



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Avaliação Comparativa da Influência da Regulamentação no Dimensionamento de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais

Dissertação a apresentar para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil
na Especialidade de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente

Autor

Manuela Pinto Gomes

Orientadores

José Alfeu Almeida de Sá Marques

Nuno Eduardo da Cruz Simões

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Março, 2016

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação marca o fim do meu trajeto académico, a elaboração desta tal como todo o meu percurso deve-se ao esforço e apoio de inúmeras pessoas, dedico este espaço a todos os que, de alguma forma, contribuíram para chegar até aqui.

Aos meus orientadores, professor Doutor José Alfeu Almeida de Sá Marques e professor Doutor Nuno Eduardo da Cruz Simões, agradeço todo o apoio, paciência, disponibilidade e orientação que contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço também ao Professor Alexandre por todos os conhecimentos transmitidos, pela simpatia e pelo tempo despendido.

Aos meus pais o meu profundo e especial agradecimento pela confiança depositada ao longo destes anos todos. Um enorme OBRIGADA por todos os ensinamentos de vida, pelo apoio e compreensão inestimáveis, pelo amor incondicional, por estarem sempre ao meu lado, pelos diversos sacrifícios suportados, por acreditarem sempre em mim e nunca me deixarem desistir. Aos meus irmãos pelo apoio, paciência, compreensão, pelas horas intermináveis de conversas de incentivo nas alturas mais difíceis. Uma palavra de reconhecimento muito especial para eles por serem os meus melhores amigos e pelos preciosos conselhos. A eles que são os meus pilares dedico inteiramente este trabalho, sem eles nada disto teria sido possível. Um obrigada às minhas “pequenas” pelos sorrisos e pelos abraços e aos meus cunhados pelo carinho e pela força que me deram.

Não poderia deixar de agradecer à minha “Família” de Coimbra por fazerem parte deste meu trajeto académico e o terem tornado memorável. Obrigada pelo convívio, pelas risadas, pela ajuda inestimável, pelas noites de estudo, pela troca de conhecimento e por estarem ao meu lado sempre que precisei. Sem dúvida que o meu percurso académico não seria o mesmo sem vocês.

Obrigada Coimbra por me teres ensinado tanta e tanta coisa.

RESUMO

Os sistemas de drenagem de águas residuais são infraestruturas indispensáveis, havendo a necessidade de conceção e dimensionamento dos mesmos. A inexistência destes sistemas implica um impacto negativo na qualidade de vida das pessoas, na saúde pública, no meio ambiente, entre outros.

A correta conceção e dimensionamento dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas requer o conhecimento abrangente dos requisitos técnico-regulamentares e metodologias de cálculo adequadas.

Nesta dissertação pretende-se reunir a informação necessária para a realização da conceção e dimensionamento de uma rede de drenagem de águas residuais domésticas, tendo por base a regulamentação e normas vigentes em Portugal e no Brasil referentes a este tema; pretende-se assim realizar uma análise comparativa entre estas relativamente ao dimensionamento hidráulico e custos, a metodologia será aplicada a uma zona de estudo situada na cidade de Coimbra, mais propriamente na Quinta da Portela. É de salientar que a rede de sistemas de drenagem de águas residuais a dimensionar na nossa zona de estudo trata-se de um sistema separativo.

Relativamente a Portugal, a regulamentação em vigor referente a este tema está apresentada no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), é constituído pelos princípios gerais a que devem obedecer a respetiva conceção, construção e exploração dos sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais. Quanto ao Brasil, as normas vigentes às quais se deu destaque nesta dissertação foram a NBR 9649 (Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário), NBR 9814 (Execução de rede coletora de esgoto sanitário) e a NBR 9648 (Estudo de conceção de sistemas de esgoto sanitário).

ABSTRACT

Water drainage systems are essential infrastructures. Therefore, the design and dimensioning of these systems is needed. Their absence implies a negative impact on people's life quality, public health, environment, and others.

The correct design and dimensioning of domestic water drainage systems requires deep knowledge of the technical and regulatory requirements and appropriate calculation methodologies.

The purpose of this thesis is to gather the necessary information for carrying out the design of a domestic wastewater drainage network, based on Portuguese and Brazilian regulations regarding this theme. With this, it is intended to perform a comparative analysis between these concerning hydraulic design and costs. The methodology is applied to a study area in the city of Coimbra, more specifically in Quinta da Portela. It is important to refer that the drainage system's network in this study area is a separative system.

For Portugal, the rules applied nowadays concerning this theme is presented on the General Regulation of Public and Domestic Water Distribution and Drainage Systems (RGSPDADAR), where the general principles referring the design, construction and exploitation of water distribution and wastewater drainage systems are explained. For Brazil, the current regulations highlighted in this dissertation were the NBR 9649 (project of sewage collecting networks), the NBR 9814 (execution of sewage collection pipe network) and the NBR 9648 (study of design of sewage systems).

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos do trabalho	1
1.3 Estrutura da tese	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Sistemas de drenagem de águas residuais.....	3
2.2 Legislação e normalização técnica referente aos sistemas de drenagem em Portugal e no Brasil.....	7
2.2.1 Contexto português.....	7
2.2.2 Contexto brasileiro	9
2.3 Tipificação dos sistemas de drenagem.....	10
2.4 Componentes dos sistemas de drenagem.....	12
2.5 Dimensionamento hidráulico sanitário	15
2.5.1 Diâmetro mínimo.....	16
2.5.2 Inclinações máximas e mínimas dos coletores	17
2.5.3 Velocidade máxima	19
2.5.4 Velocidade mínima.....	19
2.5.5 Altura de escoamento máxima	20
2.5.6 Condições de curvas de regolfo.....	21
2.5.7 Profundidades de assentamento mínimo dos coletores	21
2.6 Caudais de projeto	22
2.6.1 Caudal de águas residuais domésticas	22
2.6.2 Caudais de águas industriais/comerciais	25
2.6.3 Caudais de infiltração	25

3. APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO PORTUGUESA E BRASILEIRA A UM EXEMPLO: ANÁLISE COMPARATIVA	26
3.1 Introdução	26
3.2 Caso de estudo	28
3.3 Elementos base	28
3.3.1 Traçado da rede de drenagem.....	31
3.3.2 Determinação dos caudais de projeto	34
3.4 Verificação das imposições regulamentares	37
3.4.1 Diâmetro	37
3.4.2 Inclinações mínimas e máximas	38
3.4.3 Alturas de escoamento.....	40
3.4.4 Perfil longitudinal.....	43
3.5 Comparação de resultados entre Brasil e Portugal	44
3.6 Avaliação de custos	52
4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	57
4.1 Conclusões	57
4.2 Trabalhos futuros	58
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXO A.....	A-1
ANEXO B.....	B-1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Classificação das águas residuais segundo a sua origem e características (Adaptado Butler e Davies, 2011).....	4
Figura 2.2 - Evolução dos sistemas de abastecimento de águas e de saneamento de águas residuais em Portugal (1994-2011) (Adaptado de PENSAAR, 2014).	5
Figura 2.3 - Mapa do índice médio de atendimento urbano de esgoto (Adaptada de SNIS, 2013).	6
Figura 2.4 - Impactos da urbanização nos meios hídricos (Adaptada de Matos, 2000).....	7
Figura 2.5 - Parte da construção de uma rede de esgotos em meio urbano (Fonte: CESAMA@2015).	12
Figura 2.6 - Casos onde TL, CP, TIL e PV podem ser utilizados.	14
Figura 3.1 - Localização da cidade de Coimbra no mapa de Portugal.	28
Figura 3.2 - Número de lotes existentes no ano 0 e previstos para o ano 40.....	30
Figura 3.3 – Traçado da rede.	33
Figura 3.4 - População total em cada lote referente ao Ano 2015.	35
Figura 3.5 - População total de cada lote referente ao Ano 2055.....	35
Figura 3.6 - Esquema da seção transversal e da seção longitudinal de um coletor, expondo as relações geométricas das seções circulares (Adaptado de Sobrinho e Tsutiya, 2005).....	41
Figura 3.7 - Representação esquemática da Implantação dos coletores (Adaptada Sá Marques e Sousa, 2008).	44
Figura 3.8 - Perfil longitudinal da câmara de visita 49 ao ponto de recolha.	46
Figura 3.9 - Totais de metros de coletores para intervalos de velocidades finais.	47
Figura 3.10 - Altura da lâmina líquida: a) Portugal; b) Brasil.....	49
Figura 3.11 - Valores referentes à tensão de arrasto.....	50
Figura 3.12 - Fatores de ponta horário referentes ao ano horizonte de projeto.....	51
Figura 3.13 - Representação esquemática de alguns tipos de valas (Fonte: Scribd@2015). ...	52

Figura 3.14 - Classes de assentamento de um coletor (Sá Marques e Sousa, 2008).	53
Figura 3.15 - Representação esquemática da vala escolhida (Adaptado do software R-NetCad).	53
Figura 3.16 - Entivação de uma vala (Adaptado de SNSA, 2008).	55

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Normas importantes referentes aos sistemas de águas residuais.....	9
Quadro 2.2 - Breve descrição dos diferentes tipos de sistemas de drenagem de águas residuais.	10
Quadro 2.3 - Valores de tensão crítica de arrastamento (Adaptado Sá Marques e Sousa, 2008 e Sobrinho e Tsutiya, 2005).....	16
Quadro 2.4 – Valores dos diâmetros mínimos.	17
Quadro 2.5 - Equações obtidas para a inclinação mínima de modo a garantir $\sigma t= 1,0\text{Pa}$	18
Quadro 2.6 - Valores de velocidade máxima.	19
Quadro 2.7 – Valores de velocidade mínima.	20
Quadro 3.1 - Valores regulamentares utilizados no procedimento.	37
Quadro 3.2 - Quadro resumo de algumas imposições estipulados nas especificações regulamentares utilizadas.	45
Quadro 3.3 - Total de metros referente a cada diâmetro.	48
Quadro 3.4 - Valores mínimos da largura da vala indicados no regulamento português.....	54
Quadro 3.5 - Valores mínimos da largura da vala indicados na norma brasileira.....	55
Quadro 3.6 – Custo global da obra.	56
Quadro A.1- Resultados obtidos no dimensionamento segundo o regulamento português. .	A-1
Quadro A.2 - Resultados obtidos no dimensionamento as normas brasileiras.....	A-3
Quadro B.1 - Mapa de quantidades de Portugal.....	B-1
Quadro B.2 - Mapa de quantidades do Brasil.....	B-2

SIMBOLOGIA

σ_t	Tensão de arrasto
γ	Peso específico do líquido
R_h	Raio hidráulico da seção
i	Inclinação
Q	Caudal
K_s	Coefficiente de rugosidade
I_{minNBR}	Inclinação mínima do coletor, estabelecida pela NBR 9649
Q_i	Caudal inicial
I_{max}	Inclinação máxima
Q_f	Caudal final
V_c	Velocidade crítica
g	Aceleração da gravidade
Q_{md}	Caudal médio diário
Cap	Capitação
f_a	Fator de afluência à rede
f_{ph}	Fator de ponta horário
Q_{pd}	Caudal de ponta horária
Q_{inf}	Caudal de infiltração
C	Coefficiente de Retorno
k_1	Coefficiente de caudal máximo diário
k_2	Coefficiente de caudal máximo horário
$Q_{d,i}$	Caudal doméstico - Ano 0
$Q_{d,f}$	Caudal doméstico – Ano 40
Q_d	Caudal doméstico
T_{inf}	Taxa de contribuição de infiltração
L_t	Comprimento do troço
V_f	Velocidade final
D_{min}	Diâmetro mínimo
$V_{máx}$	Velocidade máxima
$Q_{máx}$	Caudal máximo

θ	Ângulo ao centro
$i_{m\acute{a}x}$	Inclinação máxima
$D_{externo}$	Diâmetro externo
i_{min}	Inclinação mínima
V_{min}	Velocidade mínima
Q_{al}	Caudal de autolimpeza
$i_{m\acute{a}xC}$	Inclinação máxima calculada
i_{minC}	Inclinação mínima calculada
A	Área molhada
P	Perímetro molhado
h	Altura da lâmina de água
P_{sol}	Profundidade de soleira
C_{sol}	Cota de soleira
It	Inclinação do terreno
CTM	Cota do terreno de montante
CTJ	Cota do terreno de jusante (m);
V	Velocidade de escoamento

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A necessidade e a importância da drenagem de águas, para além de uma razão de saúde pública, é uma preocupação ambiental e de qualidade de vida em meio ambiente. Nos últimos anos é visível um cuidado acrescido com questões ligadas à otimização e aumento de rentabilidade quer a nível de investimentos, quer a nível de operação das redes (Butler e Davies, 2011).

O sistema de drenagem de águas de uma cidade é considerado uma das obras infraestruturas básicas de mais elevado custo quer de primeiro investimento, quer de exploração e manutenção, sendo o seu correto dimensionamento e exploração uma condição de desenvolvimento. No estudo de conceção destes sistemas são vários os aspetos a ter em atenção, estes encontram-se descritos em regulamentação específica que permite o desenvolvimento de projetos nesta área. Geralmente, a vida útil destes sistemas é por norma elevada, mas requerem manutenção e por vezes reabilitação o que implica frequentemente custos elevados. Infelizmente, o dinheiro disponível para investir na melhoria destes sistemas, é na maior parte dos casos inferior ao desejável, logo é fundamental assegurar que as decisões relativas a este tema sejam as mais racionais possíveis. Por estes motivos é importantíssimo que existam especificações técnicas onde se encontrem condições gerais e critérios acerca deste tema, desta forma cada país tem a sua própria legislação (Matos, 2000). Nesta dissertação serão abordadas a NBR 9649, NBR 9814 e a NBR 9648 referentes ao Brasil (dando mais destaque à primeira), e o RGSPDADAR vigente em Portugal. É de grande importância esta análise comparativa pelo fato de o Brasil se tratar de um país onde os portugueses atuam cada vez mais em consequência da situação económica de Portugal.

O planeamento, a conceção, a construção e a exploração de infraestruturas de drenagem urbana de águas residuais, normalmente, são fases interdependentes fundamentais e necessárias para o desenvolvimento de um meio urbano equilibrado e daí resultar uma melhoria de qualidade de vida das populações (Diogo, 1997).

1.2 Objetivos do trabalho

O principal objetivo desta dissertação é realizar uma análise comparativa da legislação relativa à conceção e dimensionamento de sistemas de drenagem de águas residuais domésticas. Esta

análise será efetuada segundo o regulamento português em vigor e as normas brasileiras referentes a este tema.

Este objetivo será concretizado através:

- Pesquisa detalhada acerca deste tema;
- Aplicação a um caso de estudo;
- Análise comparativa relativamente ao dimensionamento hidráulico- sanitário e custos.

É de extrema necessidade a existência de uma fase de pesquisa de forma a reunir a informação necessária para se realizar um correto dimensionamento de uma rede de drenagem de águas residuais, seguindo sempre de uma forma cuidada a regulamentação e normas em vigor. A correta conceção e dimensionamento dos sistemas de drenagem de águas residuais exigem o conhecimento das exigências técnico-regulamentares.

A metodologia será aplicada a uma zona de estudo situada na cidade de Coimbra, mais propriamente na Quinta da Portela.

1.3 Estrutura da tese

Esta dissertação é dividida em quatro capítulos, que estruturam a informação reunida e as distintas fases desenvolvidas e consideradas importantes e necessárias para a elaboração deste trabalho.

O primeiro capítulo diz respeito ao enquadramento e relevância do tema da dissertação, expondo os objetivos principais e a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é realizada uma revisão bibliográfica, onde são abordados os principais conceitos e componentes dos sistemas de drenagem de águas residuais. Neste mesmo capítulo também são expostos os principais aspetos no que toca à conceção e dimensionamento de um sistema de drenagem de águas residuais referidos nas respetivas normas.

O terceiro capítulo é referente ao exemplo de aplicação, onde é apresentada a localização e a descrição da solução adotada para o caso de estudo, realiza-se a conceção e o dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais, segundo as NBR 9649, NBR 9814 e a NBR 9648 e o RGSPDADAR. Neste capítulo encontra-se a apresentação e análise dos resultados, onde também é efetuada uma análise de custos.

No quarto, e último capítulo, apresentam-se as conclusões do trabalho efetuado, bem como algumas propostas para desenvolvimentos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de drenagem de águas residuais

A drenagem de águas residuais é de tempos imemoriáveis um problema das sociedades organizadas em aglomerados populacionais por razões de qualidade de vida e também de saúde pública. Tem o seu desenvolvimento mais recente por esta razão. No século XIX, devido a um significativo fenómeno de migração para as cidades, deu-se um desenvolvimento industrial, tecnológico e científico, o que agravou significativamente esta problemática (Butler e Davies, 2011).

As epidemias que se faziam sentir na Europa, gerando uma preocupação com a saúde pública, justificaram a necessidade de criação de infraestruturas de drenagem que à altura se apresentavam como precárias. É na Alemanha, em Hamburgo, que em 1843 surge a primeira rede «moderna» de esgotos acompanhando, assim, a reconstrução da cidade que foi alvo de um incêndio de grandes dimensões (Matos, 2003). De acordo com Matos (2003) as primeiras redes de drenagem foram construídas com o objetivo de resolver problemas diretamente ligados à qualidade de vida e à segurança de pessoas e bens tornando-se, a drenagem, rapidamente, uma prioridade.

A água sempre foi um bem indispensável no desempenho das diversas atividades diárias, que depois de ser utilizada dá origem a águas residuais. Normalmente, os sistemas de drenagem urbana lidam com três tipos de águas residuais: águas residuais domésticas, águas residuais comerciais/industriais e águas residuais pluviais. É de salientar, que estes sistemas ainda podem conter águas provenientes de infiltrações. Estas podem existir num sistema de drenagem urbana por vários motivos que serão abordados mais a frente (Butler e Davies, 2011).

Na figura 2.1 encontram-se esquematizadas, de uma forma resumida, os diferentes tipos de águas residuais, de acordo com a sua origem e características.

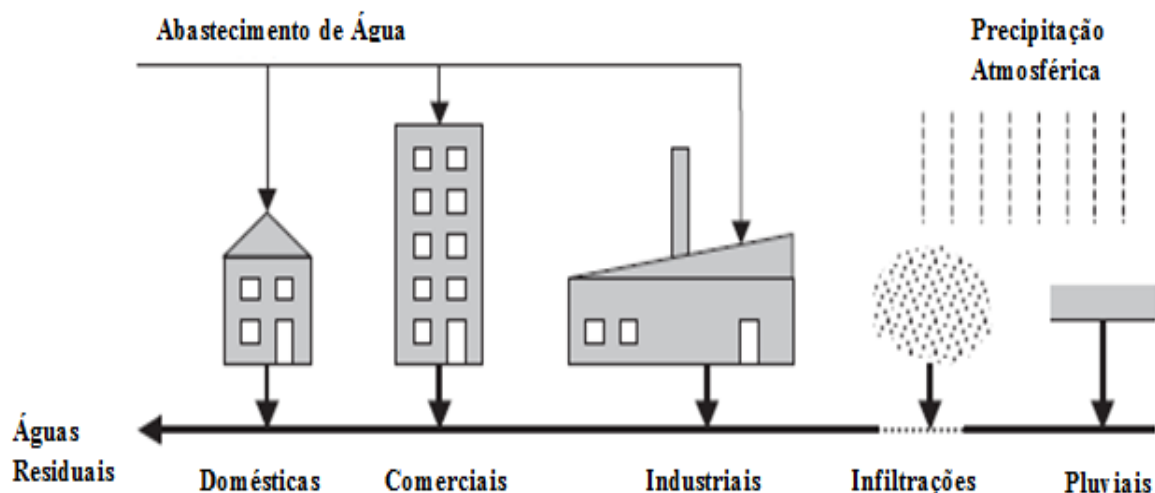


Figura 2.1 - Classificação das águas residuais segundo a sua origem e características (Adaptado Butler e Davies, 2011).

O grande objetivo dos sistemas de drenagem é recolher, transportar e depositar nos meios recetores, em condições adequadas, as águas residuais domésticas, industriais/comerciais e as águas pluviais. As águas residuais domésticas são constituídas por quantidades apreciáveis de matéria orgânica e caracterizam-se por serem facilmente biodegradáveis, resultantes de instalações sanitárias, cozinhas, e zonas de lavagem de roupa. As águas residuais industriais têm origem na atividade industrial e são constituídas por uma grande quantidade de compostos físicos e químicos. Por último, as águas pluviais resultam da transformação da precipitação em escoamento superficial. É de salientar que segundo o RGSPDADAR todas as águas colhidas pelos dispositivos de entrada de um sistema de drenagem (sarjetas, sumidouros), como é o caso das águas das chuvas, águas de lavagem, água gasta na higiene urbana, águas provenientes da rega de jardins, são consideradas águas pluviais.

O panorama em Portugal relativamente aos sistemas de drenagem de águas residuais evoluiu significativamente nos últimos anos, devido a um enorme esforço de investimento. É de salientar que a evolução destes serviços aconteceu a um ritmo mais lento quando comparado com os serviços de abastecimento de água (Matos, 2000).

Na figura 2.2 pode ser constatado que no ano 1994 a taxa de cobertura dos serviços de abastecimento de águas apresentava um valor de 82%, enquanto no caso dos serviços de saneamento de águas residuais apenas se verifica um valor de 61%. A partir deste ano os valores, em ambos os casos, foram aumentando. Sendo que entre o ano 2007 e 2011 a evolução continuou a ser positiva, aumentando 3% no caso dos serviços de abastecimento de águas e 1% no caso dos serviços de saneamento de águas residuais.

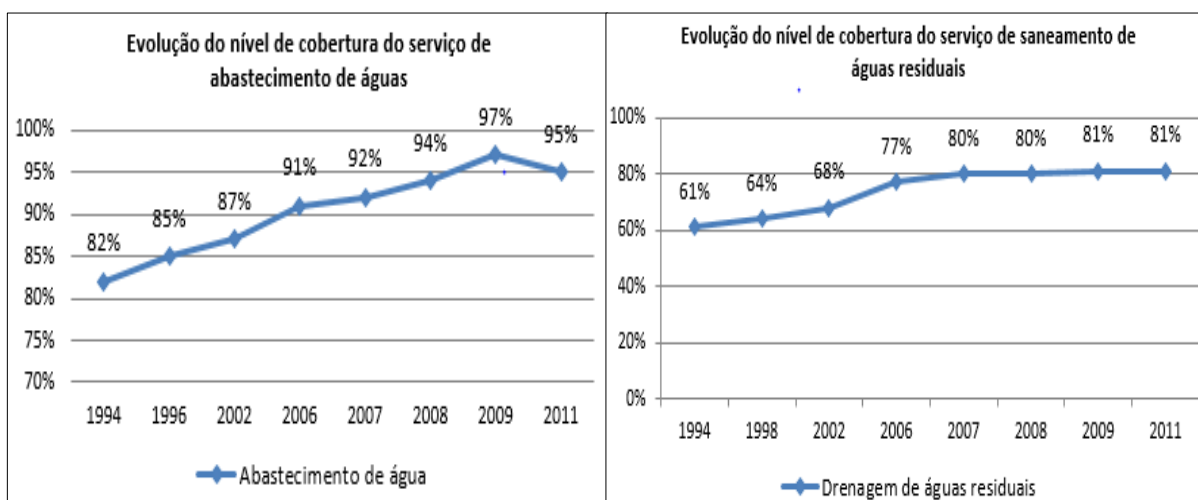


Figura 2.2 - Evolução dos sistemas de abastecimento de águas e de saneamento de águas residuais em Portugal (1994-2011) (Adaptado de PENSAAR, 2014).

