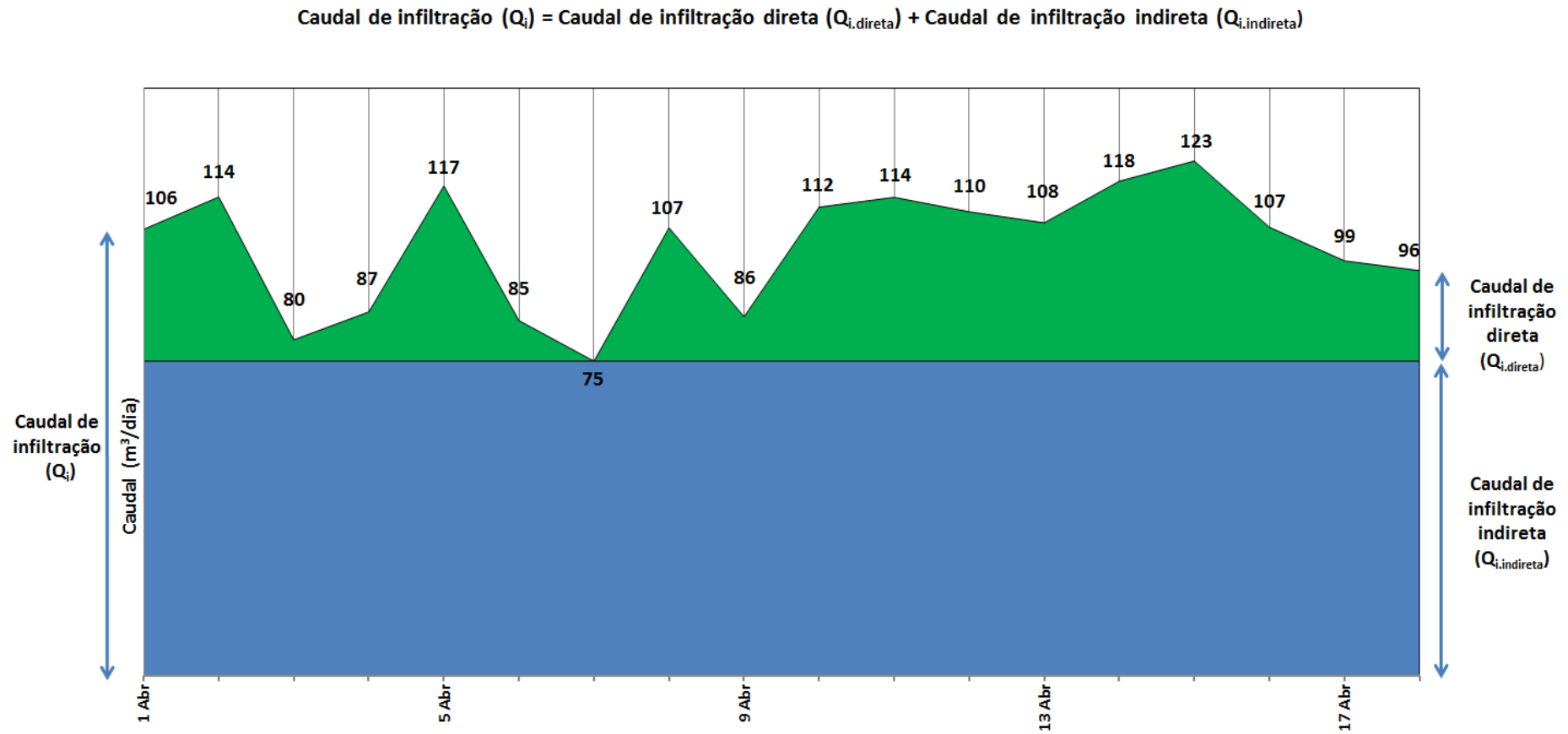


Figura B.2: Gráfico dos caudais de infiltração direta ($Q_{i,direta}$) vs. caudais de infiltração indireta ($Q_{i,indireta}$), 1.º período de estudo

$$\text{Caudal afluyente à ETAR } (Q_a) = \text{Caudal de origem doméstica } (Q_d) + \text{Caudal de infiltração } (Q_i)$$