No Brasil assiste-se a uma enorme desigualdade social. Infelizmente, a realidade brasileira no que diz respeito aos sistemas de drenagem de águas residuais ainda se apresenta muito precária. Desta forma, o lançamento das águas residuais realizado de uma forma desorganizada é um dos maiores problemas ambientais e de saúde pública (Sobrinho e Tsutiya, 2005).

No Brasil as águas residuais são designadas por esgoto, e de acordo com a sua origem podem ser classificados da seguinte forma:

- Esgoto sanitário ou doméstico;
- Esgoto industrial;
- Esgoto pluvial.

Nas últimas décadas a engenharia sanitária no Brasil apresentou uma grande evolução, e tem havido um grande esforço para que os sistemas de drenagem de águas residuais acompanhem o rápido crescimento das cidades (SNSA, 2008a).

Na figura 2.3 é exposta a representação espacial do índice de atendimento urbano referente às redes de drenagem de águas residuais, segundo os estados brasileiros. A conjuntura no Brasil no que diz respeito a estes serviços é bastante desequilibrada entre regiões, apresentando o Sudeste maior proporção de municípios atendidos e o Norte com menor proporção.

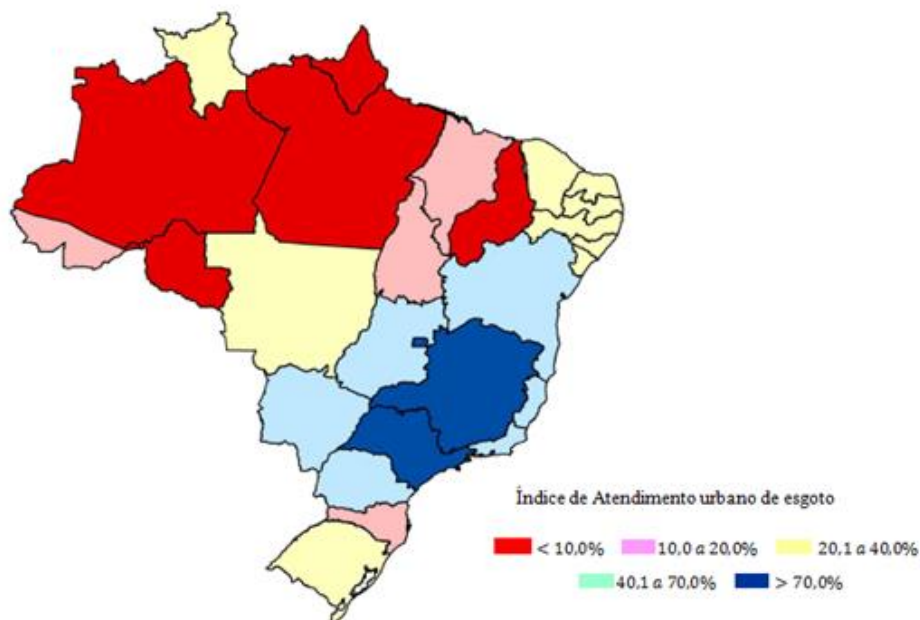


Figura 2.3 - Mapa do índice médio de atendimento urbano de esgoto (Adaptada de SNIS, 2013).

Nos países em desenvolvimento a população tende a concentrar-se nas grandes cidades, perdendo desta forma qualidade de vida. Esta concentração induz a um aumento de atividades humanas e conseqüentemente leva a um aumento da emissão de cargas poluentes, da produção de águas residuais e de resíduos (Tucci, 2005).

O intenso processo de urbanização tem dado origem a muitos problemas de infraestruturas urbanas, nomeadamente no que diz respeito aos sistemas de drenagem de águas pluviais sentindo-se, assim, a necessidade de construção de novos sistemas. Com a expansão da área urbana os sistemas de drenagem existentes deixam de conseguir dar resposta, ou seja, não são suficientes para satisfazer as necessidades que a nova expansão urbana precisa. Desta forma, fizeram-se sentir muitas alterações no meio ambiente, surgiram mudanças no ciclo hidrológico relacionadas com a quantidade, qualidade e regime dos cursos de água (Lima et al, 2013).

De notar que cada vez mais se dá importância aos impactos da urbanização no ponto de vista da qualidade da água que muitas vezes são muito significativos para a contribuição da poluição do meio hídrico. Estes e outros impactos relevantes causados pela urbanização no meio hídrico, que de uma maneira ou de outra influenciam também o dia-a-dia do ser humano, encontram-se esquematizados de uma forma muito simples na figura 2.4 que se segue (Matos, 2000).

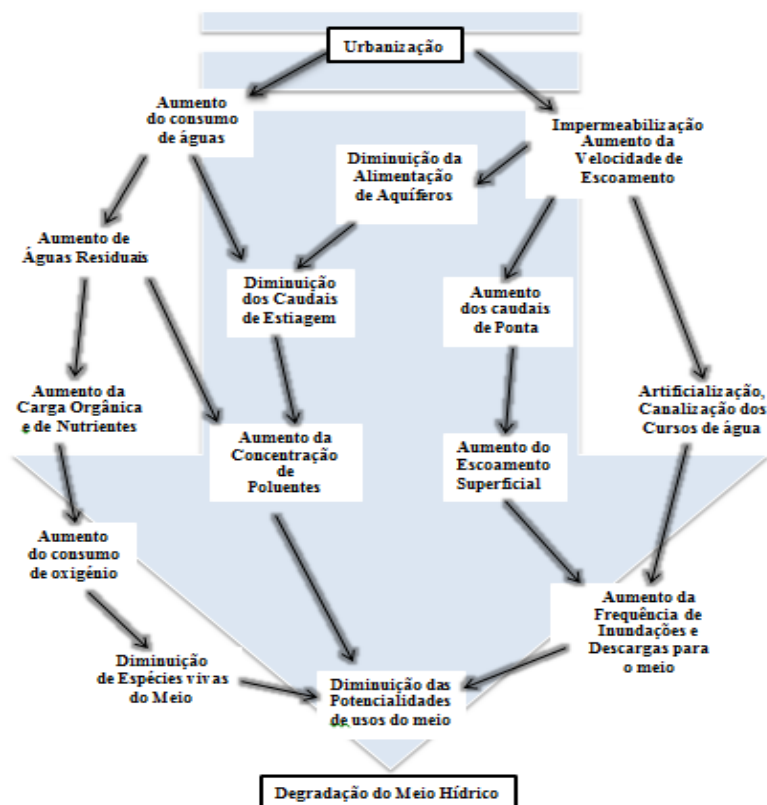


Figura 2.4 - Impactos da urbanização nos meios hídricos (Adaptada de Matos, 2000).

Os sistemas de drenagem urbana são muito vulneráveis às alterações climáticas, ao forte crescimento populacional e a eventos extremos de precipitação. Estes fatores podem causar algumas falhas na capacidade do sistema de drenagem o que pode originar inundações, danos e perdas associados, contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais, entre outras (Willems et al., 2013).

2.2 Legislação e normalização técnica referente aos sistemas de drenagem em Portugal e no Brasil

2.2.1 Contexto português

A origem da legislação portuguesa na matéria de recursos hídricos é bastante antiga, tendo surgido com o intuito de, tentar, mitigar os problemas de engenharia sanitária e ambiental, visto estes terem um impacto negativo na qualidade de vida e na saúde das populações (Matos e Rodrigues, 1999).

Atualmente a nível nacional encontra-se em vigor o Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de

Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR). Este regulamento aborda os princípios gerais aos quais devem obedecer a respetiva conceção, construção e exploração dos sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais e garantindo desta forma um bom desempenho, preservando a segurança, a saúde pública e o bem-estar da população.

Com a entrada em vigor deste regulamento toda a legislação que contrarie este, nomeadamente, a regulamentação existente para o abastecimento de água (de 14 de Abril de 1943) e para a drenagem de esgotos (de 8 de Maio de 1946) deixaram de ter aplicabilidade. A necessidade de atualizar a legislação surge devido ao desenvolvimento de conceitos e das tecnologias de projeto, execução e gestão dos sistemas de distribuição de água e drenagem de águas residuais. A publicação do RGSPDADAR veio dar resposta a escassez de critérios de dimensionamento num período de grande necessidade (Matos e Rodrigues, 1999).

Neste regulamento, as disposições técnicas referentes aos sistemas de drenagem pública de águas residuais são apresentadas no Título IV e contêm sete capítulos:

- Regras gerais;
- Conceção dos sistemas;
- Elementos base para dimensionamento;
- Rede de coletores;
- Elementos acessórios da rede;
- Instalações complementares;
- Destino final.

Ao longo destes sete capítulos, evidenciam-se vários aspetos referentes à conceção e construção dos sistemas de drenagem conduzindo assim a uma melhoria da qualidade dos sistemas. Ao longo dos vinte anos de existência, este regulamento tem sido uma referência importantíssima para projetistas, entidades gestoras e donos de obra. Contudo, nos últimos tempos verificou-se a existência de desenvolvimentos importantes no que diz respeito aos serviços de água e saneamento surgindo assim a necessidade e interesse da revisão deste regulamento.

A Lei nº 159/99, de 14 de setembro, atribui competências, nesta matéria, às autarquias locais, incumbindo os municípios de assegurar o abastecimento de água, o saneamento de águas residuais e a gestão de resíduos urbanos, possibilitando a criação de sistemas multimunicipais. Assim sendo, cabe a cada município prever regulamentos que se apoiem no Regulamento Geral, mas com algumas variantes, que melhor se adequem à atividade gestora.

Existe também a Norma Portuguesa, NP EN 752, que de alguma maneira complementa este assunto, oferecendo informações e instruções relativas a vários aspetos relacionados com os

sistemas públicos de drenagem de águas residuais. A NP EN 752 é a versão portuguesa da Norma Europeia EN 752, sendo a tradução da responsabilidade do Instituto Português da Qualidade, e é constituída por sete partes.

2.2.2 Contexto brasileiro

No Brasil, em 1934, surgiu o código referente ao uso das águas, sendo este o primeiro documento organizado. Em 1940, surge a Associação Brasileira de Normas Técnicas assumindo a responsabilidade pela normalização técnica deste país (Sobrinho e Tsutiya, 2005).

Em 1985, comissões de técnicos de diversas entidades (SABESP, CETESB, CEDAE, SANEPAR, COPASA.etc) em conjunto com a ABNT iniciaram a revisão de projetos de normas para os sistemas de águas residuais.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, as normas brasileiras relevantes para o desenvolvimento de estudos na área de sistemas de águas residuais são apresentadas no quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Normas importantes referentes aos sistemas de águas residuais.

NBR 9648 / 1986 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário

NBR 9649 / 1986 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário

NBR 9814 /1987 – Execução de rede coletora de esgoto sanitário

NBR 12207/1986 – Projeto de intercetores de esgoto sanitário

NBR 12208 / 1992 – Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário

NBR 12209 / 1992 – Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário

NBR 12266/1992 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana

A NBR 9649 e a NBR 9648 são ambas organizadas de acordo com os 5 capítulos:

- Objetivo;
- Documentos complementares;
- Definições;
- Condições gerais;

- Condições específicas.

Ao longo da NBR 9649 são estabelecidas terminologias e critérios de dimensionamento para a elaboração de um projeto hidráulico sanitário de sistemas de drenagem de águas residuais. As condições exigíveis no Brasil para o estudo de concepção de sistemas de águas residuais encontram-se na NBR 9648. Por último, a NBR 9814 indica as condições essenciais para a execução de redes de águas residuais com tubos pré-fabricados para seções circulares, sendo organizada pelos seguintes capítulos:

- Objetivo;
- Documentos Complementares;
- Definições;
- Condições gerais;
- Condições específicas;
- Recobrimento do serviço.

No Brasil existem as normas referidas anteriormente a nível federal, mas a par destas existem outras regulamentações impostas por cada município. Depois de muita pesquisa, e segundo Righetto (2009), pode-se concluir que não existe qualquer norma brasileira referente a drenagem de águas pluviais. Contudo, normalmente os municípios elaboram planos diretores de drenagem urbana que são manuais com algumas condições acerca deste tema (Tucci, 2005).

2.3 Tipificação dos sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem de águas residuais são classificados conforme a natureza da água residual que transportam. De acordo com o disposto no Artigo 116º do RGSPDADAR e segundo os autores brasileiros Sobrinho e Tsutiya (2005), os sistemas de drenagem de águas residuais são classificados conforme o indicado no quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Breve descrição dos diferentes tipos de sistemas de drenagem de águas residuais.

Tipo		Descrição
Portugal	Brasil	
Unitários	Unitário ou combinado	Estes sistemas são constituídos por uma única rede de coletores onde são recebidas as águas residuais domésticas, comerciais e industriais assim como as águas pluviais;

Separativos	Separador absoluto	Estes tipos de sistemas são constituídos por duas redes de coletores distintas, onde se separam as águas residuais domésticas, comerciais e industriais das águas pluviais não havendo ligação entre estas duas;
Mistos	Separador misto/ Parcial	São constituídos pela junção dos dois tipos anteriores, em que uma parte da rede funciona como sistema unitário e a restante como sistema separativo;
Separativos parciais ou pseudo-separativos	—	São aqueles sistemas que na ausência de coletores pluviais, admitem ligação de águas pluviais de pátios interiores ao coletor de águas residuais domésticas.

Contudo, de acordo com o estipulado no RGSPDADAR (Artigo 119º) as redes de drenagem a implantar nos novos sistemas deverão ser do tipo separativo. Este regulamento também define que em caso de remodelação de sistemas unitários ou mistos existentes deverá ser considerada a mudança para um sistema separativo caso não haja nada contra.

Os primeiros sistemas de drenagem de águas residuais consistiam em redes do tipo unitário, devido a considerar-se ser este o mais económico. Com o passar dos tempos percebeu-se que nem sempre correspondia à realidade. Durante cerca de quatro décadas, o sistema unitário era considerado satisfatório. Numa tentativa de solucionar problemas relacionados com o comportamento dos sistemas unitários, surgiu no Reino Unido o conceito de sistema separativo. A primeira rede de drenagem do tipo separativo em Portugal foi construída no século XX na cidade do Porto (Diogo, 1997).

Na cidade de S. Paulo foi implantado o sistema unitário, mas rápido se chegou à conclusão que este não seria o melhor sistema visto que se estava perante um país com elevadas precipitações (Sobrinho e Tsutiya, 2005).

Segundo Sobrinho e Tsutiya (2005), no Brasil o sistema unitário é pouco relevante, são raras as vezes em que é considerado, visto que os sistemas de drenagem adotados são do tipo separativo por se achar ser o mais eficiente perante as condições climatológicas deste país.

No sistema separativo as águas pluviais não devem chegar aos coletores que transportam as águas residuais domésticas, embora na realidade seja bastante frequente isto acontecer devido a deficiências nas instalações e/ou ligações clandestinas.

2.4 Componentes dos sistemas de drenagem

Um sistema de drenagem de águas residuais é constituído por diversos componentes destinados a garantir um adequado funcionamento do sistema e possibilitar o procedimento das operações de exploração e de manutenção necessárias (DGRN, 1991).

Visto que, nesta dissertação, se pretende realizar uma comparação do RGSPDADAR com as normas brasileiras é muito importante referir que a nomenclatura destas duas legislações difere. Desta forma, é importante salientar as diferenças encontradas nestas duas legislações no que diz respeito à nomenclatura.

Rede de coletores

A rede de coletores é um conjunto de tubagens que têm como objetivo realizar a recolha e o transporte das águas residuais (domésticas, industriais e pluviais) até ao destino final. O transporte destas águas, nas redes de coletores, deve ser feito, sempre que possível, de forma gravítica. Segundo o RGSPDADAR, os coletores podem ser de diferentes materiais, para as águas residuais domésticas normalmente são utilizados o grés cerâmico vidrado interna e externamente, betão (também são usados para águas pluviais), fibrocimento, PVC entre outros. As redes de coletores podem ter várias formas de seção transversal. No regulamento também é referido que em sistemas separativos domésticos nunca se deve reduzir o seu diâmetro para jusante, em sistemas unitários e separativos pluviais essa redução já é aceite desde que se mantenha a capacidade de transporte. Na figura 2.5 podemos observar parte da construção de uma rede de coletores.



Figura 2.5 - Parte da construção de uma rede de esgotos em meio urbano (Fonte: CESAMA@2015).

O elemento que geralmente garante o transporte das águas residuais prediais desde a caixa de ramal até à rede de coletores tem como designação ramal de ligação e encontra-se normalmente enterrado. Segundo o estipulado no RGSPDADAR, o traçado dos ramais de ligação deverá ser retilíneo e o diâmetro nominal mínimo é de 125mm. A introdução deste elemento na rede pode realizar-se nas câmaras de visita ou, direta ou indiretamente, nos coletores (DGRN, 1991).

No Brasil, segundo a NBR 9649, os coletores tem a seguinte distinção:

Coletor tronco - coletor que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores, este normalmente é aquele que na maioria das redes tem o maior diâmetro e profundidade.

Coletor principal – geralmente é o coletor de maior extensão numa rede, pode haver mais do que um na mesma rede.

Órgãos acessórios

Nas águas residuais existe a presença de uma grande quantidade de sólidos orgânicos e minerais, por esta razão é necessário evitar e minimizar entupimentos nos pontos singulares da rede e ainda possibilitar o acesso de pessoas ou equipamentos nesses pontos.

As câmaras de visita são bastante numerosas ao longo da rede, que têm como finalidade garantir o acesso aos coletores para observação, limpeza e manutenção, tentando desta forma mitigar as perturbações do escoamento nos coletores que possam surgir (Sá Marques e Sousa, 2008).

A localização das câmaras de visita vem regulamentada no Artigo 155º do RGSPDADAR, a sua implantação deve ser obrigatória:

- Na confluência dos coletores;
- Nos pontos de mudança de direção, de inclinação e de diâmetro dos coletores;
- Nos alinhamentos retos, com afastamento máximo de 60m (coletores não visitáveis) e 100m (coletores visitáveis).

As câmaras de visita são constituídas pela soleira, corpo, cobertura, dispositivo de acesso e dispositivo de fecho. Estes dispositivos têm um custo bastante considerável, logo, sempre que seja possível a sua redução ou substituição por outros dispositivos mais baratos deverá estudar-se essa opção. O TIL (tubo de inspeção e limpeza) é um dispositivo com as principais finalidades das câmaras de visitas, a diferença é que neste dispositivo se permite que a inspeção e a limpeza sejam realizadas a partir da superfície, ou seja, não obriga o operador a entrar dentro deste (Sá Marques e Sousa, 2008).

Os órgãos acessórios mais usados no Brasil são poços de visita (câmaras de visita), terminais de limpeza, tubos de inspeção e limpeza e caixas de passagem. A NBR 9649 dá relevância às disposições construtivas destes elementos. Segundo a NBR 9649, a tampa das câmaras de visita têm que ter um diâmetro mínimo de 0,60m e as câmaras têm de dimensão mínima em planta de 0,80m.

A figura 2.6 foi realizada com o auxílio da NBR 9649, na qual se observa os vários casos em que os elementos que se seguem podem ser utilizados. Sendo que as siglas apresentadas no esquema representam: TL- Terminal de Limpeza; CP- Caixa de Passagem; TIL- Tubo de Inspeção e Limpeza; PV- Poço de Visita

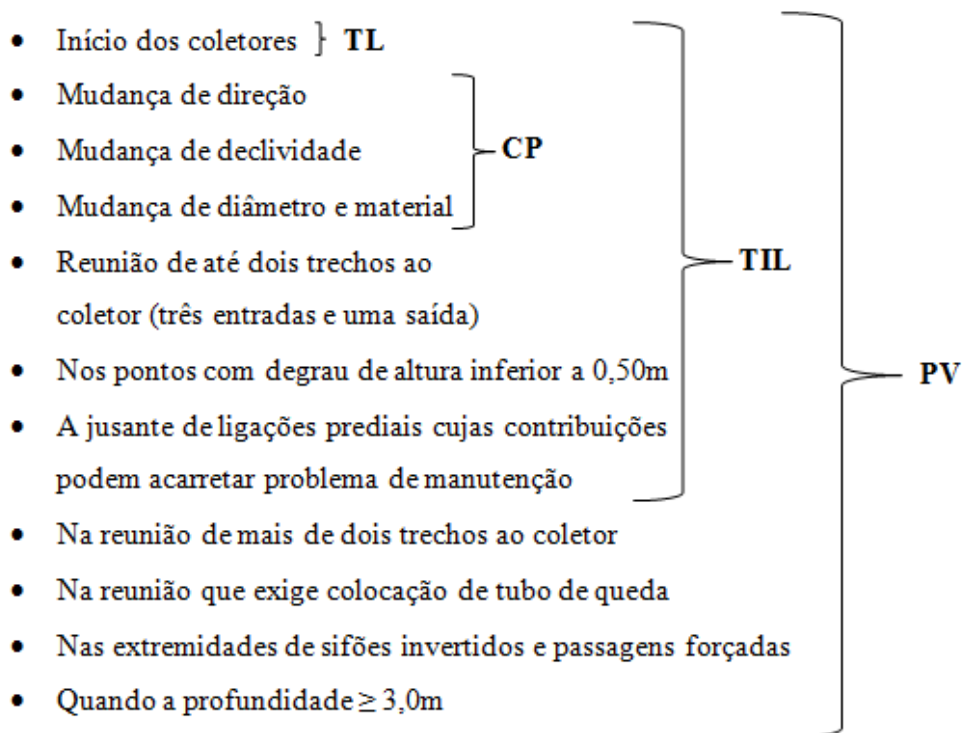


Figura 2.6 - Casos onde TL, CP, TIL e PV podem ser utilizados.

Câmaras de corrente de varrer

São dispositivos destinados a provocar descargas periódicas nas canalizações, possibilitando o arrastamento das partículas sedimentadas quando não possam ser garantidas as condições de autolimpeza. Contudo, segundo o RGSPDADAR, estes dispositivos não necessitam de ser instalados nos novos sistemas. A NBR 9649, não faz qualquer tipo de referência a estes dispositivos.

Instalações elevatórias

Estas instalações são usadas para elevar as águas quando não há hipótese de o escoamento ser feito de forma gravítica, quando há necessidade de ultrapassar um obstáculo ou em condições desfavoráveis (DGRN, 1991). Quanto a estas instalações as normas brasileiras não fazem qualquer tipo de referência.

2.5 Dimensionamento hidráulico sanitário

É necessário evitar a deposição contínua dos sólidos em suspensão transportados, sendo este um dos principais objetivos do dimensionamento hidráulico sanitário de um sistema de drenagem de águas residuais, impedindo assim a obstrução parcial ou mesmo total dos coletores. Uma pequena parcela das águas residuais diz respeito aos materiais sólidos, estes tendem a depositar-se na região inferior do coletor devido à ação de gravidade. Porque todo o material com uma densidade superior à densidade da água tem como consequência esse efeito.

O dimensionamento hidráulico sanitário de uma rede de drenagem de águas residuais pode ser baseado em dois aspetos essenciais:

- i. Verificação do poder de arrasto

A tensão de arrasto é definida como uma tensão tangencial exercida sobre a parede do coletor pelo escoamento. Esta tensão atua de forma a evitar a deposição de partículas sólidas na parte inferior e nas paredes dos coletores.