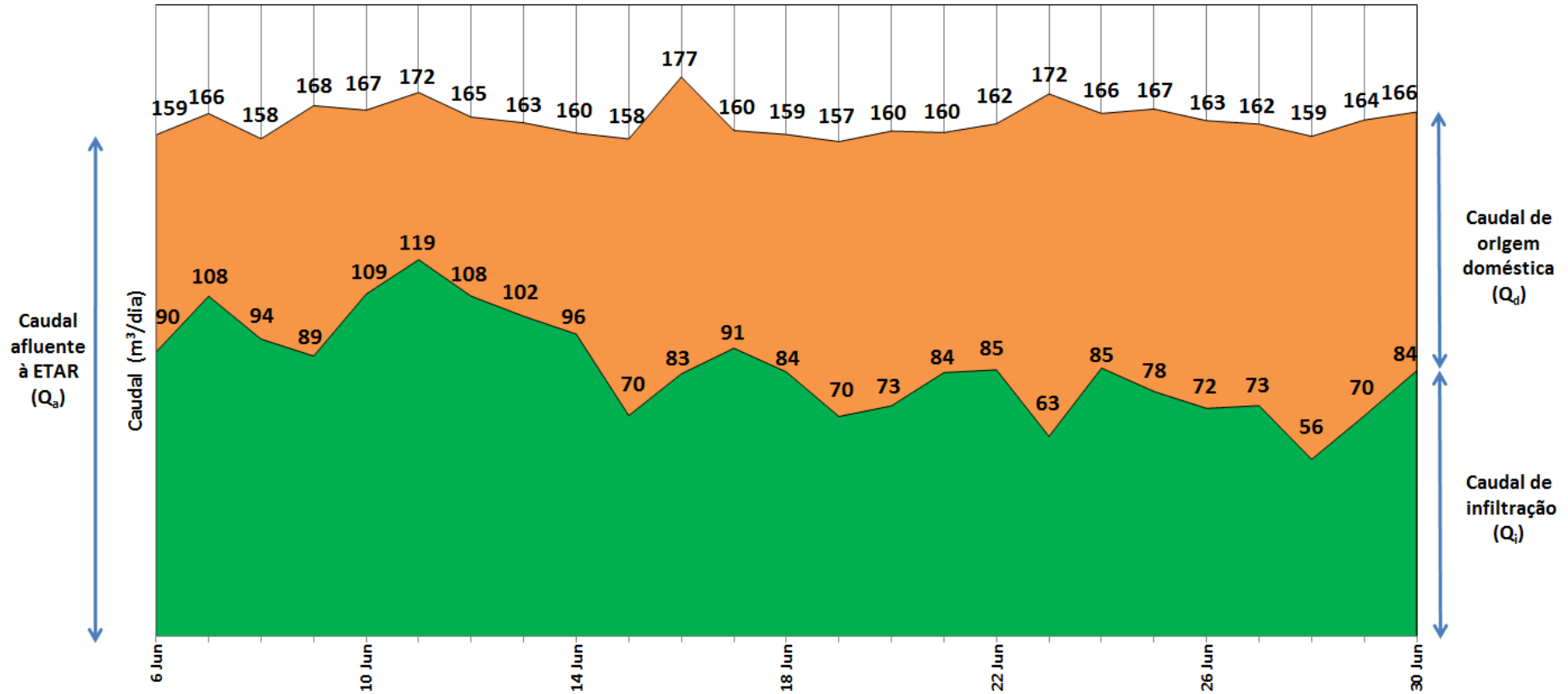


Figura B.3: Gráfico dos caudais de origem doméstica (Q_d) vs. caudais de infiltração (Q_i), 2.º período de estudo