A tensão de arrasto é calculada pela seguinte equação:

$$\sigma_t = \gamma \times R_h \times i \quad (1)$$

Onde:

- σ_t - Tensão de arrasto (Pa);
- γ - Peso específico do líquido (10^4 N/m^3);
- R_h - Raio hidráulico (m);
- i - Inclinação (m/m).

A tensão crítica de arrastamento é a tensão mínima necessária para iniciar o movimento de uma partícula depositada num coletor. No quadro 2.3 pode-se observar os valores de tensão crítica de arrastamento em Portugal e no Brasil consoante o tipo de sistema.

Quadro 2.3 - Valores de tensão crítica de arrastamento (Adaptado Sá Marques e Sousa, 2008 e Sobrinho e Tsutiya, 2005).

Portugal		Brasil	
Sistema separativo doméstico	Sistema separativo pluviais ou sistema unitário	Sistema separativo doméstico	Sistema Unitário
2Pa	4Pa	1Pa	3Pa a 4Pa

- ii. A verificação de critérios de velocidade de escoamento e de lâmina líquida são outros aspetos relacionados com a autolimpeza.

No dimensionamento hidráulico sanitário são tidos em conta estes e outros aspetos como diâmetros e inclinações mínimas e máximas.

A análise do comportamento hidráulico de sistemas de drenagem, em escoamento com superfície livre, pode ser realizada através de várias fórmulas, sendo a mais usual a equação de Manning – Strickler, os coletores são considerados em regime permanente e uniforme em conformidade com esta equação:

$$Q = K_s \times A \times R_h \times i^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Sendo que:

- Q – Caudal (m³/s);
- K_s – Coeficiente de rugosidade (m^{1/3}/s);
- i – Inclinação (m/m);
- R_h - Raio hidráulico (m);
- A – Área molhada (m²).

2.5.1 Diâmetro mínimo

A utilização de coletores com diâmetros de pequenas dimensões pode dar origem a obstruções, isto deve se ao fato de muitas vezes as águas residuais transportarem substâncias sólidas de grande dimensão. No quadro 2.4 são apresentados os valores dos diâmetros mínimos estipulados segundo a regulamentação portuguesa e as normas brasileiras para sistemas separativos domésticos.

Quadro 2.4 – Valores dos diâmetros mínimos.

RGSPDADAR (Artigo 134º)	NBR 9649
200mm	100mm

Embora a NBR 9649 estabeleça um diâmetro de 100mm como mínimo, normalmente no Brasil é usual admitir-se que o diâmetro mínimo aceitável toma o valor de 150mm (NTS 025, 2006).

2.5.2 Inclinações máximas e mínimas dos coletores

Em perfil longitudinal, sempre que seja possível deve manter-se as rasantes dos coletores paralelos ao terreno. Este aspeto, por motivos de funcionamento hidráulico do sistema e construtivos nem sempre se verifica, daí haver necessidade de implantar inclinações mínimas e máxima (Sá Marques e Sousa, 2008).

Regulamento português

O RGSPDADAR, no Artigo 133º, estabelece uma inclinação mínima de 0,3% e uma inclinação máxima de 15%. As inclinações se forem muito pequenas os coletores podem ficar totalmente horizontais ou inverterem o sentido o que dificultaria o transporte das águas. Se o rigor do nivelamento, a estabilidade do assentamento e o poder de transporte forem garantidos é possível implantar coletores com inclinações inferiores ao valor mínimo estipulado no regulamento.

Em relação à inclinação máxima é imposto este valor, máximo no regulamento, de forma a evitar inclinações muito elevadas que podem provocar dificuldades no transporte do escoamento. Segundo o regulamento, sempre que se pretenda ultrapassar este valor (15%) deve prever-se dispositivos especiais de ancoragem impedindo o escorregamento das águas ao longo dos coletores.

Norma brasileira

A NBR 9649 estabelece que a inclinação mínima deverá ser de tal modo que além de garantir as condições de arraste mínimas, também deve resultar em menor escavação possível. Esta norma estipula que a inclinação mínima deve proporcionar uma tensão de arrasto com valor

igual ou superior a $\sigma_t = 1,0\text{Pa}$ sendo esta calculada para o caudal inicial e desta forma garantir a autolimpeza.

Segundo Sobrinho e Tsutiya (2005), no caso de redes de águas residuais, é comum adotar-se o valor para o coeficiente de Manning $n=0,013$. Este coeficiente depende do diâmetro, da forma e do material do coletor, da relação h/D e das características das águas residuais. Com a utilização de novos materiais nas obras de saneamento, aparecem novas possibilidades de valores de n . O quadro 2.5 apresenta as várias equações para o cálculo das inclinações mínimas referentes aos diferentes tipos de materiais.

Quadro 2.5 - Equações obtidas para a inclinação mínima de modo a garantir $\sigma_t = 1,0\text{Pa}$.

Material dos coletores	Coefficiente de Manning (n)	Inclinação mínima (m/m)
PVC	0,010	$I = 0,0061 \times Q^{-0,49}$
Aço soldado, cimento amianto, poliéster, polietileno	0,011	$I = 0,0058 \times Q^{-0,49}$
Ferro fundido com revestimento	0,012	$I = 0,0056 \times Q^{-0,48}$
Cerâmico, concreto e ferro fundido sem revestimento	0,013	$I = 0,0055 \times Q^{-0,47}$

Como nos coletores há formação de uma película de limo, as paredes dos coletores tornam-se desta forma uma superfície uniforme e permanecem constantes ao longo do tempo. Posto isto, há autores que defendem que a rugosidade dos coletores é a mesma e não depende do material.

Desta forma a inclinação mínima para um coeficiente de Manning $n=0,0013$ que satisfaz esta condição pode ser determinada através da seguinte expressão:

$$I_{minNBR} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47} \quad (3)$$

Onde:

I_{minNBR} - Inclinação mínima do coletor, estabelecida pela NBR 9649 (m/m)

Q_i - Caudal inicial (l/s)

O valor mínimo do caudal recomendado por esta norma é de 1,5l/s, então calculando a inclinação mínima com este valor iremos ter $I_{min} = 0,0045\text{m/m}$.

A NBR 9649 estipula ainda a prescrição de uma inclinação máxima admissível para a qual se tenha a velocidade final igual a 5m/s. Esta inclinação pode ser determinada pela expressão 4 mencionada por vários autores, segundo Fernandes (1997), com o coeficiente $n=0,013$:

$$I_{max} = 4,65 \times Q_f^{-0,67} \quad (4)$$

Onde:

I_{max} - Inclinação máxima (m/m);

Q_f - Caudal final (l/s).

2.5.3 Velocidade máxima

O quadro 2.6 apresenta os valores de velocidade máxima segundo o RGSPDADAR e a NBR 9649 a serem respeitadas.

Quadro 2.6 - Valores de velocidade máxima.

RGSPDADAR		NBR 9649
Sistemas separativo-doméstico	Sistemas unitários e separativos pluviais	Sistemas separativo - domésticos
3m/s	5m/s	5m/s

É evidente que quanto maior a velocidade melhores serão as condições de arraste, mas quando as velocidades ultrapassam estes valores podem provocar erosão de coletores, câmaras de visita ou outros elementos do sistema de drenagem.

2.5.4 Velocidade mínima

Quando temos velocidades baixas, os sólidos em suspensão transportados pelas águas residuais sedimentam, provocando assim obstrução nos coletores e conseqüentemente aumentando o risco de inundações e de descargas. Desta forma, é fundamental que se verifiquem condições de escoamento que levem os sólidos depositados a serem arrastados. Os valores da velocidade mínima encontram-se no quadro 2.7.

Quadro 2.7 – Valores de velocidade mínima.

RGSPDADAR		NBR 9649
Sistema separativo - doméstico	Sistema unitário e separativo pluvial	Sistema separativo - doméstico
0,6m/s	0,9m/s	Será determinada de acordo com a tensão de arrasto (1,0Pa)

O regulamento português ainda refere que sempre que estes valores da velocidade mínima não possam ser cumpridos devem ser estabelecidas inclinações que garantam estes valores limites para o caudal de seção cheia. Segundo Ferreira (2013), no Brasil, o critério da velocidade de autolimpeza foi utilizado até a data da publicação da NBR 9649, a partir desta data começou a utilizar-se o critério da tensão média de arrastamento.

2.5.5 Altura de escoamento máxima

O escoamento em sistemas de drenagem de águas residuais urbanas deve processar-se em superfície livre e de preferência evitar seção cheia ou quase cheia. As águas residuais e/ou industriais são constituídas por grande quantidade de matéria orgânica, havendo assim necessidade de os coletores serem ventilados para reduzir a formação de H₂S e de gás metano CH₄. (Diogo, 1997)

Regulamento português

De forma a tentar ultrapassar estes problemas o RGSPDADAR impôs que o valor da altura da lâmina líquida não deve ser superior a 0,5 do diâmetro do coletor para diâmetros até 500mm e de 0,75 para diâmetros superiores a este valor. A altura da lâmina líquida para coletores unitários e separativos pluviais correspondentes a uma velocidade máxima de 0,9m/s deve ser igual à altura total.

Norma brasileira

No que diz respeito à altura de escoamento máximo, a NBR 9649 impõe que esta altura seja igual ou inferior a 0,75 do diâmetro do coletor, de forma a garantir condições de escoamento livre e de ventilação. Esta altura deve ser sempre calculada admitindo o escoamento em regime uniforme e permanente.

É de salientar que caso a velocidade final seja superior à velocidade crítica (V_c), a altura de escoamento máximo será de 0,5 do diâmetro coletor.

Sendo a velocidade crítica calculada pela expressão:

$$V_c = 6\sqrt{g \times R_H} \quad (5)$$

Onde:

V_c - Velocidade Crítica (m/s);

R_h - Raio hidráulico da seção (m);

g - Aceleração da gravidade (m/s^2).

2.5.6 Condições de curvas de regolfo

Na NBR 9649/1986 ainda são referidas as condições de curvas de regolfo (condições de controlo de remanso), de forma a garantir as condições de autolimpeza e condições de esgotamento livre. Segundo a norma brasileira as condições de curvas de regolfo devem ser tidas em atenção:

“Sempre que a cota do nível de água na saída de qualquer PV ou TIL, ficar acima de qualquer das cotas dos níveis de água de entrada, deve ser verificada a influência do remanso no trecho de montante. “

O RGSPPDADAR não faz qualquer referência a estas condições.

2.5.7 Profundidades de assentamento mínimo dos coletores

Regulamento português

O RGSPPDADAR (Artigo 137º) impõe que a profundidade de assentamento dos coletores não deve ser inferior a 1m. Esta profundidade é medida normalmente entre o pavimento da via pública e o extradorso dos coletores. Na impossibilidade de respeitar o valor referido, terá que se proceder à proteção dos coletores contra as cargas de superfícies.

Por outro lado, o valor estipulado no regulamento referente a este tema pode ser aumentado devido a exigências de trânsito, da inserção dos ramais de ligação ou da ligação de outras infraestruturas.

Norma brasileira

A profundidade de assentamento mínima dos coletores é estipulada pela NBR 9649 como sendo o recobrimento mínimo, e este não deve ser inferior a 0,90m (coletores assentados no leito da via de tráfego) ou a 0,65m (coletores assentados no passeio). Sempre que se utilizem valores de recobrimento menores que os estipulados nesta norma devem ser devidamente justificados. A NBR 9814 estipula que sempre que se verificar efeitos de cargas rolantes e não houver a possibilidade de estabelecer o recobrimento mínimo, deve ser prevista a proteção do coletor e deste modo resistir às cargas previstas.

2.6 Caudais de projeto

No dimensionamento de redes de drenagem de águas residuais é essencial a determinação dos caudais de projeto. Um dos aspetos cruciais no planeamento, projeto e exploração de um sistema de drenagem de águas residuais é o conhecimento dos volumes de água residual afluente à rede de drenagem e a sua variação espacial e ao longo tempo (Sá Marques e Sousa, 2008).

2.6.1 Caudal de águas residuais domésticas

No que diz respeito à avaliação dos caudais de águas residuais domésticas é fundamental conhecer a situação demográfica atualizada da zona a servir (Ano 0), avaliar a sua evolução previsível (Ano 40) e ainda os consumos de água domésticos.

2.6.1.1 Portugal

Os consumos de água domésticos devem ser obtidos através de dados existentes, caso não se tenha informação correta dos consumos, estes devem ser calculados a partir de valores da capitação estimados, sendo estes expostos no RGSPPDADAR (Artigo 13º):

“As capitações na distribuição exclusivamente domiciliária não devem, qualquer que seja o horizonte de projeto, ser inferior aos seguintes valores:

- a) 80 l/hab/dia até 1000 habitantes;
- b) 100 l/hab/dia de 1000 a 10000 habitantes;
- c) 125 l/hab/dia de 10000 a 20000 habitantes;
- d) 150 l/hab/dia de 20000 a 50000 habitantes;
- e) 175 l/hab/dia acima de 50000 habitantes.”

Desta forma, os caudais de águas residuais domésticas podem ser calculados a partir da capitação de água de consumo, salientando que só uma parte desta vai parar à rede de drenagem. Para tal, multiplica-se a capitação de consumo de água pelo fator de afluência à rede para desta forma se obter a capitação de afluência à rede de águas residuais domésticas. No Artigo 123º do RGSPDADAR é estabelecido que o fator de afluência à rede pode variar entre 0,70 e 0,90, este depende da extensão de zonas verdes ajardinadas ou agrícolas e dos hábitos de vida da população.

É necessário proceder a cálculos antecedentes ao do caudal de autolimpeza (ano 0) e de dimensionamento (ano 40). Iniciando-se com o caudal médio diário de águas residuais domésticas, que é dado pela seguinte expressão:

$$Q_{md} = \frac{Cap \times P \times f_a}{86400} \quad (6)$$

Onde:

Q_{md} - Caudal médio diário de águas residuais domésticas (L/s);

f_a - Fator de afluência à rede (-);

Cap - Capitação (l/hab.dia);

P - População (hab).

De seguida calcula-se o caudal de ponta horário:

$$Q_{pd} = Q_{md} \times f_{ph} \quad (7)$$

Para a determinação da expressão 7 é necessário calcular o fator de ponta horário, f_{ph} (adimensional), sendo a expressão que se segue retirada do regulamento:

$$f_{ph} = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{P}} \quad (8)$$

Em que P é a população a servir.

Por fim, o caudal de autolimpeza (ano 0) e de dimensionamento (ano 40) são calculados pela expressão que se segue:

$$Q = Q_{pd} + Q_{inf} (\approx Q_{md}) \quad (9)$$

Segundo o regulamento português, sempre que o caudal apresentar valores inferiores a 1,5l/s, este será o valor adotado.

2.6.1.2 Brasil

Segundo a NBR 9649, a relação média entre os volumes de águas residuais produzidos e aquela que realmente foi consumida é definida por coeficiente de retorno, tomando o valor de 0,8.

O caudal de águas residuais domésticas está sujeito a variações de acordo com as horas, os dias, os meses e estações do ano. Os coeficientes de variação de caudal devem ter em conta estas mudanças e deste modo conseguir-se calcular o caudal máximo e mínimo, através do caudal médio. A NBR 9649 recomenda que sejam adotados os seguintes valores:

K_1 - Coeficiente de máximo caudal diário - 1,2

K_2 - Coeficiente de máximo caudal horário - 1,5

K_3 - Coeficiente de mínimo caudal horário - 0,5

Estes valores são adimensionais e são utilizados na ausência de dados locais comprovados através de pesquisa.

No Brasil utiliza-se o termo taxa per capita em vez de capitação.

O cálculo do caudal de autolimpeza e de dimensionamento inicia-se com o caudal de águas residuais domésticas inicial e final, dado pelas expressões que se seguem:

O cálculo do caudal de autolimpeza e de dimensionamento inicia-se com o caudal de águas residuais domésticas inicial e final, dado pelas expressões que se seguem:

$$Q_{d,i} = k_2 \times \text{contribuição per capita} \times P \times C \quad (10)$$

$$Q_{d,f} = k_2 \times k_1 \times \text{contribuição per capita} \times P \times C \quad (11)$$

Onde:

$Q_{d,i}$ - Caudal doméstico - Ano 0 (l/s);

$Q_{d,f}$ - Caudal doméstico - Ano 40 (l/s);

Contribuição per capita - expressão brasileira que designa capitação.

Por fim, calcula-se o caudal mínimo e máximo utilizando a seguinte equação:

$$Q = Q_{inf} + Q_d \quad (12)$$

Onde:

Q_{inf} - Caudal de infiltração (l/s);

Q_d - Caudal doméstico (l/s).

2.6.2 Caudais de águas industriais/comerciais

No que diz respeito aos caudais de águas residuais industriais/comerciais a situação será diferente caso se trate de pequenas indústrias disseminadas ou de unidades concentradas. Para pequenas indústrias disseminadas o caudal respetivo normalmente será englobados nos caudais de águas residuais domésticas, para unidades concentradas já é necessário uma averiguação mais detalhada (DGRN, 1991).

É de salientar, que referente a este tema é importante o estipulado nos artigos 14º e 15º do RGSPDADAR.

Quanto à NBR 9649 não existe qualquer informação acerca dos caudais de águas residuais industriais/comerciais.

2.6.3 Caudais de infiltração

Estes caudais resultam da água existente no solo e é fundamental serem contabilizados no projeto de novos sistemas de drenagem. Os caudais de infiltração dependem de vários fatores como por exemplo: da extensão da rede de drenagem, do nível freático do solo, do tipo e estado de conservação dos coletores, das juntas e das câmaras de visita (Hammer, 1979). A existência de infiltração nas redes deve ser mitigada através de processos apropriados de projeto, seleção de materiais e juntas e disposições construtivas (DGRN, 1996).

O RGSPDADAR, no número 4 do Artigo 126º, estabelece:

- Para redes de pequenos aglomerados o caudal de infiltração é igual ao caudal médio, com coletores a jusante até 300mm
- Para redes de médios e grandes aglomerados, um procedimento semelhante, neste último caso o caudal de infiltração é de 0,5 m³/dia/cm/Km para coletores recentes ou a construir e pode atingir valores de 4 m³/dia/cm/Km em coletores de precária construção e conservação.
- Que os valores referidos anteriormente podem ser reduzidos desde que seja assegurada uma adequada estanquidade da rede.

A NBR 9649 estabelece que na ausência de dados ou argumentos claros adota-se taxas de contribuição de infiltração entre 0,05 a 1,0 l/s.Km.

3. APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO PORTUGUESA E BRASILEIRA A UM EXEMPLO: ANÁLISE COMPARATIVA

3.1 Introdução

Esta dissertação tem como objetivo a concepção e dimensionamento de uma rede de drenagem de águas residuais domésticas numa determinada zona. Considerando um sistema separativo que efetuará a recolha e o transporte das águas provenientes de instalações sanitárias, cozinhas, zonas de lavagem de roupa até aos pontos de recolha, garantindo dessa forma a segurança sanitária e o bem-estar dos habitantes dessa zona. Neste projeto estiveram sempre presentes os princípios estabelecidos no RGSPDADAR (no caso de Portugal) e as normas brasileiras (no caso do Brasil), e deste modo realizar uma análise comparativa, incluindo custos. Das normas indicadas no quadro 2.1, a NBR 9648, NBR 9649 e a NBR 9814 serão abordadas ao longo desta dissertação, umas com mais destaque que outras. É de salientar que, na presente data, a zona em causa já possui sistema de drenagem de águas residuais domésticas.

Para se poder iniciar o objetivo proposto é extremamente necessário a existência do enquadramento e pesquisa detalhada acerca deste tema. Nesta dissertação já foram realizadas essas duas fases, na primeira foi demonstrada a importância do assunto, na seguinte fase foi reunida a informação necessária para a realização de um correto dimensionamento. A concepção e o dimensionamento da rede serão realizados recorrendo ao AutoCad, Excel e ainda ao software R-NetCAD. Sendo que nesta fase recorreu-se ao R-NetCAD apenas com o intuito de se efetuar uma comparação dos resultados a partir deste e os que se irão obter através do Excel, posteriormente, na fase de orçamentação, recorreu-se unicamente ao R-NetCAD. Este software destina-se a redes urbanas de drenagem de águas residuais (pluviais e domésticas) e engloba as fases de planeamento e projeto. O traçado da rede neste software é representado na forma de diagramas esquemáticos, onde as características dos coletores e das câmaras de visita podem ser alteradas sempre que tal seja pretendido. O software produz gráficos e relatórios com os resultados do estudo efetuado, permite também elaborar listas detalhadas de medições e orçamento das redes estudadas.

Na realização da concepção e dimensionamento apresentam-se os seguintes pontos fulcrais:

- 1- Identificação da zona de estudo;

- 2- Análise da topografia da zona;
- 3- Estudo e concepção do traçado da rede;
- 4- Dimensionamento hidráulico-sanitário da rede.

Para a concepção e dimensionamento de uma rede de drenagem é crucial ter-se em conta o número de habitantes a servir, assim como o consumo de água domésticos. Estes consumos podem ser obtidos através de dados existentes, caso não se disponha de informação correta, os quais devem ser avaliados a partir de valores da capitação estimados. Os limites estipulados no regulamento português relativamente à capitação variam em função da dimensão do aglomerado, estes valores já foram mencionados anteriormente.

O sistema a projetar deverá entrar em funcionamento no ano 0 (ano 2015), e garantir a drenagem de águas residuais domésticas da zona por um período de vida do projeto de 40 anos, pelo que o ano horizonte de projeto será o ano de 2055. O ano de horizonte de projeto a considerar num estudo depende de vários fatores de difícil avaliação, este corresponde ao número de anos durante os quais o sistema ou as estruturas e equipamentos que o constituem têm que servir em boas condições. A concepção e o dimensionamento do sistema de drenagem de águas residuais domésticas exigem a determinação de elementos de base, permitindo assim a avaliação dos caudais afluentes aos coletores no ano de entrada em funcionamento da obra (ano 0 - ano 2015), e no ano horizonte de projeto (ano 40 - ano 2055). Para a realização do presente trabalho prevê-se que no ano horizonte de projeto haverá um crescimento de urbanização, dando origem ao aparecimento de novos lotes, e posteriormente obtêm-se uma estimativa da população existente nesse ano.

Na fase inicial, para a realização do traçado e posteriormente o dimensionamento de uma rede deve-se ter uma planta topográfica atualizada da zona, esta deve assinalar a edificação existente, vias de circulação, curvas de nível, cursos de água ou outros locais de descarga das águas residuais e rede existente até à data.

Neste projeto além dos princípios estabelecidos no regulamento português e nas normas brasileiras foram tidas em conta as condicionantes do traçado (topografia, viabilidade do sistema adotado e respetiva durabilidade), visando garantir as melhores soluções de dimensionamento dos pontos de vista técnico e económico. A análise comparativa que se desenvolverá no presente estudo será efetuada com base na mesma cartografia, população, consumos e crescimento de urbanização no ano 40.

3.2 Caso de estudo

Neste trabalho a zona de estudo situa-se na cidade de Coimbra, sendo esta a maior cidade da região centro possuindo uma população de cerca de 150.000 habitantes e é banhada pelo rio Mondego (ver figura 3.1). A universidade de Coimbra é uma das maiores e mais antigas universidades de Portugal, por este motivo Coimbra é conhecida pela cidade dos estudantes. Recentemente foi atribuído pela UNESCO o estatuto de Património Mundial à Universidade de Coimbra, Alta e Sofia.

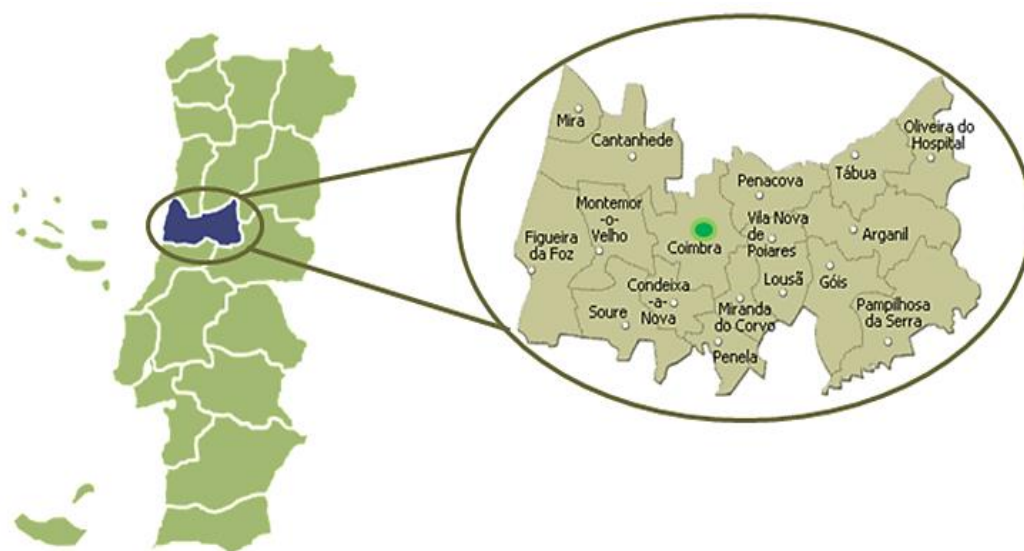


Figura 3.1 - Localização da cidade de Coimbra no mapa de Portugal.

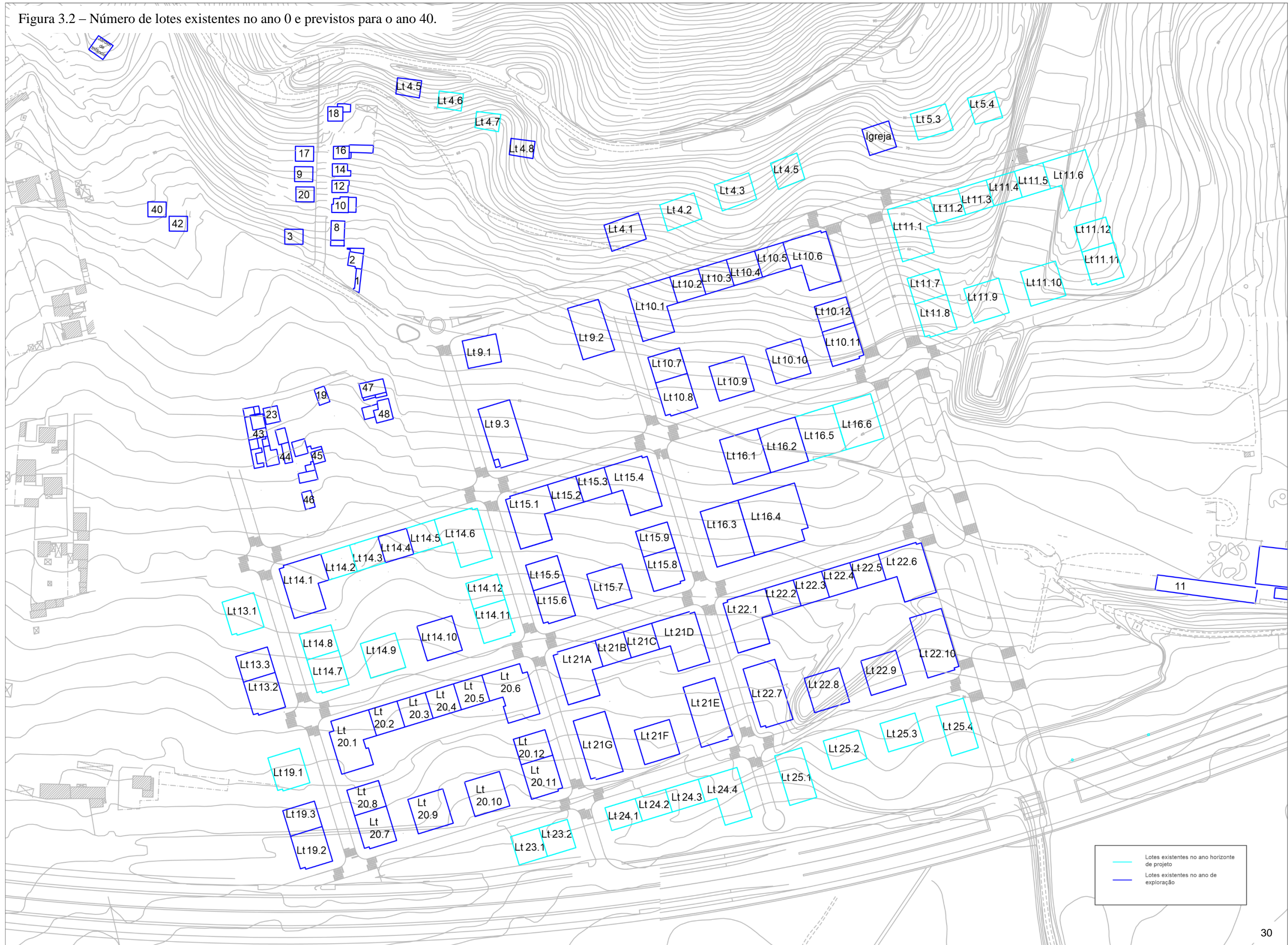
A zona de estudo situa-se na Quinta da Portela, sendo esta um bairro da freguesia de Santo António dos Olivais na cidade de Coimbra. O Pólo II (FCTUC) surgiu no final do século XX, este encontra-se perto da zona de intervenção. O aparecimento do Pólo II dinamizou e aumentou o crescimento urbano naquela zona, promovendo novas centralidades funcionais, das quais é exemplo a urbanização em estudo. Esta zona é relativamente recente constituída por condomínios fechados, habitações multifamiliares, alguns aglomerados de residências unifamiliares, jardim-de-infância e uma igreja, tudo indica a tendência de expansão.

3.3 Elementos base

Como já foi referido anteriormente é essencial ter em conta o número de habitantes a servir. Para este efeito, estimou-se um aumento da área construída para o ano de horizonte tendo como base o número de lotes existentes no ano de exploração.

O crescimento de urbanização previsto para o ano 40 pode ser observado na figura 3.2, onde a cor azul escura corresponde à urbanização existente no ano 0 e a cor azul claro assinala aquela que se prevê no ano 40.

Figura 3.2 – Número de lotes existentes no ano 0 e previstos para o ano 40.



3.3.1 Traçado da rede de drenagem

Como passo inicial, analisou-se a planta da zona de estudo e procedeu-se ao traçado da rede de modo a abranger toda a área urbanizada e englobando também zonas de futura expansão habitacional (ano 40). O traçado da rede é afetado pelo dimensionamento dos coletores, ou seja, estes deverão ser efetuados em paralelo. Deve procurar-se, sempre que possível, que todo o escoamento se faça por gravidade de maneira a evitar a construção e manutenção de dispositivos de bombagem e estações elevatórias. Pelos motivos referidos, nesta etapa foram desenvolvidas e comparadas diferentes alternativas de traçado, é de referir que foram realizadas várias tentativas até se chegar ao traçado final.

Este traçado foi realizado com o auxílio do software AutoCad 2010 sobre uma planta disponibilizada. No traçado da rede, a implantação dos coletores foi efetuada sobre o eixo da via pública (RGSPDADAR, Artigo 136º) de forma a não interferir com fundações de edifícios existentes e mitigar a probabilidade de colidir com futuras obras. Nas NBR 9649 não é feita nenhuma referência a este assunto, no entanto, de acordo com Sobrinho e Tsutiya (2005) existem várias alternativas para a localização dos coletores, sendo uma delas o eixo da via pública (utilizada quando existe apenas um coletor na rua).

Após o traçado desenhado, obteve-se um conjunto de troços ligados por câmaras de visita devidamente numerados e assinalados, estes órgãos têm como objetivo a inspeção e limpeza dos coletores como já foi referido anteriormente. Segundo RGSPDADAR e a NBR 9649, estes órgãos deverão ser implantados no início dos coletores, nos pontos de mudança de direção, de inclinação e de diâmetro. O desenho do traçado de uma rede de drenagem de águas residuais deve também conter o sentido do escoamento. Quanto aos coletores, o material escolhido foram tubos de PVC de secção circular e o seu dimensionamento assegurou que o escoamento se processa em superfície livre, pois em pressão existe o risco de ocorrência de fugas através das juntas, poluindo o lençol freático, situação que é preciso evitar. Atualmente no Brasil, o PVC e os seus derivados são o material mais utilizado em sistemas de drenagem de águas residuais.

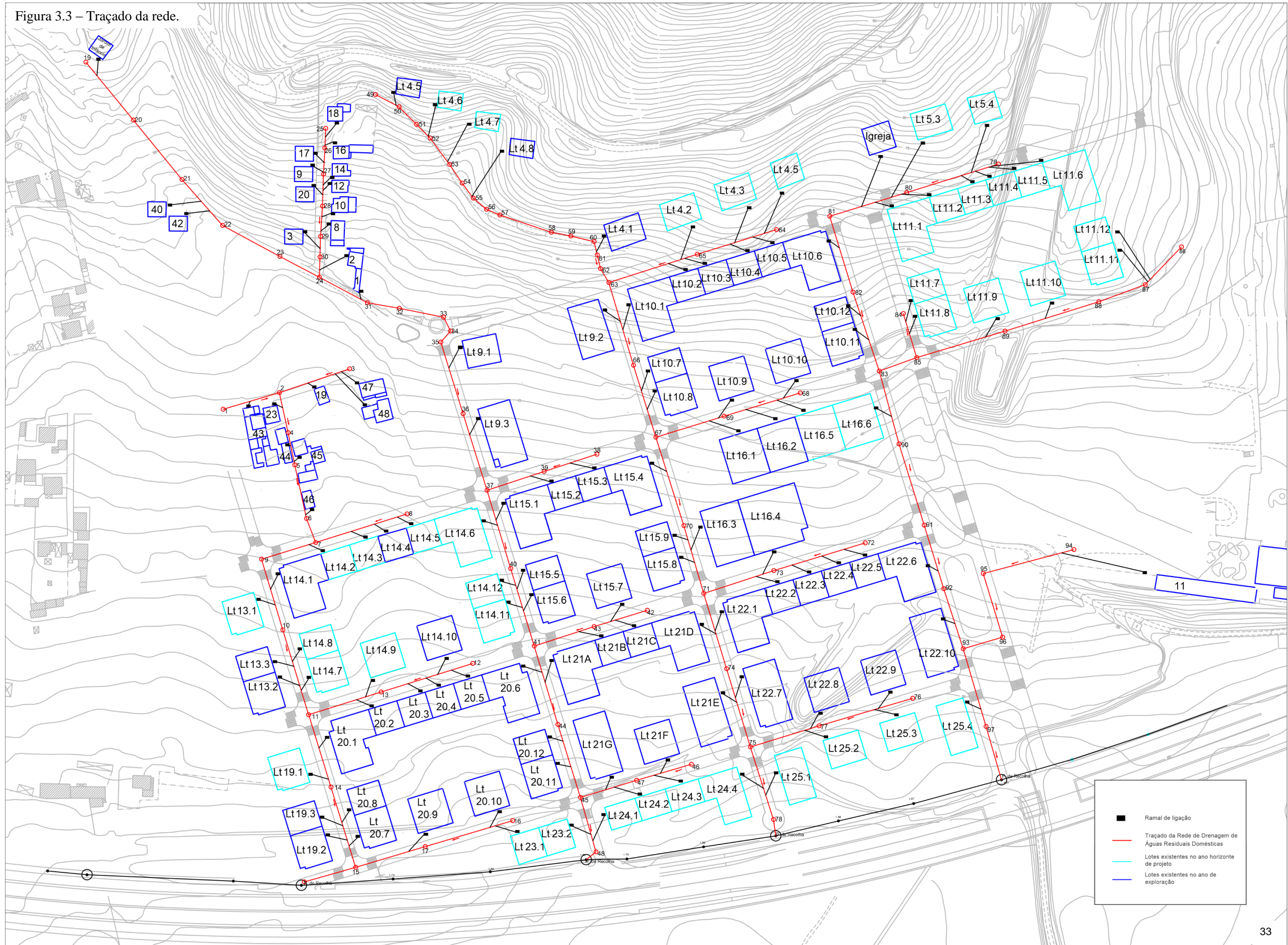
De seguida são enumeradas algumas das vantagens do PVC:

- Leve;
- Baixo custo;
- Grande resistência à corrosão;
- Facilidade de assentamento e conexão.

No dimensionamento da rede garantiu-se também que nenhum coletor desemboca noutra de menor diâmetro, respeitando assim o estabelecido no Artigo 135º do RGSPDADAR.

Prevê-se que todos os edifícios sejam ligados à rede de drenagem por ramais de ligação, elemento já referido anteriormente. Na figura 3.3, a cor vermelha, é apresentado o traçado da rede de águas residuais domésticas correspondente à solução final, onde se pode observar as câmaras de visita e a respetiva numeração e ainda o sentido de escoamento.

Figura 3.3 – Traçado da rede.



Prossegue-se ao levantamento topográfico da rede, tirando as cotas de cada câmara de visita e o comprimento de cada troço, desta forma teremos a inclinação do terreno.

O traçado da rede adotado para a zona em estudo é constituído por 96 troços, com um total de 3379,85m de tubagens e 100 câmaras de visita. Uma vez efetuado o traçado da rede, fez-se a contagem do número de lotes por cada troço, para obtermos o valor da população que será analisada mais a frente. Cada troço entre duas câmaras de visita deve ser devidamente dimensionado, iniciando-se os cálculos na primeira câmara de visita, percorrendo os troços de montante para jusante e não se passando nenhum troço em falso. Na subsecção que se segue dá-se início aos cálculos referentes ao dimensionamento.

3.3.2 Determinação dos caudais de projeto

Na elaboração de projetos de sistemas de drenagem de águas residuais, é essencial proceder a uma avaliação dos caudais que vão ser transportados pelos coletores para que se consiga um correto dimensionamento. Como já foi referido anteriormente, deseja-se que este sistema desempenhe as suas funções corretamente não só no ano de exploração como também no ano de horizonte de projeto. No dimensionamento de redes de drenagem de águas residuais o cálculo dos caudais de projeto é um passo indispensável para fins de dimensionamento deste tipo de infraestruturas.

Para a determinação da população no local considerou-se que todos os apartamentos são de tipologia T3, aos quais se atribui uma ocupação de quatro habitantes. Foi também considerado que nas residências unifamiliares residem quatro pessoas e para o dimensionamento do Jardim de Infância e da Igreja foram consideradas 100 e 20 pessoas, respetivamente. Para o dimensionamento de redes de drenagem de águas residuais é importante e mesmo indispensável conhecer a situação demográfica da zona a servir, em termos de população residente, e avaliar a evolução que se prevê para o ano horizonte de projeto adotado.

Na figura 3.4 e 3.5 apresenta-se o total da população em cada lote e no aglomerado de residências unifamiliares onde se engloba o Jardim de Infância e a Igreja.

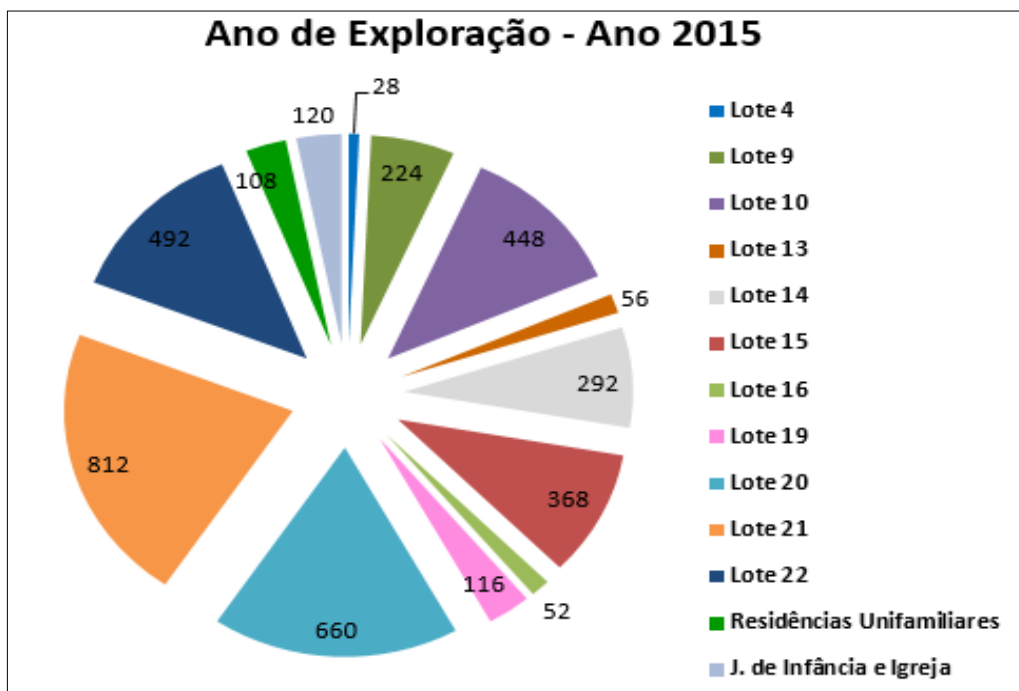


Figura 3.4 - População total em cada lote referente ao Ano 2015.

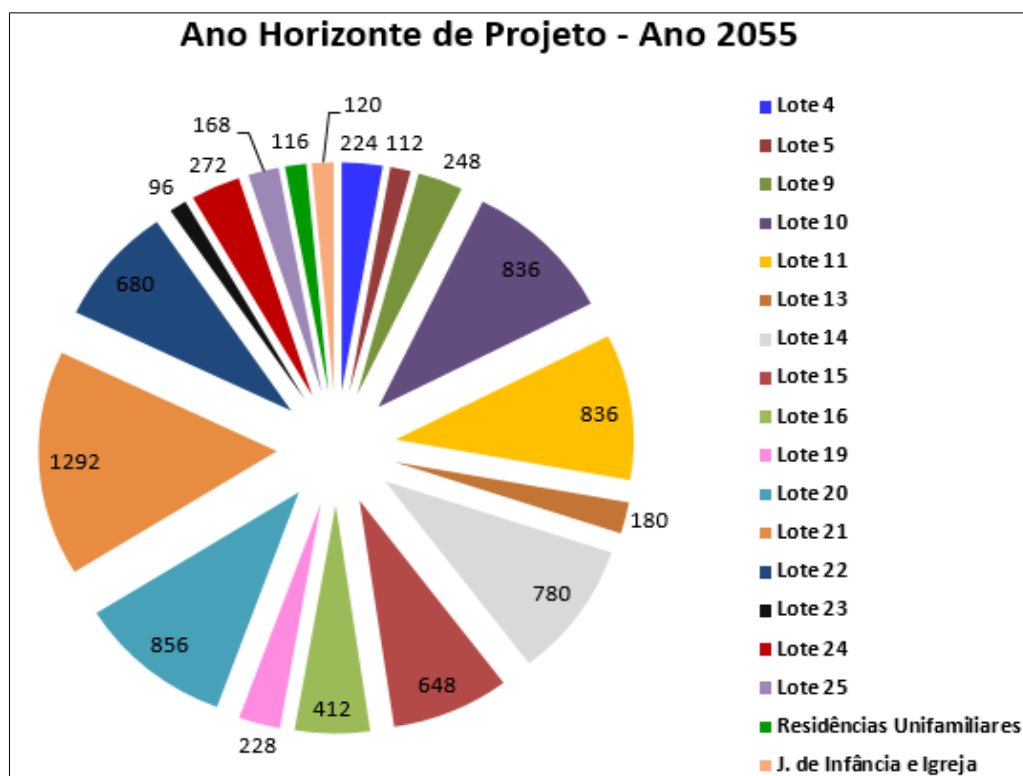


Figura 3.5 - População total de cada lote referente ao Ano 2055.

Através de uma análise dos gráficos apresentados anteriormente, pode-se observar um aumento de população do ano de exploração para o ano de horizonte, o que já era de esperar visto que muitos dos lotes continham apartamentos desocupados no ano 0, o que no ano 40 não se verificará. Para além disso, houve um aumento de área de urbanização no ano 40, contribuindo também para o aumento da população. Na zona em estudo, no ano 0, contabilizou-se um total de 3776 habitantes, já no ano 40 prevê-se que o total de habitantes nessa zona aumente para 8104 habitantes.

Para o dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais, são necessários os caudais para o ano de horizonte de projeto, que define a capacidade que deve considerar o coletor, e o caudal no ano de exploração, sendo este utilizado para se verificar as condições de autolimpeza do coletor. A seguir apresenta-se o procedimento para se obterem estes caudais.

Anteriormente ao cálculo dos caudais para o ano inicial (0) e final (40) procede-se ao cálculo do caudal de águas residuais domésticas que se obtém através do valor da capitação, tendo em conta que apenas uma parte desta chega à rede de drenagem de águas residuais domésticas. Para tal, em Portugal utilizou-se o fator de afluência à rede, $f_a = 0,9$ (RGSPDADAR, Artigo 123º), já no Brasil, é denominado como coeficiente de retorno, tomando o valor de $C = 0,8$ de acordo com a NBR 9649.

Com o auxílio do regulamento português foram adaptados 200 e 250l/hab/dia referentes ao ano 0 e ao ano 40 respetivamente, tendo em atenção a população.

A rede de drenagem sofre sempre a ação de águas de infiltração quer do subsolo quer da superfície, desta forma para o cálculo dos caudais é necessário ter em conta o caudal de infiltração. A nossa zona de estudo trata-se de um pequeno aglomerado, o regulamento português estabelece para estes casos que o caudal de infiltração é considerado igual ao caudal médio anual.

A NBR 9649, na falta de dados ou argumentos precisos, recomenda a utilização de taxas de contribuição de infiltração de 0,05 a 1,0 l/s.km. No Brasil, geralmente, adota-se uma taxa de contribuição de infiltração (T_{inf}) de 0,1 l/s.km, sendo este valor escolhido para os cálculos. O caudal de infiltração pode ser obtido através da seguinte forma:

$$Q_{inf} = \frac{T_{inf}}{1000} \times L_t \quad (13)$$

Em que, L_t é o comprimento do troço (m)

Todos estes cálculos foram realizados em folhas de Excel, nos quadros A-1 e A-2 em anexo são apresentados os resultados do caudal mínimo e máximo para todos os troços da rede.

3.4 Verificação das imposições regulamentares

Para a verificação das imposições regulamentares, tal como já foi referido anteriormente, foram tidos em conta os diferentes valores para o caso de Portugal e para o Brasil, sendo estas diferenças descritas no quadro 3.1, apresentando-se de seguida os procedimentos utilizados para as referidas verificações.

Quadro 3.1 - Valores regulamentares utilizados no procedimento.

	Valores Regulamentares			
	D _{min}	V _{min}	V _{máx}	i _{máx}
Portugal (RGSPDADAR)	200 mm	0,6 m/s	3 m/s	15%
Brasil (NBR 9649)	100 mm	0,6 m/s*	5 m/s	30% **

* Tendo em conta que a norma brasileira não faz referência a este valor, adotou-se 0,6m/s.