Caudal de infiltração (Q_i) = Caudal de infiltração direta ($Q_{i,direta}$) + Caudal de infiltração indireta ($Q_{i,indireta}$)

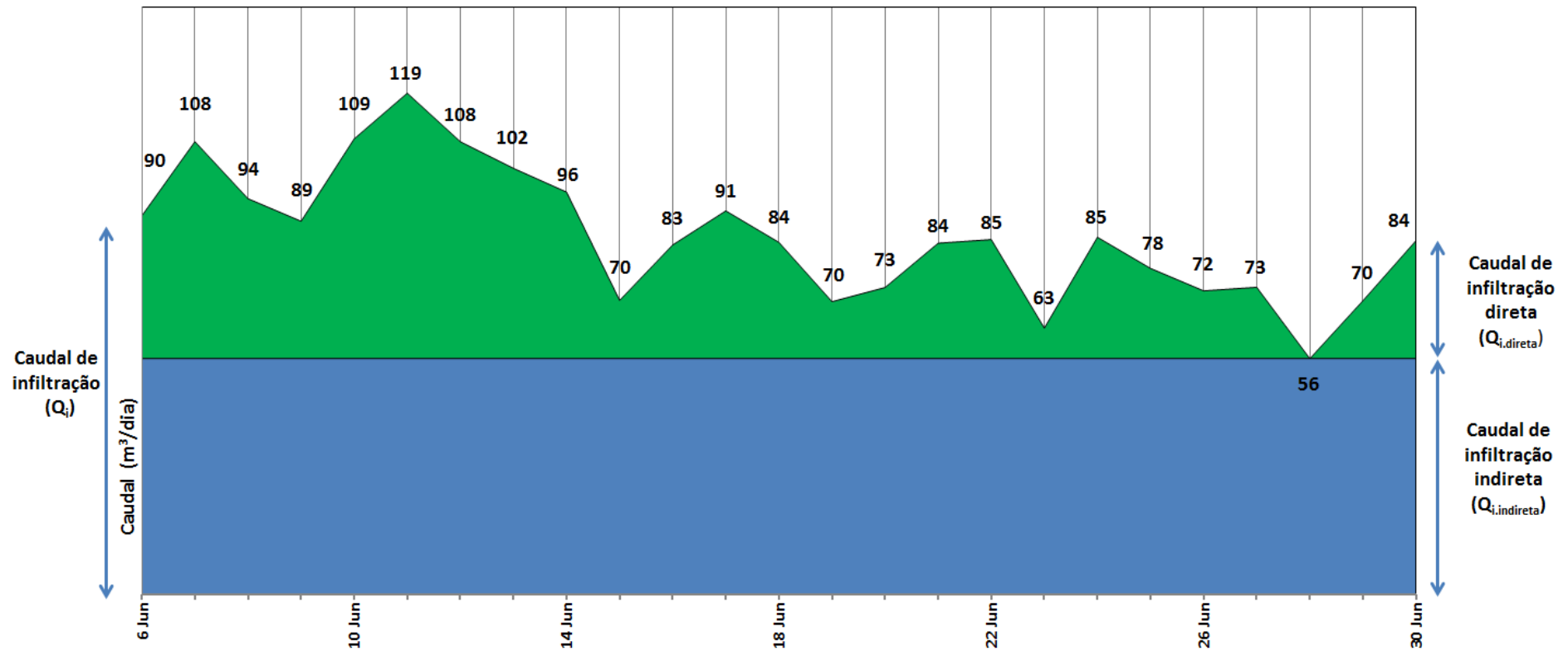


Figura B.4: Gráfico dos caudais de infiltração direta ($Q_{i,direta}$) vs. caudais de infiltração indireta ($Q_{i,indireta}$), 2.º período de estudo