** A inclinação máxima segundo a norma é tal que $V_f = 5m/s$, para os procedimentos que se seguem admitiu-se uma inclinação de 30%.

3.4.1 Diâmetro

Após o cálculo dos caudais, procede-se à escolha do diâmetro que satisfaça as condições regulamentares.

As imposições aos diâmetros dizem respeito a um diâmetro mínimo que corresponde ao máximo das seguintes disposições:

1. Diâmetros regulamentares, D_{min} ;
2. Deve verificar a imposição da velocidade máxima, $V_{máx}$ para coletores domésticos, considerando o caudal máximo;

O diâmetro mínimo é condicionado pela velocidade máxima:

$$D_{vmáx} = \left[\frac{8 \times Q_{máx}}{V_{máx} \times (\theta - \sin \theta)} \right]^{0,5} \quad (14)$$

3. Deve verificar a inclinação máxima, $i_{m\acute{a}x}$.

Para o caso de Portugal o cálculo do $D_{im\acute{a}x}$ é feito com base no valor da inclinação máxima e no valor do coeficiente de rugosidade, K_s , (PVC, $K_s = 90 \text{ m}^{\frac{1}{3}}/s$), sendo este dependente da rugosidade das paredes do coletor, já no Brasil este último coeficiente toma a expressão $K_s = \frac{1}{n}$ ($n = 0,013$). O cálculo $D_{im\acute{a}x}$ é determinado pela seguinte expressão:

$$D_{im\acute{a}x} = \left[\frac{8 \times 4^{\frac{2}{3}} Q_{m\acute{a}x}}{K_s \times \sqrt{i_{m\acute{a}x}}} \right]^{3/8} \frac{\theta^{1/4}}{(\theta - \sin \theta)^{5/8}} \quad (15)$$

As duas últimas verificações são feitas com base na fórmula de análise do comportamento hidráulico mais comum, a equação de Manning-Strickler (expressão 2) que tem em conta o caudal escoado, o material e as dimensões do coletor. É necessário distinguir entre diâmetros menores e maiores do que 500 mm , dado que a altura máxima da lâmina líquida deve ser de 0,5 do diâmetro do coletor no primeiro caso e 0,75 no segundo, no caso de sistemas separativos domésticos.

Sendo que:

$$\theta \leq 2 \times \cos^{-1}(1 - 2a) \quad (16)$$

Neste caso de estudo, tendo em atenção o que foi referido, considerou-se $a = 0,5$. Por fim, a escolha do diâmetro externo do coletor é feita através da seguinte expressão:

$$D_{externo} \geq \{D_{min}; D_{vm\acute{a}x}; D_{im\acute{a}x}\} \quad (17)$$

3.4.2 Inclinações mínimas e máximas

Posteriormente à escolha dos diâmetros, efetuaram-se todos os cálculos necessários para se chegar assim a valores de inclinações para cada troço da rede.

A inclinação mínima de um coletor corresponde ao máximo das seguintes disposições:

1. Inclinação mínima regulamentar, i_{min} ;
2. Deve verificar a imposição da altura máxima da lâmina líquida;

A altura máxima da lâmina líquida implica uma inclinação mínima:

$$i_{mín,h} = \left[\frac{8 \times 4^{2/3} Q_{máx}}{Ks D^{8/3}} \times \frac{\theta^{2/3}}{(\theta - \sin \theta)^{5/3}} \right]^2 \quad (18)$$

Onde o θ é calculado novamente pela equação 16, considerando novamente $a = 0,5$ (Portugal) e $a = 0,75$ (Brasil).

3. Deve verificar a velocidade mínima, $V_{mín}$, para coletores domésticos e considerando o caudal de auto limpeza;

$$i_{mín,v} = \left[\frac{8 \times 4^{2/3} Q_{al}}{Ks \times D^{8/3}} \times \frac{\theta^{2/3}}{(\theta - \sin \theta)^{5/3}} \right]^2 \quad (19)$$

Para este caso, o valor θ determina-se através da seguinte fórmula (com base na velocidade mínima regulamentar):

$$(\theta - \sin \theta) = \frac{8 \times Q_{al}}{D^2 \times V_{mín}} \quad (20)$$

A inclinação máxima de um coletor corresponde ao mínimo das seguintes disposições:

1. Inclinação máxima regulamentar, $i_{máx}$;
2. Deve verificar o critério da velocidade máxima, $V_{máx}$, para coletores domésticos considerando o caudal máximo;

$$i_{máx,v} = \left[\frac{8 \times 4^{2/3} Q_{máx}}{Ks \times D^{8/3}} \times \frac{\theta^{2/3}}{(\theta - \sin \theta)^{5/3}} \right]^2 \quad (21)$$

Na expressão anterior, o valor de θ é calculado de uma forma iterativa (método de Newton-Raphson), com base na velocidade máxima regulamentar:

$$(\theta - \sin \theta) = \frac{8 \times Q_{máx}}{D^2 \times V_{máx}} \quad (22)$$

Então, a obtenção das inclinações máximas e mínimas é através da seguinte expressão:

$$\begin{cases} i_{máxc} \geq \min \{i_{máx}; i_{máxv}\} \\ i_{mínc} \geq \max \{i_{mín}; i_{mínv}; i_{mính}\} \end{cases} \quad (23)$$

Onde:

$i_{máxC}$ – Inclinação máxima calculada;

$i_{mínC}$ – Inclinação mínima calculada.

A inclinação escolhida para a rede de drenagem da zona de estudo para os vários troços toma valores iguais à inclinação do terreno. A inclinação do terreno é calculada através da seguinte expressão:

$$I_t = \frac{CTM - CTJ}{L_t} \quad (24)$$

Sendo que:

I_t - Inclinação do terreno (m/m);

CTM - Cota do terreno de montante (m);

CTJ - Cota do terreno de jusante (m);

L_t - Comprimento troço (m).

As inclinações dos coletores têm que estar sempre compreendidas entre os limites regulamentados, em anexo os quadros A-1 e A-2 apresentam as inclinações adotadas para cada troço da rede.

3.4.3 Alturas de escoamento

Recorrendo a métodos analíticos ou métodos gráficos, pode ser realizada a verificação dos critérios hidráulicos e sanitários do escoamento (alturas e velocidades), considerando o escoamento em regime permanente e uniforme.

Normalmente os coletores funcionam parcialmente cheios, ou seja, o líquido preenche apenas uma parte da conduta (escoamentos com superfície livre), figura 3.6, garantindo assim as leis e propriedades hidráulicas de um canal aberto.

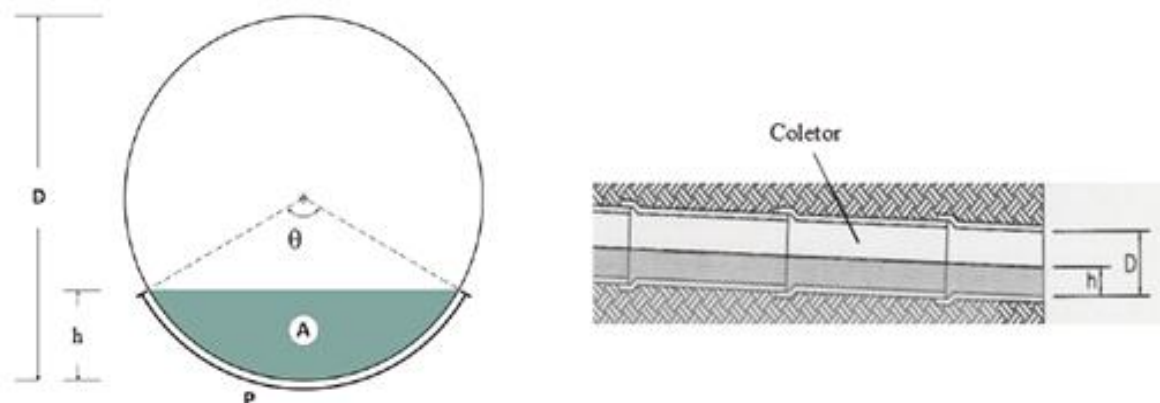


Figura 3.6 - Esquema da seção transversal e da seção longitudinal de um coletor, expondo as relações geométricas das seções circulares (Adaptado de Sobrinho e Tsutiya, 2005).

Na seção circular as relações entre o ângulo ao centro (θ), a área molhada (A), o perímetro molhado (P), a altura da lâmina de água (h) e o raio hidráulico (R_h) são dadas pelas equações:

$$P = \frac{D \times \theta}{2} \quad (25)$$

$$A = (\theta - \sin \theta) \frac{D^2}{8} \quad (26)$$

$$R_h = \frac{D(\theta - \sin \theta)}{4\theta} \quad (27)$$

Desta forma, podem calcular-se as condições de escoamento mínimas utilizando o caudal de autolimpeza e máximas para o caudal de dimensionamento, com ajuda da equação que se segue:

$$\theta = \sin \theta + 6.063 \left(\frac{Q}{K_s \sqrt{i}} \right)^{0.6} \times D^{-1.6} \times \theta^{0.4} \quad (28)$$

Esta possibilita o cálculo do ângulo ao centro (θ) através de um processo iterativo, neste caso o método do ponto fixo.

Da substituição das expressões 26 e 27 na equação $Q = A \times k_s \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$ resulta a expressão que se segue, permitindo o cálculo do caudal escoado:

$$Q = \frac{K_s}{20,159} D^{8/3} \frac{(\theta - \sin \theta)^{5/3}}{\theta^{2/3}} i^{1/2} \quad (29)$$

Sabendo que $V = \frac{Q}{A}$, e substituindo nesta equação as equações 29 e 26, resulta a seguinte expressão que permite determinar a velocidade de escoamento:

$$V = \frac{K_s}{2,52} D^{2/3} \left(\frac{\theta - \sin \theta}{\theta} \right)^{2/3} i^{1/2} \quad (30)$$

Uma vez conhecido o ângulo ao centro (θ), pode-se calcular a altura do escoamento no interior do coletor recorrendo à expressão:

$$h = \frac{D}{2} \times \left(1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) \quad (31)$$

E por fim, podemos determinar a tensão média de arrastamento que é definida pela seguinte expressão:

Substituindo a equação 27 na equação da tensão de arrasto (1) obtêm-se:

$$\tau = 9800 \times \frac{\frac{D^2}{8} \times (\theta - \sin \theta)}{\frac{D \times \theta}{2}} \times i \quad (32)$$

É de salientar que o procedimento para o cálculo das alturas e velocidades de escoamento em Portugal tem em conta $K_s = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, já no caso do Brasil, $K_s = \frac{1}{n}$.

Os valores mínimos e máximos da altura de escoamento, da velocidade de escoamento e da tensão de arrasto são apresentados nos quadros A-1 e A-2 que se encontram em anexo. Da análise dos valores da velocidade de escoamento nos vários troços da rede pode-se concluir que a velocidade de escoamento mínima nunca é menor que a velocidade mínima imposta pelo RGSPDADAR. Quanto aos valores da velocidade de escoamento máxima, verifica-se que em nenhum troço é ultrapassada a velocidade máxima imposta no regulamento português e na norma brasileira.

3.4.4 Perfil longitudinal

Posteriormente ao cálculo dos valores das inclinações dos coletores, mínimas, máximas e do terreno, prossegue-se ao traçado em perfil. Procurou-se estabelecer um traçado regular respeitando as variações de inclinações entre a máxima e mínima, e tentar sempre que a inclinação adotada se aproxime o mais possível da inclinação do terreno. A profundidade da implantação dos coletores é um aspeto fulcral para o traçado em perfil longitudinal.

Quando se fala na implantação de coletores, podem surgir três situações:

- 1- Não se atingir o recobrimento a jusante - $i_{col} = i_{mín}$
- 2- Atingir-se o recobrimento mínimo a jusante - $i_{mín} \leq i_{col} \leq i_{máx}$
- 3- Queda a montante - $i_{col} = i_{máx}$

Onde i_{col} é a inclinação do coletor.

Na implantação de coletores é necessário colocá-los abaixo da cota do terreno respeitando os limites de inclinação e de diâmetro.

No Artigo 137º do regulamento português é estipulado que a profundidade de assentamento dos coletores (recobrimento mínimo) não deve ser inferior a 1m, medida entre o extradorso e o pavimento da via pública. Segundo o regulamento português (Artigo 24º), deve garantir-se também sempre que possível, que a implantação dos coletores referentes às águas residuais domésticas se encontre abaixo dos coletores de distribuição de água, evitando assim uma possível contaminação. Deste modo, foi admitido um recobrimento mínimo igual a 1,7m.

A NBR 9649 estabelece que o recobrimento não deve ser inferior a 0,90m quando a localização da implantação dos coletores se encontra na faixa de rodagem, tendo sido adotadas nesta dissertação estas especificações. Adota-se este valor de forma a proteger os coletores de esforços acidentais externos advindos, principalmente, do tráfego sobre a faixa de rodagem.

Após uma determinação cuidada da implantação definitiva dos coletores foi possível conhecer a sua localização exata, obtendo a profundidade de soleira (P_{sol}) e a cota de soleira (C_{sol}) nas câmaras de visita. Estas podem ser calculadas através das seguintes expressões:

$$P_{sol} = \text{Recobrimento} + \text{Espessura} + \text{Diâmetro interno} \quad (33)$$

$$C_{sol} = \text{Cota do terreno} - P_{sol} \quad (34)$$

Através da observação da figura 3.7 todos os conceitos apresentados nesta seção ficam de mais fácil compreensão.

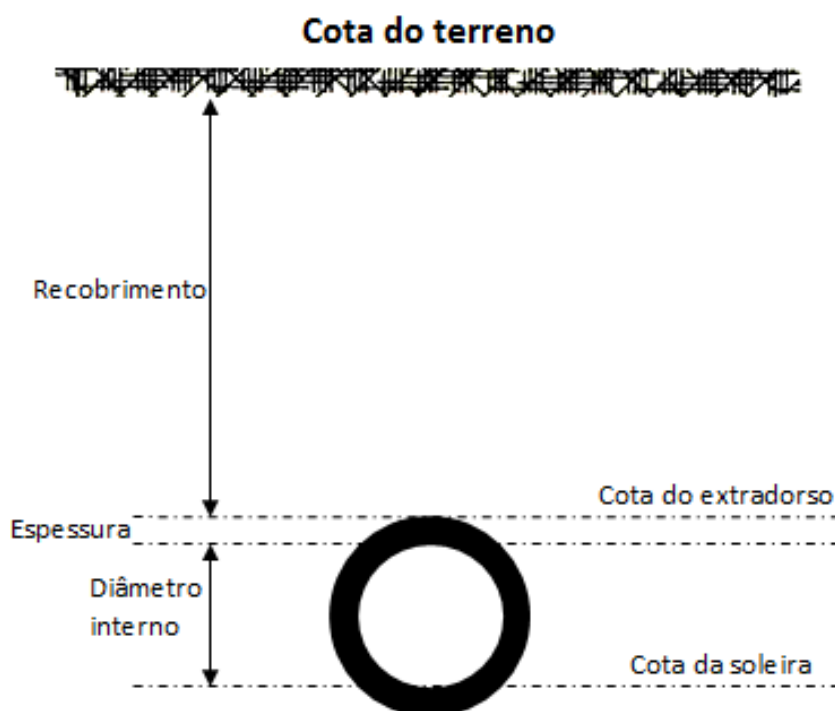


Figura 3.7 - Representação esquemática da Implantação dos coletores (Adaptada Sá Marques e Sousa, 2008).

Os valores referentes às profundidades de cada coletor tanto no caso português como do Brasil podem ser consultados nos quadros A-1 e A-2 apresentados em anexo, estas foram calculadas tendo em atenção a figura 3.7.

3.5 Comparação de resultados entre Brasil e Portugal

Efetuada uma comparação entre a NBR 9649 e RGSPDADAR aplicada a um exemplo prático de dimensionamento de uma rede de águas residuais domésticas, consegue-se perceber as inúmeras diferenças que existem entre estas e consequentemente influenciam os resultados. As principais diferenças numéricas existentes são apresentadas no quadro 3.2, tendo sido estes valores utilizados ao longo da dissertação.

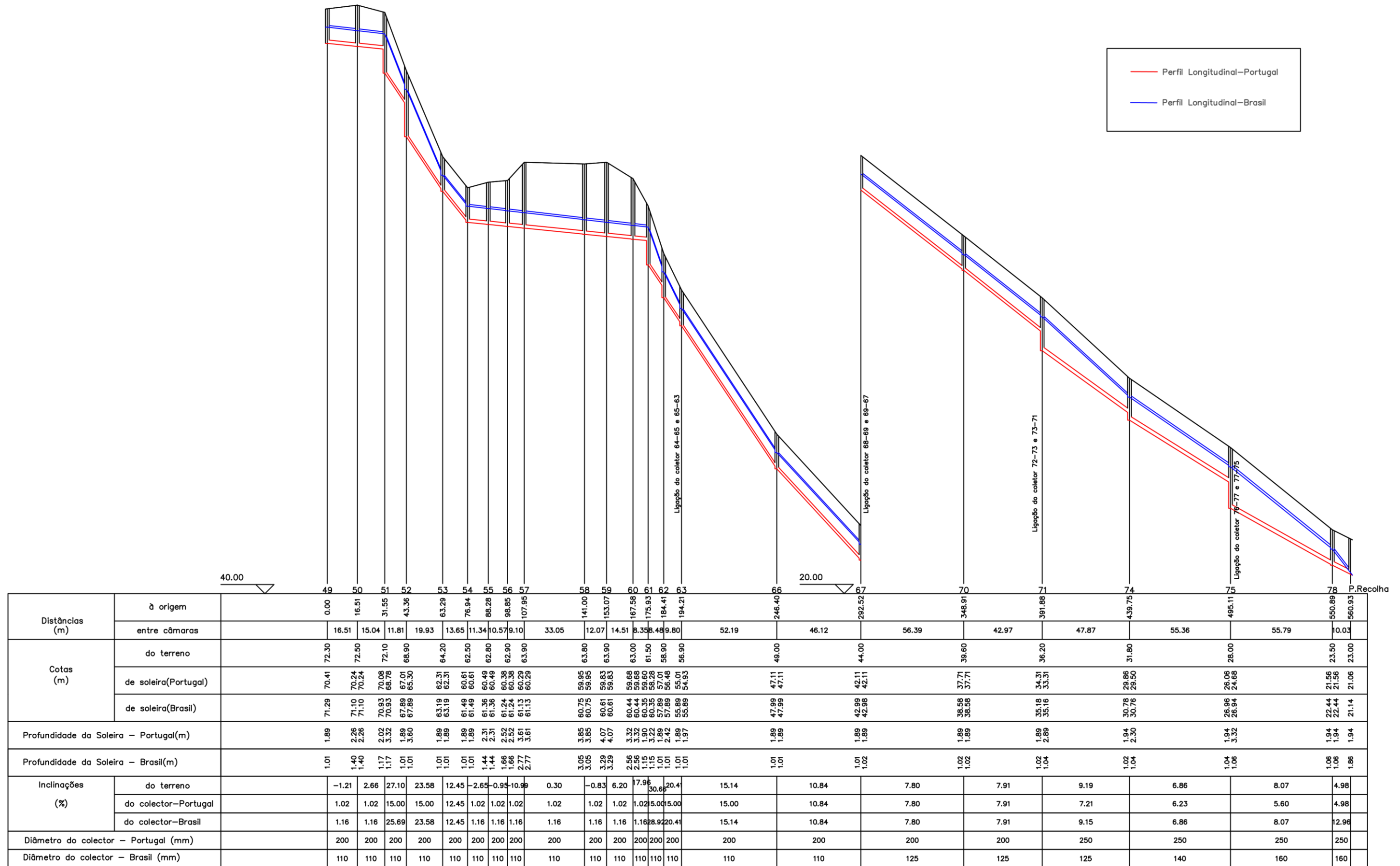
Quadro 3.2 - Quadro resumo de algumas imposições estipulados nas especificações regulamentares utilizadas.

Portugal							
Diâmetro	Inclinação Mínima	Inclinação Máxima	Velocidade Mínima	Velocidade Máxima	Altura de escoamento		Tensão de Arrasto
200 mm	0,30%	15%	0,6 m/s	3 m/s	0,5 do Diâmetro - para diâmetros ≤500mm	0,75 do Diâmetro - para diâmetros > 500 mm	2 Pa
Brasil							
100 mm	$I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$	igual a que se obtêm para $V_f = 5 \text{ m/s}$	Determinada de acordo com a tensão de arrasto (1Pa)	5 m/s	0,75 do Diâmetro	0,50 do Diâmetro - quando $V_f > V_c$	1 Pa

Relativamente às profundidades é apresentada a figura 3.8, sendo que esta diz respeito a uma sobreposição do perfil longitudinal referente ao caso português e brasileiro da câmara de visita 49 até ponto de recolha deste ramo. Foi escolhido este ramo devido ao facto de ser o que apresenta maior declive em toda a rede. Da análise da figura 3.8 verifica-se que as profundidades referentes ao caso português, em geral, apresentam valores superiores comparativamente com o caso brasileiro, isto deve-se principalmente ao facto de o recobrimento mínimo adotado no primeiro caso ser de 1.7m, e no segundo caso este valor foi de 0.9m. Nos quadros A-1 e A-2 apresentados em anexo podem se observar as profundidades referentes a cada coletor, estas foram calculadas tendo em atenção a figura 3.7.

Através do perfil longitudinal e nos quadros A-1 e A-2 (Anexos), pode-se constar que no caso português haverá mais quedas guiadas do que no Brasil. Quando o desnível ou queda entre o coletor a montante e o de jusante é superior a 0,5m, deve utilizar-se câmaras de queda guiada, caso este seja inferior poderá usar-se uma câmara de visita normal.

Figura 3.8 – Perfil longitudinal da câmara de visita 49 ao ponto de recolha.



Pode-se observar através da NBR 9649 que o cálculo da inclinação mínima é efetuado através de uma expressão matemática, ao invés do valor fixo adotado pelo RGSPDADAR. Considerando o valor mínimo do caudal recomendado pela NBR 9649 igual a 1,5l/s, obtém-se uma inclinação mínima 0,5% sendo esta relativamente superior à imposta pelo regulamento português (0,3%). Através das figuras (anexos) pode-se constatar que os valores mínimos das inclinações dos coletores encontrados foram de 1,18% e 0,38% para o Brasil e Portugal respetivamente; no que toca aos valores máximos obtém-se o valor 30% para o Brasil e 15% para Portugal (correspondendo esta à regulamentada), observando-se uma diferença significativa entre estes.

No que diz respeito à velocidade mínima, importa referir que este critério no Brasil há muito que deixou de ter relevância, começando-se a utilizar a tensão de arrasto. Verifica-se que o menor valor encontrado na velocidade inicial e final toma o valor de 1,06m/s para ambos os casos, e o maior de 2,50m/s e 4,18m/s, respetivamente. No quadro A-2 em anexo são apresentados os valores referentes à velocidade inicial e final para todos os coletores, sendo que em nenhum deles foi ultrapassado o limite máximo de 5m/s. O regulamento português estipula como valor mínimo 0,6m/s para a velocidade e como valor máximo de 3m/s. Em anexo no quadro A-1 são observadas as velocidades iniciais de 0,60m/s, que diz respeito ao menor valor encontrado nos coletores e o seu valor máximo de 2,63m/s. Para as velocidades finais obteve-se 0,60m/s como menor valor e 2,99m/s para o valor máximo, verificando-se que os valores indicados não ultrapassam os valores regulamentados. Através da figura 3.9 são apresentadas as velocidades finais respeitantes a todos os coletores em estudo. Foram tidos em conta vários intervalos de velocidades, assim como os totais de metros de coletores onde se verifica cada um dos intervalos apresentados na figura 3.9.

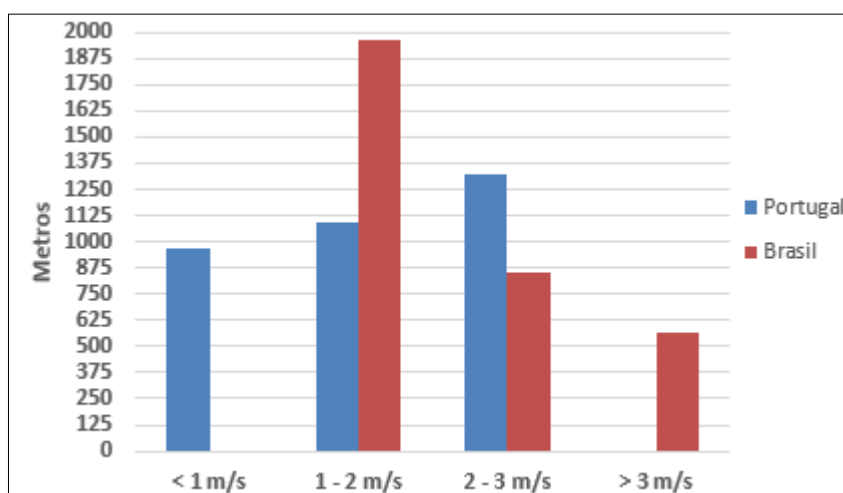


Figura 3.9 - Totais de metros de coletores para intervalos de velocidades finais.

Como já foi referido, a velocidade máxima estipulada no regulamento português toma o valor de 3m/s, verificando-se este facto através da análise da figura apresentada anteriormente não existindo nenhum coletor que ultrapasse esta velocidade.

No quadro 3.3 apresentam-se o total de metros referente aos diâmetros utilizados, tanto para o caso de Portugal como para o Brasil. Em Portugal a maioria dos diâmetros da rede são de 200mm, coincidente com o valor estipulado como diâmetro mínimo no RGSPDADAR, já no Brasil foi utilizada uma maior diversidade de dimensões de diâmetros, tendo em conta que a NBR 9649 recomenda o valor mínimo de 100mm.

Quadro 3.3 - Total de metros referente a cada diâmetro.

Diâmetros Externo (mm)	Diâmetro Interno (mm)	Espessura (mm)	Portugal	Brasil
φ110	103,6	3,2	-	2624,66 m
φ125	117,6	3,7	-	586,66 m
φ140	131,8	4,1	-	102,71 m
φ160	150,6	4,7	-	65,82 m
φ200	188,2	5,9	2723,41 m	-
φ250	235,4	7,3	656,44 m	-

Relativamente à altura da lâmina líquida máxima admissível para diâmetros menores que 500mm referida no RGSPDADAR toma o valor de 0,5 do diâmetro do coletor. Na NBR 9649 recomenda 0,75 do diâmetro do coletor para a altura máxima, caso a velocidade final seja superior à velocidade crítica a altura máxima admissível deixa de ser 0,75 e passa a ser 0,5 do diâmetro do coletor. Na figura 3.10 pode-se constatar que estes valores máximos nunca são ultrapassados.

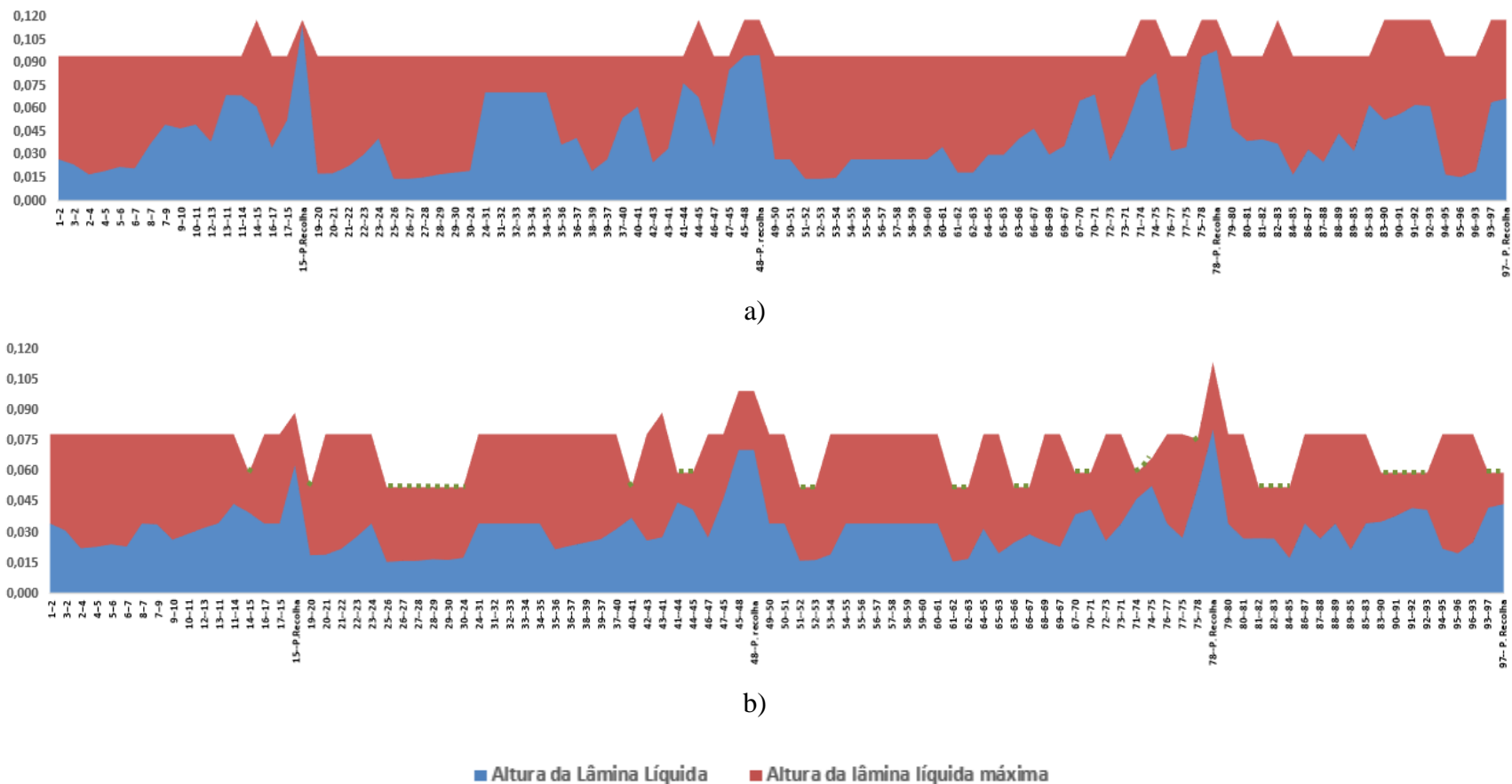


Figura 3.10 - Altura da lâmina líquida: a) Portugal; b) Brasil.

No quadro A-2 (Anexos) pode-se verificar que em alguns coletores a velocidade crítica tomou valores superiores aos da velocidade final, na figura 3.10 é apresentado a traço ponto de cor verde, todos os coletores onde tal se verificou.

Quanto à tensão de arrasto o limite apresentado no quadro A-1 referente a Portugal não é indicado no regulamento, mas porém este valor é referenciado por vários autores para coletores de águas residuais domésticas, este apesar de não ser imposto é verificado em quase todos os coletores (figura 3.11). Já a NBR 9649 estipula o valor de 1Pa para a tensão de arrasto mínima, o que se pode verificar na figura 3.11 os valores desta tensão nunca são inferiores ao mínimo estipulado.

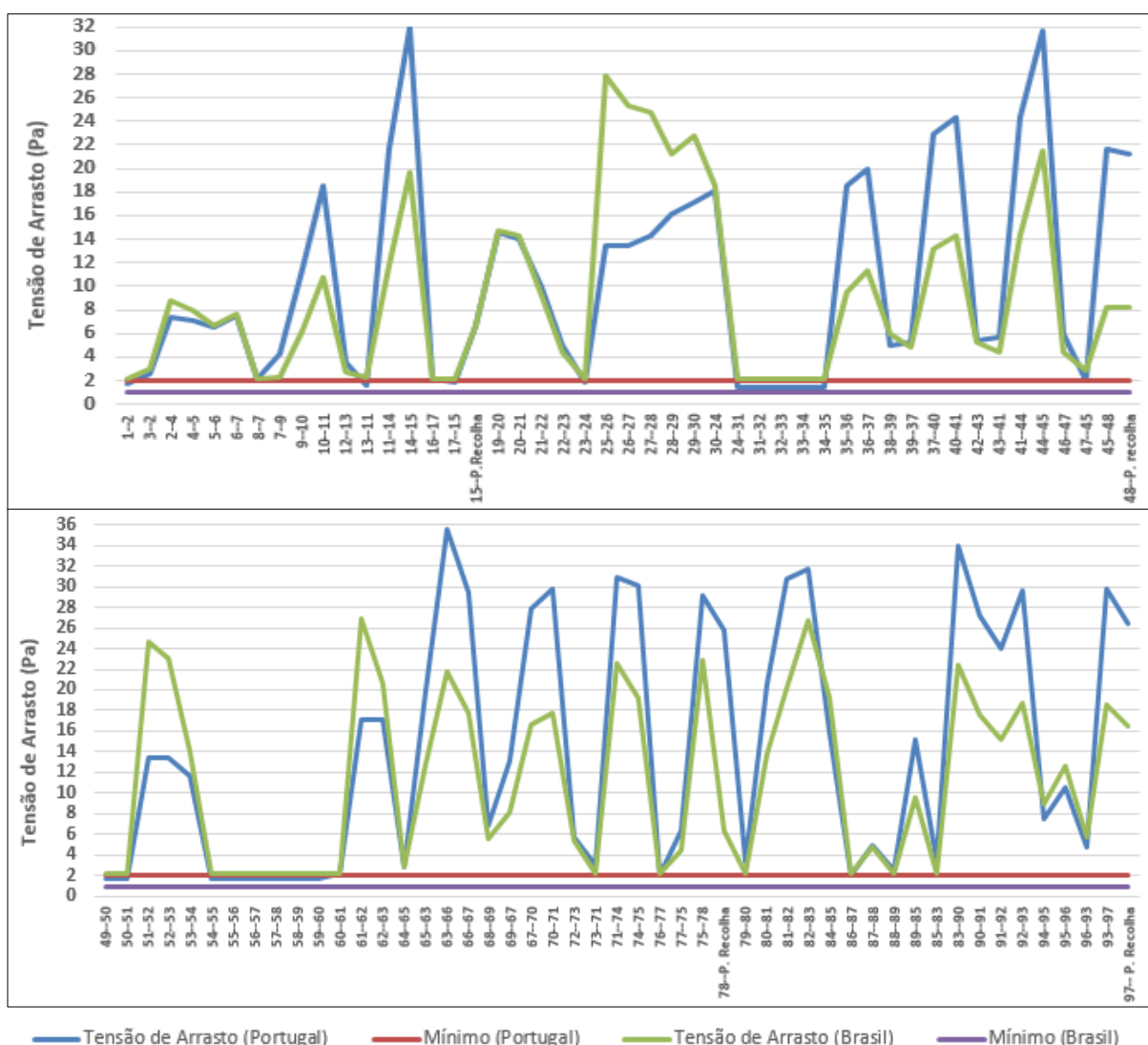


Figura 3.11 - Valores referentes à tensão de arrasto.

Relativamente aos fatores de ponta horário para o ano de exploração, verifica-se uma diferença acentuada entre o caso Portugal e Brasil. Enquanto no caso do Brasil se mantém constante no valor de 1,5 estipulado na norma, no caso de Portugal este tende a decrescer com o aumento da população visto que é calculado através da expressão 8.

Quanto ao ano horizonte de projeto, o fator de ponta horário no caso de Portugal continua a ser calculado pela expressão 8, já no caso brasileiro este toma o valor constante 1,8 resultando da multiplicação do coeficiente K_1 e K_2 . Pode-se observar na figura 3.12 que os valores indicados no eixo horizontal dizem respeito ao número de habitantes existentes nos vários troços, sendo que o último indica o número de habitantes total no ano horizonte de projeto, onde este é apresentado de forma a salientar que quanto maior é a população mais próximo de 1,8 é o fator de ponta horário.

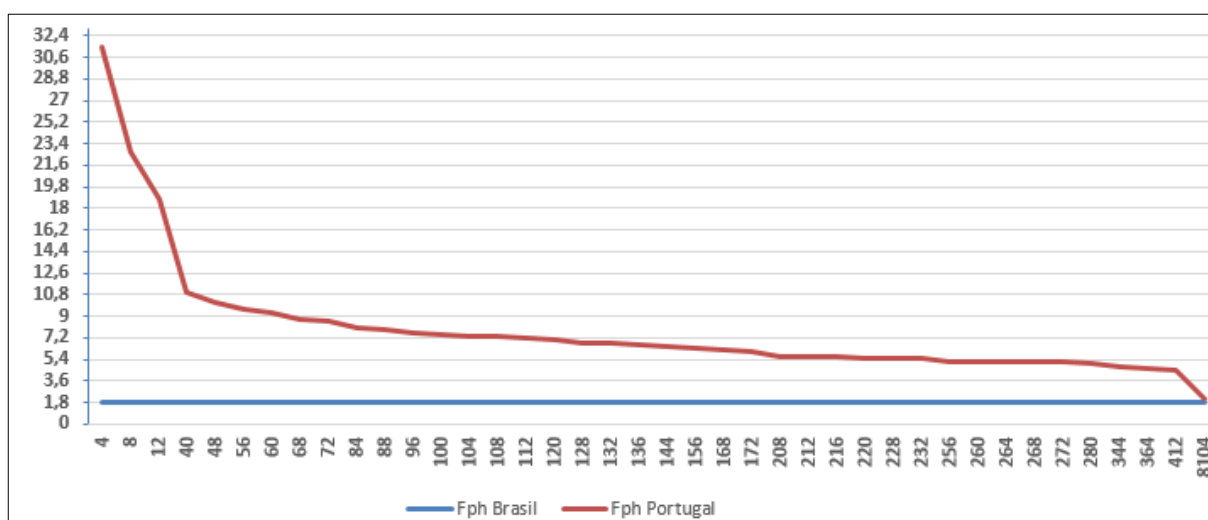


Figura 3.12 - Fatores de ponta horário referentes ao ano horizonte de projeto.

Através da figura apresentada anteriormente conclui-se que quando se fala de grandes aglomerados populacionais estes fatores tendem a coincidir.

Tendo em conta a diferença observada entre os fatores de ponta para o caso de Portugal e Brasil no ano horizonte de projeto, o mesmo se verifica para o ano de exploração, resultaram caudais para estes dois casos com uma diferença bastante significativa.

Por fim, encontra-se nas duas especificações técnicas o valor recomendado de 1,51/s para o caudal mínimo comum a ambas.

3.6 Avaliação de custos

Para a concretização de um projeto de redes de águas residuais domésticas, deve ser considerado o custo da obra. Com ajuda do software R-NetCad realizou-se uma estimativa orçamental de acordo com os resultados do dimensionamento efetuado para o caso de Portugal e para o Brasil, tendo em conta os requisitos estipulados nas especificações técnicas referentes a este tema. Nesta estimativa foram considerados diversos trabalhos, tais como, levantamento e reposição de pavimento, movimentos de terra, tubagens tendo em atenção os diferentes diâmetros utilizados, câmaras de visita (cobertura, corpo, soleira) e preenchimento da vala; para assim se poder realizar o processo de instalação da rede de águas residuais domésticas.

Os aspetos que condicionam a qualidade da instalação de tubagem enterrada em vala relacionam-se com o local de instalação, a natureza do terreno, as características da vala, o leito de assentamento, o material de enchimento, o grau de compactação e as condições de recobrimento da tubagem.

Na construção de redes de águas residuais domésticas é fundamental a existência de escavação para o assentamento dos coletores; esta escavação de valas consiste na remoção de solo desde a superfície do terreno até a profundidade definida em projeto, pode ser efetuada de forma mecânica ou manual. Na instalação de tubagens enterradas, desde que a natureza e os meios de escavação o permitam, as paredes da vala devem ser aproximadamente verticais. Caso não seja possível, recomenda-se que a geratriz superior do coletor se encontre no interior da seção retangular com paredes verticais (Pormenor 2). Na figura 3.13 pode-se observar 3 tipos de valas, sendo o terceiro de paredes inclinadas.

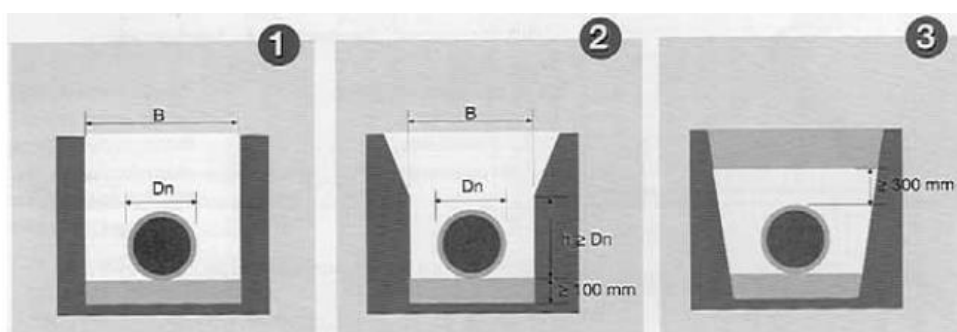


Figura 3.13 - Representação esquemática de alguns tipos de valas (Fonte: Scribd@2015).

Existem quatro tipos de classes para o assentamento de um coletor, tendo em conta as dimensões, os fatores de assentamento utilizados de acordo com o regulamento e o tipo de material de preenchimento da vala, tal pode ser observado na figura 3.14.

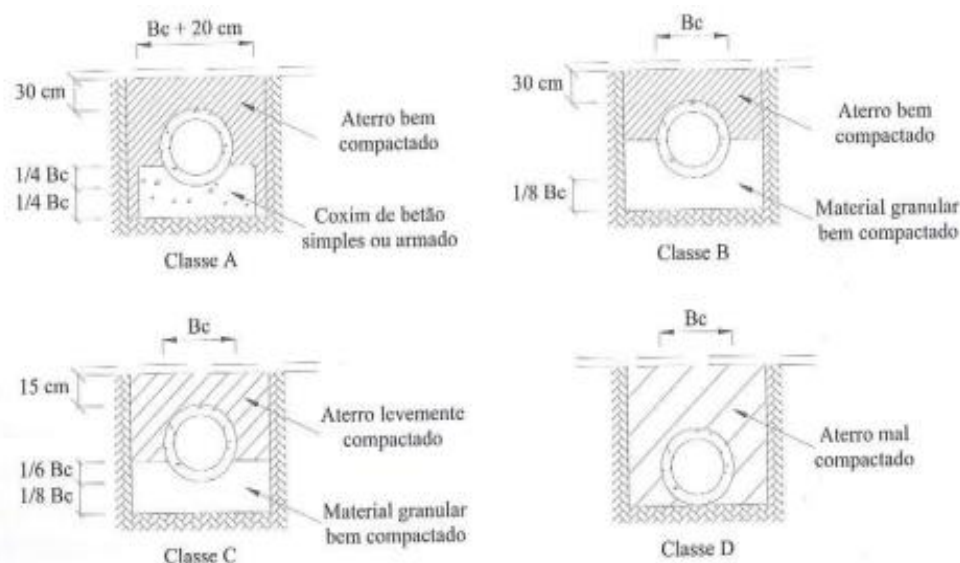


Figura 3.14 - Classes de assentamento de um coletor (Sá Marques e Sousa, 2008).

Relativamente ao modo de execução de assentamento das tubagens no Brasil, a NBR 9814 especifica cinco tipos diferentes: apoio direto, apoio sobre leito de material granular fino, apoio sobre laje e berço de concreto, apoio sobre lastro de brita e apoio sobre laje e berço de concreto com fundação; sendo que estas diferem nas dimensões das diferentes camadas dos materiais utilizados.

Por razões de economia, e visto que o regulamento português e a norma brasileira não especificam o tipo de vala a utilizar, escolheu-se uma vala de paredes aproximadamente verticais representada esquematicamente na figura 3.15.

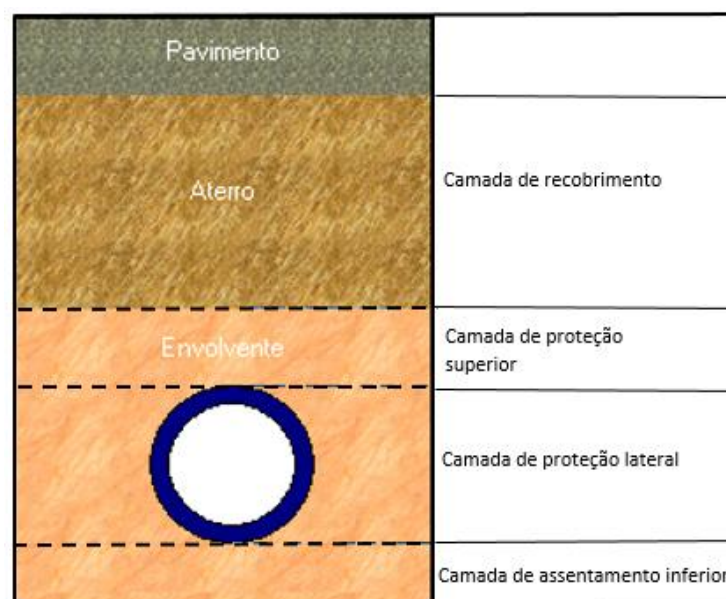


Figura 3.15 - Representação esquemática da vala escolhida (Adaptado do software R-NetCad).

A profundidade da vala deve permitir que a tubagem fique protegida das cargas exteriores rolantes e das variações de temperatura do meio ambiente. Para a execução da vala, deverá escavar-se até à linha da soleira acrescentada da camada de assentamento inferior, no nosso caso foi prevista uma camada de 0,15m. Posteriormente deve limpar-se o fundo da vala, deixando esta completamente livre e desta forma proceder-se ao assentamento da camada inferior com 0,15m de espessura, sendo o material saibro. Depois da tubagem montada e ensaiada, colocam-se camadas de proteção lateral (saibro) isento de torções, pedras, paus, tábuas, raízes e de outros corpos duros. Quando os coletores são constituídos por materiais plásticos, o tipo de material que envolve o tubo deve ser tão homogéneo quanto possível. Acima do coletor, existirá uma camada de proteção superior constituída por saibro e com a espessura de 0,15m. Depois desta camada envolvente que serve de proteção segue-se a camada de recobrimento que será composta por produto de escavação da própria vala, desde que estes sejam isentos de detritos orgânicos e corpos de maiores dimensões, que se revelem prejudiciais à sua estabilidade e boa consolidação. Por fim, será efetuada a camada de pavimento. O RGSPDADAR (Artigo 27º) indica que caso a escavação seja feita em terreno rochoso, o assentamento dos coletores deve ser feito, em toda a sua extensão, sobre uma camada uniforme de areia, gravilha ou outro material semelhante, com uma espessura de 0,15m a 0,30m. No que diz respeito a terrenos rochosos, a NBR 9814 estabelece que a escavação deve ter uma profundidade mínima de 1,5m, preenchendo-se o fundo da vala com um material granular fino e desta forma, garantindo assim um suporte adequado ao coletor.

Na escavação é necessário ter conhecimento da largura das valas onde vão ser assentes os coletores, o que foi tido em conta no cálculo do orçamento. De seguida será descrito o estipulado no regulamento português e na norma brasileira referente à largura das valas.

Largura da vala – RGSPDADAR

Para a realização do assentamento dos coletores é necessário saber-se a largura da vala onde estes e os respetivos acessórios vão ser instalados. Relativamente a este assunto o RGSPDADAR (Artigo 26º) estabelece dimensões mínimas que podem ser observadas no quadro 3.4, estas devem ser fixadas em função da profundidade dos coletores.

Quadro 3.4 - Valores mínimos da largura da vala indicados no regulamento português.

Profundidades	Dimensão mínima da vala
Profundidades $\leq 3m$	Diâmetro $\leq 0,50m$ $L_v = D_e + 0,50m$
	Diâmetro $> 0,50m$ $L_v = D_e + 0,70$
Profundidades $> 3m$	Pode ter que ser aumentada em função do tipo de terreno, processo de escavação e nível freático.

Onde:

L_v – Largura da vala (m);

D_e – Diâmetro externo (m).

Largura da Vala – NBR 9814

Esta norma dá indicação que as valas devem ser abertas no sentido inverso ao escoamento, ou seja, de jusante para montante. As características do solo e da tubagem, a profundidade e o processo de escavação influenciam a largura da vala. Os valores mínimos referentes às dimensões da largura da vala são apresentados no quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Valores mínimos da largura da vala indicados na norma brasileira.

Profundidades	Dimensão mínima da vala
Profundidades $\leq 2\text{m}$	$L_v = D_e + 0,60$
Profundidades $> 2\text{m}$	$L_v = D_e + 0,60$ deve ser acrescida de 0,10 m para cada metro ou fração que exceder a 2m

A NBR 9814 refere que para os taludes das escavações de profundidade superior a 1,50m deve ser previsto a entivação, assegurando desta forma a estabilidade de acordo com a natureza do solo, o que se pode observar na figura 3.16.



Figura 3.16 - Entivação de uma vala (Adaptado de SNSA, 2008).

Tendo em conta os aspetos enunciados anteriormente, para a realização das estimativas orçamentais, foi efetuada uma pesquisa de preços referentes aos materiais utilizados e aos trabalhos efetuados descritos no mapa de quantidades apresentado em anexo.

É de notar que neste orçamento os únicos órgãos acessórios contabilizados foram as câmaras de visita. Como se pode observar no quadro 3.6, os valores obtidos de custo final de obra apresentam diferenças, devendo-se estas ao facto de a norma brasileira e o regulamento português apresentarem requisitos distintos para a realização da conceção e dimensionamento de sistemas de águas residuais domésticas. Os diâmetros, as inclinações dos coletores e a largura das valas em cada troço são alguns dos requisitos que provocam a disparidade entre os orçamentos.

Quadro 3.6 – Custo global da obra.

Custo final	
Avaliação de custos - Portugal	Avaliação de custos - Brasil
228 159,22 €	127 478,79 €

Nos quadros A-5 e A-6 são apresentados os mapas de quantidades para o caso de Portugal e Brasil, respetivamente, estes foram utilizados para a realização da análise de custos

4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

4.1 Conclusões

O principal objetivo deste trabalho era reunir e disponibilizar as informações necessárias a um correto dimensionamento de redes de drenagem de águas residuais domésticas. Para tal, foram recolhidas e reunidas as imposições regulamentares e normativas em vigor em Portugal e no Brasil.

Uma das principais dificuldades encontradas prendeu-se com a norma escolhida para efetuar a comparação com o regulamento português realizada nesta dissertação. Podendo ter sido mais viável a escolha de uma norma mais completa referente a outro país.

Na conceção e dimensionamento realizado na rede de sistemas de águas residuais domésticas foram observadas algumas diferenças significativas pois os requisitos decretados nas especificações técnicas também estes diferem na maior parte dos casos. Após uma análise comparativa dos documentos técnicos expostos, concluiu-se que as diferenças que mais se destacaram dizem respeito aos limites estipulados nesta documentação; valor mínimo do diâmetro, inclinações mínimas e máximas, recobrimento mínimo. Para a velocidade mínima, enquanto o regulamento português estipula um valor mínimo as normas brasileiras não fazem qualquer tipo de abordagem, no Brasil o critério da velocidade de autolimpeza foi utilizado até 1986, data da promulgação da NBR 9649, passando-se a utilizar o critério da tensão de arrasto. A inclinação mínima toma o valor de 0,3% no regulamento português, enquanto na norma brasileira esta é determinada através de uma expressão matemática. No que diz respeito à inclinação máxima o regulamento português adota o valor de 15%, enquanto a norma brasileira é determinada tendo em conta a $V_f = 5m/s$.

Aquando da análise dos documentos técnicos utilizados nesta dissertação, constatou-se que o regulamento português especifica e expõe claramente e de forma numérica os limites estabelecidos, tornando-se assim de fácil leitura. Já as normas brasileiras apresentadas e analisadas neste trabalho tornam-se menos óbvias (dificultando a consulta) relativamente a limites a respeitar. A par disto, é detetada a inexistência de informação específica que seria relevante para a conceção e dimensionamento de um sistema de drenagem de águas residuais domésticas. Esta diferença é facilmente identificada quando nos referimos aos vários tipos de sistemas de águas residuais. Neste aspeto, as normas brasileiras ficam aquém do regulamento

português. Enquanto neste último é feita a distinção entre os vários sistemas, as normas deixam este assunto completamente ao descoberto englobando apenas o sistema separativo por ser o mais comumente usado no Brasil.

Por fim, no que toca à comparação da avaliação de custos entre os dois países, para o Brasil obteve-se um valor de 127 478,79€ significativamente mais baixo do que para Portugal, 228 159,22€, devendo-se este facto à utilização de menores diâmetros e menor volume de escavação relativamente ao dimensionamento de sistemas de águas residuais domésticas no caso brasileiro.

4.2 Trabalhos futuros

Relativamente a trabalhos futuros e tendo em conta que está a decorrer a ratificação do regulamento português analisado neste trabalho, seria interessante proceder ao mesmo estudo aqui apresentado mas tendo em conta as alterações que serão efetuadas ao mesmo e assim verificar quais as diferenças que se constatariam.

Visto que a regulamentação referente a sistemas de drenagem de águas pluviais é inexistente no Brasil, existindo apenas manuais de drenagem aplicados a cada município, seria interessante a realização da análise comparativa entre a metodologia de dimensionamento exposta no regulamento português e a correspondente de um desses manuais. Não existindo regulamentação organizada referente a este assunto no Brasil e com aplicação do estudo comparativo seriam de prever diferenças significativas.

Após a ratificação ao regulamento português proceder à mesma comparação efetuada neste trabalho, abrangendo outras normas existentes.

Sendo o saneamento básico um assunto extremamente importante para o desenvolvimento de um país, bem como para a saúde pública, deveriam unir-se esforços no sentido de se desenvolver um Eurocódigo acerca deste tema.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Butler, D., Davies, J. W. (2011). Urban Drainage. Oxon, Spon Press.
- CESAMA@ (2015) <http://www.cesama.com.br/?pagina=novidade&id=586>. Cesama, Brasil
- Decreto- Regulamentar nº 23/95. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. D.R. nº 194, Série I-B 1995/08/23.
- Decreto nº 24.643 de 10 de Julho de 1934. Código de águas.
- Diogo, A.F., (1997). Optimização Tridimensional de Sistemas Urbanos de Drenagem. Tese de Doutoramento, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Fernandes, C. (1997). Esgotos Sanitários. Editora Universidade- Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- Ferreira, Keilla Böehler (2013). Aplicabilidade de Tipos de Sistemas Urbanos de Esgotamento Sanitário em Função de Variáveis Climáticas e Topográficas. Tese de Mestrado, Escola Politécnica e Escola de química- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Hammer, Mark J. (1979). Sistemas de abastecimento de água e esgotos. Livros técnicos e científicos, Rio de Janeiro.
- Instituto de Pesquisas Hidráulicas. (2005). Plano Diretor de Drenagem Urbana- Manual de Drenagem Urbana. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Volume VI. Porto Alegre.
- Matos, J. S. (2003) Aspectos Históricos a Atuais da Evolução da Drenagem de Águas. Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Matos, M. (2000). Gestão Integrada de Águas Pluviais em Meio Urbano: Visão Estratégica e Soluções para o Futuro. Teses e Programas de Investigação – LNEC. Lisboa
- Matos, M. R., e Rodrigues, C. C. (1999). Normas Europeias de Sistemas de Abastecimento de Águas e de Águas Residuais. Estratégia e Prioridades em Portugal. Vol. 6, Nº4
- NBR, ABNT. 9648. (1986). Estudo de Conceção de Sistemas de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro.

- NBR, ABNT. 9649. (1986). Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro.
- NBR, ABNT. 9814. (1987). Execução de Rede Coletora de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro.
- NTS 025 - Norma Técnica SABESP. (2006). Projeto de Redes coletoras de Esgotos. São Paulo.
- NP EN 752-2 (1999) Norma Portuguesa para Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais. Versão Portuguesa da Norma Europeia EN 752-1995. Instituto Português da Qualidade. Portugal
- Pedroso de Lima, J., Sá Marques, A. e Sousa, J. (2013). Hidrologia Urbana - Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais Urbanas. ERSAR e Universidade de Coimbra. Lisboa.
- PENSAAR 2020, (2014). Uma Estratégia ao Serviço da População: Serviços de Qualidade a um Preço Sustentável. Volume 1.
- Portaria n 10367/43 de 14 de Abril. Aprova o regulamento geral de abastecimento de água. Diário do Governo nº 73/43 – I Série. Ministério das Obras Públicas e Comunicações.
- Portaria n11338/46 de 8 de Maio. Aprova o regulamento geral de canalizações de esgoto. Diário do Governo nº 99/46 – I Série. Ministério das Obras Públicas e Comunicações.
- ReCESA – Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental e NuReCO. (2005). Núcleo Centro-Oeste de Capitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental e Águas Pluviais – Guia Profissional em Treinamento.
- Righetto, Antônio Marozzi. (2009). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB 5. Instituições Participantes- EPUSP, UFMG, UFPE, UFRN, UFRGS.
- Sá Marques, A. e Sousa, J. (2008). Hidráulica Urbana – Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Saneamento Ambiental, C.D.T. (1979). Drenagem Urbana, Manual de Projetos. CETESB.
- Scribd@ (2015) <https://pt.scribd.com/doc/292387436/30/Sistemas-a-ar-comprimido>. Portugal. consultado em 2015
- Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. (2012). Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais – Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo. Volume III. Prefeitura de São Paulo.
- SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. (2014). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos-2013). Ministério das Cidades, Secretariado Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília.

- SNSA- Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. (2008a). Esgotamento Sanitário: Projetos e Construção de Sistemas de Esgotamento Sanitário: Guia do Profissional em Treinamento: Nível 2. Salvador.
- SNSA- Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. (2008b). Esgotamento Sanitário: Operação e Manutenção de Redes Coletoras de Esgotos: Guia do Profissional em Treinamento: Nível 2. Ministério das Cidades. Brasília.
- Sobrinho, P., Tsutiya, M. (2005). Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. Universidade de São Paulo.
- Tucci, C. (2005). Gestão das Inundações Urbanas. GWP, Porto Alegre, Brasil.
- Willems, P., Olson, J., Nielsen, K. A., Beecham, S., Pathirana, A. e Gregersen, I. (2013) Impacts of Climate Change on Rainfall Extremes and Urban Drainage Systems, Water Science & Technology, Vol. 68, No.1

Troço	Comprimento	Lotes (Ano 0)	Lotes (Ano 40)	População		Caudais		Cotas - Terreno		Cotas da soleira		Profundidade		Inclinações		Diâmetro do Coletor	Verificação hidráulica e das condições de escoamento						
				Ano 0	Ano 40	Ano 0 (Qi)	Ano 40 (Qr)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Terreno	Coletor		Ano de exploração			Ano horizonte de Projeto			
				(hab)	(hab)	(l/s)	(l/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)	(%)		(m)	Altura de Escoamento (h)	Velocidade Inicial (Vi)	Tensão trativa (τi)	Altura de escoamento (h)	Velocidade Final (Vf)	Tensão trativa (τf)
49	50	16,511	4.5	4.5	4	4	1,50	1,50	72,30	72,50	70,41	70,24	1,89	2,26	-1,21	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,027	0,60	1,67
50	51	15,041	0	0	0	0	1,50	1,50	72,50	72,10	70,24	70,08	2,26	2,02	2,66	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,027	0,60	1,67
51	52	11,810	0	4.6	0	4	1,50	1,50	72,10	68,90	68,78	67,01	3,32	1,89	27,10	15,00	0,20	0,014	1,52	13,43	0,014	1,52	13,43
52	53	19,930	0	4.7	0	4	1,50	1,50	68,90	64,20	65,30	62,31	3,60	1,89	23,58	15,00	0,20	0,014	1,52	13,43	0,014	1,52	13,43
53	54	13,650	0	0	0	0	1,50	1,50	64,20	62,50	62,31	60,61	1,89	1,89	12,45	12,45	0,20	0,015	1,43	11,63	0,015	1,43	11,63
54	55	11,335	4.8	4.8	4	4	1,50	1,50	62,50	62,80	60,61	60,49	1,89	2,31	-2,65	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,027	0,60	1,67
55	56	10,570	0	0	0	0	1,50	1,50	62,80	62,90	60,49	60,38	2,31	2,52	-0,95	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,027	0,60	1,67
56	57	9,103	0	0	0	0	1,50	1,50	62,90	63,90	60,38	60,29	2,52	3,61	-10,99	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,027	0,60	1,67
57	58	33,050	0	0	0	0	1,50	1,50	63,90	63,80	60,29	59,95	3,61	3,85	0,30	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,027	0,60	1,67
58	59	12,071	0	0	0	0	1,50	1,50	63,80	63,90	59,95	59,83	3,85	4,07	-0,83	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,027	0,60	1,67
59	60	14,507	0	0	0	0	1,50	1,50	63,90	63,00	59,83	59,68	4,07	3,32	6,20	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,027	0,60	1,67
60	61	8,350	4.1	4.1	28	56	1,50	2,56	63,00	61,50	59,68	59,60	3,32	1,90	17,96	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,035	0,70	2,13
61	62	8,480	0	0	0	0	1,50	2,56	61,50	58,90	58,28	57,01	3,22	1,89	30,66	15,00	0,20	0,014	1,52	13,43	0,018	1,79	17,12
62	63	9,800	0	0	0	0	1,50	2,56	58,90	56,90	56,48	55,01	2,42	1,89	20,41	15,00	0,20	0,014	1,52	13,43	0,018	1,79	17,12
64	65	50,060	10.4 10.5	10.4 10.5	96	108	1,72	2,33	64,00	63,20	62,11	61,31	1,89	1,89	1,60	1,60	0,20	0,026	0,73	2,53	0,030	0,79	2,89
65	63	57,234	10.2 10.3	4.2 4.3 10.2 10.3	40	220	2,72	6,08	63,20	56,90	61,31	55,01	1,89	1,89	11,01	11,01	0,20	0,020	1,64	13,86	0,030	2,08	19,88
63	66	52,190	9.2 10.1	9.2 10.1	196	280	6,84	13,07	56,90	49,00	54,93	47,11	1,97	1,89	15,14	15,00	0,20	0,029	2,41	26,65	0,040	2,91	35,53
66	67	46,118	10.7 10.8	10.7 10.8	36	96	7,78	15,23	49,00	44,00	47,11	42,11	1,89	1,89	10,84	10,84	0,20	0,034	2,23	21,93	0,047	2,72	29,47
68	69	47,980	10.10 16.2	10.10 16.5 16.2	60	208	1,50	3,61	48,50	46,70	46,61	44,81	1,89	1,89	3,75	3,75	0,20	0,020	0,94	4,60	0,030	1,22	6,82
69	67	43,910	16.1 10.9	16.1 10.9	80	156	2,82	6,57	46,70	44,00	44,81	42,11	1,89	1,89	6,15	6,15	0,20	0,024	1,35	8,96	0,036	1,74	13,09
67	70	56,390	15.4	15.4	88	136	12,23	24,51	44,00	39,60	42,11	37,71	1,89	1,89	7,80	7,80	0,20	0,046	2,27	20,71	0,065	2,77	27,91
70	71	42,970	16.3 15.8 15.9	16.3 15.8 15.9	60	172	13,51	27,68	39,60	36,20	37,71	34,31	1,89	1,89	7,91	7,91	0,20	0,048	2,35	21,86	0,069	2,88	29,70
72	73	58,070	22.4 22.5 22.3	22.4 22.5 22.3	116	128	1,95	2,60	38,80	36,70	36,91	34,81	1,89	1,89	3,62	3,62	0,20	0,023	1,00	5,03	0,026	1,09	5,73
73	71	44,540	16.4 22.2	16.4 22.2	48	104	3,07	4,87	36,70	36,20	34,81	34,31	1,89	1,89	1,12	1,12	0,20	0,037	0,76	2,48	0,047	0,87	3,04
71	74	47,870	22.1 21.D	22.1 21.D	240	264	19,76	36,81	36,20	31,80	33,39	29,86	2,81	1,94	9,19	7,39	0,25	0,055	2,49	23,58	0,075	2,98	30,85
74	75	55,359	22.7 21.E	22.7 21.E	160	412	22,18	42,66	31,80	28,00	29,71	26,06	2,09	1,94	6,86	6,59	0,25	0,059	2,48	22,69	0,083	2,99	30,02
76	77	58,720	22.9	22.9 25.3	40	100	1,50	2,21	30,20	30,00	28,31	27,71	1,89	2,29	0,34	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,032	0,67	1,99
77	75	52,003	22.8	22.8 25.2	44	100	2,06	4,43	30,00	28,00	27,71	26,11	2,29	1,89	3,85	3,08	0,20	0,024	0,96	4,55	0,035	1,21	6,41
75	78	55,789	0	24.4 25.1	0	168	24,23	50,21	28,00	23,50	24,81	21,56	3,19	1,94	8,07	5,84	0,25	0,064	2,43	21,44	0,094	2,99	29,17
78	Recolha	10,033	0	0	0	0	24,23	50,21	23,50	23,00	21,56	21,06	1,94	1,94	4,98	4,98	0,25	0,067	2,30	18,94	0,098	2,82	25,72
79	80	58,476	0	11.6 11.3 11.4 11.5 5.4	0	344	1,50	5,14	69,20	68,50	67,31	66,61	1,89	1,89	1,20	1,20	0,20	0,026	0,63	1,90	0,047	0,91	3,28
80	81	49,235	Igreja	11.1 11.2 5.3 Igreja	20	268	1,50	9,44	68,50	64,10	66,61	62,21	1,89	1,89	8,94	8,94	0,20	0,016	1,27	9,00	0,039	2,21	20,55
81	82	48,275	10.6	10.6	48	132	1,50	12,09	64,10	57,80	62,21	55,91	1,89	1,89	13,05	13,05	0,20	0,015	1,45	12,06	0,040	2,71	30,80
82	83	50,595	10.11 10.12	10.12 10.11	8	108	1,55	12,38	57,80	49,00	54,18	47,06	3,62	1,94	17,39	14,07	0,25	0,014	1,46	12,38	0,037	2,73	31,66
84	85	27,983	0	11.7 11.8	0	96	1,50	2,16	53,70	48,50	51,81	46,61	1,89	1,89	18,58	15,00	0,20	0,014	1,52	13,43	0,017	1,70	15,84
86	87	31,784	0	11.11 11.12	0	108	1,50	2,33	54,80	55,10	52,91	52,58	1,89	2,52	-0,94	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,033	0,68	2,04
87	88	30,176	0	0	0	0	1,50	2,33	55,10	53,50	52,58	51,61	2,52	1,89	5,30	3,24	0,20	0,020	0,89	4,10	0,025	1,02	5,00
88	89	59,730	0	11.10	0	68	1,50	4,06	53,50	54,00	51,61	51,00	1,89	3,00	-0,84	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,044	0,80	2,60
89	85	56,100	0	11.9	0	84	1,50	6,04	54,00	48,50	51,00	46,61	3,00	1,89	9,80	7,83	0,20	0,017	1,21	8,12	0,032	1,84	15,21
85	83	24,210	0	0	0	0	1,50	8,19	48,50	49,00	46,61	46,36	1,89	2,64	-2,07	1,02	0,20	0,027	0,60	1,67	0,062	0,98	3,53
83	90	45,850	0	16.6	0	72	1,55	22,36	49,00	43,00	46,11	41,06	2,89	1,94	13,09	11,01	0,25	0,015	1,34	10,24	0,053	2,98	34,02
90	91	51,762	0	0	0	0	1,55	22,36	43,00	38,70	41,06	36,76	1,94	1,94	8,31	8,31	0,25	0,016	1,21	8,24	0,056	2,70	27,29
91	92	40,351	22.6	22.6	80	96	3,09	24,52	38,70	36,00	36,76	34,06	1,94	1,94	6,69	6,69	0,25	0,023	1,39	9,53	0,062	2,56	23,98
92	93	38,360	22.10	22.10	48	96	4,20	26,68	36,00	32,80	34,06	30,86	1,94	1,94	8,34	8,34	0,25	0,025	1,64	12,99	0,062	2,84	29,56
94	95	57,015	11	11	4	4	1,50	1,50	42,20	38,20	40,31	36,31	1,89	1,89	7,02	7,02	0,20	0,017	1,17	7,46	0,017	1,17	7,46
95	96	40,472	0	0	0	0	1,50	1,50	38,20	33,80	36,31	31,91	1,89	1,89	10,87	10,87	0,20	0,015	1,36	10,47	0,015	1,36	10,47
96	93	24,991	0	0	0	0	1,50	1,50	33,80	32,80	31,91	30,91	1,89	1,89	4,00	4,00	0,20	0,019	0,96	4,83	0,019	0,96	4,83
93	97	49,310	0	25.4	0	48	4,47	28,41	32,80	28,80	30,86	26,86	1,94	1,94	8,11	8,11	0,25	0,026	1,66	13,08	0,064	2,87	29,72
97	Recolha	32,945	0	0	0	0	4,47	28,41	28,80	26,50	26,86	24,56	1,94	1,94	6,98	6,98	0,25	0,027	1,57	11,64	0,066	2,72	26,42

Quadro A.2 - Resultados obtidos no dimensionamento as normas brasileiras.

Troço		Comprimento (m)	Lotes (Ano 0)	Lotes (Ano 40)	População		Caudais		Cotas - Terreno		Cotas da soleira		Profundidade		Inclinações		Diâmetro do Coletor (m)	Verificação hidráulica e das condições de escoamento						
					Ano 0 (hab)	Ano 40 (hab)	Ano 0 (Qi) (l/s)	Ano 40 (Qf) (l/s)	Montante (m)	Jusante (m)	Montante (m)	Jusante (m)	Montante (m)	Jusante (m)	Terreno (%)	Coletor (%)		Ano de exploração			Ano horizonte de Projeto			
																		Altura de Escoamento (h) (m)	Velocidade Inicial (Vi) (m/s)	Tensão Arrasto (τi) (Pa)	Altura de Escoamento (h) (m)	Velocidade Final (Vf) (m/s)	Velocidade Crítica (Vc) (m/s)	Tensão Arrasto (τf) (Pa)
1	2	27,221	43	43	4	4	1,50	1,50	43,50	43,80	42,49	42,17	1,01	1,63	-1,10	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
3	2	45,025	19, 47, 48	19, 47, 48	12	12	1,50	1,50	44,60	43,80	43,59	42,79	1,01	1,01	1,78	1,78	0,11	0,031	1,18	3,07	0,031	1,18	2,50	3,07
2	4	24,898	23	23	4	4	1,50	1,50	43,80	41,50	42,17	40,49	1,63	1,01	9,24	6,75	0,11	0,022	1,68	8,73	0,022	1,68	2,16	8,73
4	5	20,083	44, 45	44, 45	8	8	1,50	1,50	41,50	40,30	40,49	39,29	1,01	1,01	5,98	5,98	0,11	0,023	1,63	7,94	0,023	1,63	2,19	7,94
5	6	33,309	46	46	4	4	1,50	1,50	40,30	38,70	39,29	37,69	1,01	1,01	4,80	4,80	0,11	0,024	1,54	6,70	0,024	1,54	2,24	6,70
6	7	15,586	0	0	0	0	1,50	1,50	38,70	37,80	37,69	36,79	1,01	1,01	5,77	5,77	0,11	0,023	1,61	7,73	0,023	1,61	2,20	7,73
8	7	58,169	14.4	14.3 14.4 14.5	48	144	1,50	1,50	38,10	37,80	37,09	36,41	1,01	1,39	0,52	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
7	9	33,461	0	14.2	0	48	1,50	1,50	37,80	37,00	36,41	35,99	1,39	1,01	2,39	1,24	0,11	0,034	1,08	2,32	0,034	1,08	2,59	2,32
9	10	45,357	14.1	14.1 13.1	84	172	1,50	1,68	37,00	35,10	35,99	34,09	1,01	1,01	4,19	4,19	0,11	0,025	1,48	6,02	0,026	1,56	2,33	6,32
10	11	53,643	13.2 13.3	13.2 13.3 14.7 14.8	56	212	1,50	2,57	35,10	31,60	34,09	30,59	1,01	1,01	6,52	6,52	0,11	0,022	1,67	8,51	0,029	2,15	2,44	10,76
12	13	58,401	14.10 20.3 20.4 20.5	14.10 20.3 20.4 20.5	224	228	1,50	1,50	32,70	31,80	31,69	30,79	1,01	1,01	1,54	1,54	0,11	0,032	1,14	2,75	0,032	1,14	2,53	2,75
13	11	44,901	14.9 20.2	14.9 20.2	124	132	1,50	1,51	31,80	31,60	30,79	30,26	1,01	1,34	0,45	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,07	2,61	2,23
11	14	46,358	20.1	20.1 19.1	116	216	1,95	4,98	31,60	28,90	30,26	27,89	1,34	1,01	5,82	5,12	0,11	0,027	1,77	7,89	0,044	2,77	2,87	11,73
14	15	49,654	19.2 19.3 20.8 20.7	19.2 19.3 20.8 20.7	136	256	2,33	6,06	28,90	24,40	27,89	23,39	1,01	1,01	9,06	9,06	0,125	0,024	2,08	13,06	0,039	3,26	2,80	19,74
16	17	55,895	20.10	20.10 23.1	48	120	1,50	1,50	24,10	24,50	23,09	22,43	1,01	2,07	-0,72	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
17	15	43,474	20.9	20.9	84	88	1,50	1,50	24,50	24,40	22,43	21,92	2,07	2,48	0,23	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
15	Recolha	35,199	0	0	0	0	2,71	6,94	24,40	24,90	21,92	21,15	2,48	3,75	-1,42	2,20	0,125	0,037	1,54	4,60	0,062	2,43	3,32	6,73
19	20	47,549	Jardim de Infância	Jardim de Infância	100	100	1,50	1,50	64,50	58,20	63,49	57,19	1,01	1,01	13,25	13,25	0,11	0,019	2,01	14,77	0,019	2,01	2,00	14,77
20	21	46,700	0	0	0	0	1,50	1,50	58,20	52,30	57,19	51,29	1,01	1,01	12,63	12,63	0,11	0,019	1,99	14,23	0,019	1,99	2,01	14,23
21	22	37,310	40, 42	40, 42	8	8	1,50	1,50	52,30	49,60	51,29	48,59	1,01	1,01	7,24	7,24	0,11	0,022	1,71	9,22	0,022	1,71	2,14	9,22
22	23	39,645	49	49	4	4	1,50	1,50	49,60	48,50	48,59	47,49	1,01	1,01	2,77	2,77	0,11	0,027	1,33	4,36	0,027	1,33	2,38	4,36
23	24	12,654	0	0	0	0	1,50	1,50	48,50	48,40	47,49	47,34	1,01	1,06	0,79	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
25	26	11,666	16, 18	16, 18	8	8	1,50	1,50	70,40	66,70	69,19	65,69	1,21	1,01	31,72	30,00	0,11	0,015	2,50	27,87	0,015	2,50	1,83	27,87
26	27	16,230	4, 17	4, 17	12	12	1,50	1,50	66,70	62,40	65,69	61,39	1,01	1,01	26,49	26,49	0,11	0,016	2,42	25,31	0,016	2,42	1,85	25,31
27	28	19,358	12, 14, 20	12, 14, 20	12	12	1,50	1,50	62,40	57,40	61,39	56,39	1,01	1,01	25,83	25,83	0,11	0,016	2,40	24,81	0,016	2,40	1,86	24,81
28	29	18,464	8, 10	8, 10	8	8	1,50	1,50	57,40	53,50	56,39	52,49	1,01	1,01	21,12	21,12	0,11	0,017	2,28	21,22	0,017	2,28	1,90	21,22
29	30	12,550	3	3	4	4	1,50	1,50	53,50	50,60	52,49	49,59	1,01	1,01	23,11	23,11	0,11	0,016	2,33	22,76	0,016	2,33	1,88	22,76
30	24	12,340	2	2	4	4	1,50	1,50	50,60	48,40	49,59	47,39	1,01	1,01	17,83	17,83	0,11	0,017	2,18	18,61	0,017	2,18	1,94	18,61
24	31	25,354	1	1	4	4	1,50	1,50	48,40	48,90	47,34	47,04	1,06	1,86	-1,97	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
31	32	11,250	0	0	0	0	1,50	1,50	48,90	50,40	47,04	46,91	1,86	3,49	-13,33	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
32	33	13,560	0	0	0	0	1,50	1,50	50,40	50,50	46,91	46,75	3,49	3,75	-0,74	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
33	34	10,235	0	0	0	0	1,50	1,50	50,50	50,20	46,75	46,63	3,75	3,57	2,93	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
34	35	9,811	0	0	0	0	1,50	1,50	50,20	49,00	46,63	46,51	3,57	2,49	12,23	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
35	36	45,612	9.1	9.1	64	72	1,50	1,51	49,00	44,10	46,51	43,09	2,49	1,01	10,74	7,51	0,11	0,021	1,73	9,49	0,021	1,73	2,14	9,51
36	37	49,439	9.3	9.3	80	84	1,50	1,86	44,10	40,00	43,09	38,99	1,01	1,01	8,29	8,29	0,11	0,021	1,78	10,26	0,023	1,97	2,21	11,28
38	39	33,799	15.3	15.3	36	48	1,50	1,50	42,60	41,20	41,59	40,19	1,01	1,01	4,14	4,14	0,11	0,025	1,48	5,97	0,025	1,48	2,28	5,97
39	37	37,813	15.2	15.2	28	40	1,50	1,50	41,20	40,00	40,19	38,99	1,01	1,01	3,17	3,17	0,11	0,026	1,38	4,84	0,026	1,38	2,34	4,84
37	40	49,519	15.1	15.1 14.6	52	232	1,50	3,21	40,00	36,30	38,99	35,29	1,01	1,01	7,47	7,47	0,11	0,021	1,73	9,46	0,031	2,48	2,52	13,16
40	41	49,038	15.5 15.6	14.11 14.12 15.5 15.6	88	260	1,50	4,30	36,30	32,80	35,29	31,79	1,01	1,01	7,14	7,14	0,11	0,022	1,71	9,12	0,037	2,81	2,69	14,37
42	43	33,846	21.C 15.7	21.C 15.7	112	112	1,50	1,50	35,10	33,90	34,09	32,89	1,01	1,01	3,55	3,55	0,11	0,026	1,42	5,28	0,026	1,42	2,32	5,28
43	41	39,457	21. B	21.B	76	60	1,50	1,50	33,90	32,80	32,89	31,79	1,01	1,01	2,79	2,79	0,11	0,027	1,33	4,38	0,027	1,33	2,38	4,38
41	44	49,988	20.6 21.A	20.6 21.A	248	272	2,71	6,16	32,80	29,80	31,79	28,79	1,01	1,01	6,00	6,00	0,125	0,029	2,00	10,10	0,044	2,96	2,93	14,35
44	45	46,012	20.11 20.12	20.11 20.12	84	132	2,94	6,71	29,80	25,40	28,79	24,39	1,01	1,01	9,56	9,56	0,125	0,027	2,35	15,08	0,041	3,48	2,85	21,50
46	47	34,814	21.F	21.F 24.3	128	272	1,50	1,50	26,30	25,30	25,29	24,29	1,01	1,01	2,87	2,87	0,11	0,027	1,34	4,48	0,027	1,34	2,37	4,48
47	45	36,788	21.G	21.G 24.2	116	364	1,50	2,66	25,30	25,40	24,29	23,86	1,01	1,54	-0,27	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,046	1,40	2,93	2,82
45	48	40,240	0	23.2 24.1	0	96	3,63	9,77	25,40	23,40	23,86	22,38	1,54	1,02	4,97	3,66	0,14	0,037	1,88	7,66	0,062	3,04	3,37	11,56
48	Recolha	7,110	0	0	0	0	3,63	9,77	23,40	23,10	22,38	22,08	1,02	1,02	4,22	4,22	0,14	0,035	1,96	8,56	0,059	3,15	3,32	12,95

Troço	Comprimento	Lotes (Ano 0)	Lotes (Ano 40)	População		Caudais		Cotas - Terreno		Cotas da soleira		Profundidade		Inclinações		Diâmetro do Coletor	Verificação hidráulica e das condições de escoamento							
				Ano 0	Ano 40	Ano 0 (Qi)	Ano 40 (Qr)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Terreno	Coletor		Ano de exploração			Ano horizonte de Projeto				
				(hab)	(hab)	(l/s)	(l/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)	(%)		(m)	Altura de Escoamento (h)	Velocidade Inicial (Vi)	Tensão Arrasto (ti)	Altura de Escoamento (h)	Velocidade Final (Vf)	Velocidade Crítica (Vc)	Tensão Arrasto (rf)
49	50	16,511	4.5	4.5	4	4	1,50	1,50	72,30	72,50	71,29	71,10	1,01	1,40	-1,21	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
50	51	15,041	0	0	0	0	1,50	1,50	72,50	72,10	71,10	70,92	1,40	1,18	2,66	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
51	52	11,810	0	4.6	0	4	1,50	1,50	72,10	68,90	70,92	67,89	1,18	1,01	27,10	25,64	0,11	0,016	2,40	24,68	0,016	2,40	1,86	24,68
52	53	19,930	0	4.7	0	4	1,50	1,50	68,90	64,20	67,89	63,19	1,01	1,01	23,58	23,58	0,11	0,016	2,34	23,12	0,016	2,34	1,88	23,12
53	54	13,650	0	0	0	0	1,50	1,50	64,20	62,50	63,19	61,49	1,01	1,01	12,45	12,45	0,11	0,019	1,98	14,08	0,019	1,98	2,02	14,08
54	55	11,335	4.8	4.8	4	4	1,50	1,50	62,50	62,80	61,49	61,36	1,01	1,44	-2,65	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
55	56	10,570	0	0	0	0	1,50	1,50	62,80	62,90	61,36	61,23	1,44	1,67	-0,95	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
56	57	9,103	0	0	0	0	1,50	1,50	62,90	63,90	61,23	61,12	1,67	2,78	-10,99	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
57	58	33,050	0	0	0	0	1,50	1,50	63,90	63,80	61,12	60,74	2,78	3,06	0,30	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
58	59	12,071	0	0	0	0	1,50	1,50	63,80	63,90	60,74	60,59	3,06	3,31	-0,83	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
59	60	14,507	0	0	0	0	1,50	1,50	63,90	63,00	60,59	60,42	3,31	2,58	6,20	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
60	61	8,350	4.1	4.1	28	56	1,50	1,50	63,00	61,50	60,42	60,32	2,58	1,18	17,96	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
61	62	8,480	0	0	0	0	1,50	1,50	61,50	58,90	60,32	57,89	1,18	1,01	30,66	28,71	0,11	0,015	2,47	26,94	0,015	2,47	1,84	26,94
62	63	9,800	0	0	0	0	1,50	1,50	58,90	56,90	57,89	55,89	1,01	1,01	20,41	20,41	0,11	0,017	2,26	20,67	0,017	2,26	1,91	20,67
64	65	50,060	10.4 10.5	10.4 10.5	96	108	1,50	1,50	64,00	63,20	62,99	62,19	1,01	1,01	1,60	1,60	0,11	0,031	1,15	2,83	0,031	1,15	2,52	2,83
65	63	57,234	10.2 10.3	4.2 4.3 10.2 10.3	40	220	1,50	1,50	63,20	56,90	62,19	55,89	1,01	1,01	11,01	11,01	0,11	0,019	1,92	12,79	0,019	1,92	2,04	12,79
63	66	52,190	9.2 10.1	9.2 10.1	196	280	1,50	2,87	56,90	49,00	55,89	47,99	1,01	1,01	15,14	15,14	0,11	0,018	2,08	16,38	0,025	2,83	2,28	21,81
66	67	46,118	10.7 10.8	10.7 10.8	36	96	1,50	3,27	49,00	44,00	47,99	42,99	1,01	1,01	10,84	10,84	0,11	0,019	1,91	12,64	0,029	2,76	2,43	17,79
68	69	47,980	10.10 16.2	10.10 16.5 16.2	60	208	1,50	1,50	48,50	46,70	47,49	45,69	1,01	1,01	3,75	3,75	0,11	0,025	1,44	5,52	0,025	1,44	2,30	5,52
69	67	43,910	16.1 10.9	16.1 10.9	80	156	1,50	1,53	46,70	44,00	45,69	42,99	1,01	1,01	6,15	6,15	0,11	0,022	1,64	8,12	0,023	1,65	2,19	8,18
67	70	56,390	15.4	15.4	88	136	1,81	5,37	44,00	39,60	42,99	38,59	1,01	1,01	7,80	7,80	0,125	0,022	1,77	10,39	0,038	2,96	2,77	16,67
70	71	42,970	16.3 15.8 15.9	16.3 15.8 15.9	60	172	1,98	6,09	39,60	36,20	38,59	35,19	1,01	1,01	7,91	7,91	0,125	0,023	1,86	10,93	0,041	3,16	2,84	17,78
72	73	58,070	22.4 22.5 22.3	22.4 22.5 22.3	116	128	1,50	1,50	38,80	36,70	37,79	35,69	1,01	1,01	3,62	3,62	0,11	0,026	1,43	5,37	0,026	1,43	2,31	5,37
73	71	44,540	16.4 22.2	16.4 22.2	48	104	1,50	1,50	36,70	36,20	35,69	35,17	1,01	1,03	1,12	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
71	74	47,870	22.1 21.D	22.1 21.D	240	264	3,12	8,17	36,20	31,80	35,17	30,79	1,03	1,01	9,19	9,14	0,125	0,028	2,39	14,93	0,046	3,78	2,98	22,52
74	75	55,359	22.7 21.E	22.7 21.E	160	412	3,57	9,90	31,80	28,00	30,79	26,99	1,01	1,01	6,86	6,86	0,14	0,031	2,21	12,43	0,052	3,59	3,17	19,19
76	77	58,720	22.9	22.9 25.3	40	100	1,50	1,50	30,20	30,00	29,19	28,50	1,01	1,50	0,34	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
77	75	52,003	22.8	22.8 25.2	44	100	1,50	1,50	30,00	28,00	28,50	26,99	1,50	1,01	3,85	2,90	0,11	0,027	1,35	4,52	0,027	1,35	2,37	4,52
75	78	55,789	0	24.4 25.1	0	168	3,82	11,45	28,00	23,50	26,99	22,49	1,01	1,01	8,07	8,07	0,16	0,030	2,20	14,19	0,051	3,70	3,19	22,83
78	Recolha	10,033	0	0	0	0	3,82	11,45	23,50	23,00	22,49	21,19	1,01	1,81	4,98	12,96	0,16	0,026	2,49	20,52	0,045	4,18	3,04	33,17
79	80	58,476	0	11.6 11.3 11.4 11.5 5.4	0	344	1,50	1,50	69,20	68,50	68,19	67,49	1,01	1,01	1,20	1,20	0,11	0,034	1,07	2,25	0,034	1,07	2,60	2,25
80	81	49,235	Igreja	11.1 11.2 5.3 Igreja	20	268	1,50	2,56	68,50	64,10	67,49	63,09	1,01	1,01	8,94	8,94	0,11	0,020	1,81	10,87	0,027	2,33	2,35	13,74
81	82	48,275	10.6	10.6	48	132	1,50	3,12	64,10	57,80	63,09	56,79	1,01	1,01	13,05	13,05	0,11	0,019	2,00	14,60	0,027	2,83	2,36	20,13
82	83	50,595	10.11 10.12	10.12 10.11	8	108	1,50	3,57	57,80	49,00	56,79	47,99	1,01	1,01	17,39	17,39	0,11	0,017	2,16	18,25	0,027	3,25	2,35	26,75
84	85	27,983	0	11.7 11.8	0	96	1,50	1,50	53,70	48,50	52,69	47,49	1,01	1,01	18,58	18,58	0,11	0,017	2,20	19,21	0,017	2,20	1,93	19,21
86	87	31,784	0	11.11 11.12	0	108	1,50	1,50	54,80	55,10	53,79	53,42	1,01	1,68	-0,94	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
87	88	30,176	0	0	0	0	1,50	1,50	55,10	53,50	53,42	52,49	1,68	1,01	5,30	3,07	0,11	0,027	1,37	4,72	0,027	1,37	2,35	4,72
88	89	59,730	0	11.10	0	68	1,50	1,50	53,50	54,00	52,49	51,79	1,01	2,21	-0,84	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,06	2,61	2,22
89	85	56,100	0	11.9	0	84	1,50	1,50	54,00	48,50	51,79	47,49	2,21	1,01	9,80	7,66	0,11	0,021	1,74	9,64	0,021	1,74	2,13	9,64
85	83	24,210	0	0	0	0	1,50	1,51	48,50	49,00	47,49	47,20	1,01	1,80	-2,07	1,18	0,11	0,034	1,06	2,22	0,034	1,07	2,61	2,23
83	90	45,850	0	16.6	0	72	1,50	5,38	49,00	43,00	47,20	41,99	1,80	1,01	13,09	11,37	0,125	0,019	1,79	12,81	0,035	3,27	2,67	22,44
90	91	51,762	0	0	0	0	1,50	5,39	43,00	38,70	41,99	37,69	1,01	1,01	8,31	8,31	0,125	0,020	1,65	10,03	0,038	3,02	2,76	17,54
91	92	40,351	22.6	22.6	80	96	1,50	5,79	38,70	36,00	37,69	34,99	1,01	1,01	6,69	6,69	0,125	0,021	1,56	8,48	0,042	2,95	2,86	15,24
92	93	38,360	22.10	22.10	48	96	1,50	6,19	36,00	32,80	34,99	31,79	1,01	1,01	8,34	8,34	0,125	0,020	1,65	10,07	0,041	3,23	2,84	18,66
94	95	57,015	11	11	4	4	1,50	1,50	42,20	38,20	41,19	37,19	1,01	1,01	7,02	7,02	0,11	0,022	1,70	9,00	0,022	1,70	2,15	9,00
95	96	40,472	0	0	0	0	1,50	1,50	38,20	33,80	37,19	32,79	1,01	1,01	10,87	10,87	0,11	0,019	1,91	12,66	0,019	1,91	2,05	12,66
96	93	24,991	0	0	0	0	1,50	1,50	33,80	32,80	32,79	31,79	1,01	1,01	4,00	4,00	0,11	0,025	1,47	5,81	0,025	1,47	2,29	5,81
93	97	49,310	0	25.4	0	48	1,50	6,43	32,80	28,80	31,79	27,79	1,01	1,01	8,11	8,11	0,125	0,020	1,64	9,85	0,042	3,26	2,87	18,54
97	Recolha	32,945	0	0	0	0	1,50	6,43	28,80	26,50	27,79	25,49	1,01	1,01	6,98	6,98	0,125	0,021	1,57	8,76	0,043	3,14	2,91	16,47

ANEXO B

Quadro B.1 - Mapa de quantidades de Portugal.

Artigo	Designação de trabalhos	Unid.	Quantidade	Preço Unitário (EUR)	Custo
1	DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS				
1.1	Pavimentos				
1.1.1	Levantamento e reposição de pavimentos	m ²	3751,14	10,54	39537,02
1.2	Movimento de terras				
1.2.1	Escavação em valas com profundidade de acordo com os perfis, incluindo entivação, escoramento e drenagem do terreno, considerando:				
1.2.1.1	75% de terra branda	m ³	3787,25	14,11	53438,10
1.2.1.2	25% de terra dura	m ³	1262,43	19,45	24554,26
1.2.2	Envolvimento das tubagens incluindo regularização do fundo da vala, em: saibro	m ³	1106,32	3,00	3318,96
1.2.3	Aterro da vala, devidamente compacto, por camadas de 0,20metros- material da própria vala	m ³	3825,54	0,75	2869,16
1.2.4	Transporte a vazadoiro, incluindo carga e descarga: Produtos sobrantes, considerando um coeficiente de empolamento de 20%	m ³	1468,94	1,20	1762,73
1.3	Tubagens				
1.3.1	Assentamento de tubagens do tipo:				
1.3.1.1	PVC classe 0.6 Mpa: Ø200 mm	m	2723,87	16,80	45761,02
1.3.1.2	PVC classe 0.6 Mpa : Ø250 mm	m	656,44	26,61	17467,87
1.4	Acessórios				
1.4.1	Câmaras de visita em betão, com 1.00m de diâmetro (Profundidades inferiores a 2.50metros).				
1.4.1.1	Cobertura, com tampa em ferro fundido D400	Un	72	162,12	11672,64
1.4.1.2	Corpo da câmara, incluindo degraus em ferro	m	87,04	68,14	5930,91
1.4.1.3	Soleira incluindo execução de caleiras	Un	72	100,00	7200,00
1.4.2	Câmaras de visita em betão, com 1.25 metros de diâmetro (profundidades superior a 2.50metros)				
1.4.2.1	Cobertura, com tampa em ferro fundido D400	Un	28	175,25	4907,00
1.4.2.2	Corpo da câmara, incluindo degraus em ferro	m	73,78	75,84	5595,48
1.4.1.3	Soleira incluindo execução de caleiras	Un	28	125,00	3500,00
1.5	Quedas Guiadas				
1.5.1	Execução de quedas guiadas quando estas forem superiores a 0,5 metros.	m	21,47	30,00	644,10

Quadro B.2 - Mapa de quantidades do Brasil.

Artigo	Designação de trabalhos	Unid.	Quantidade	Preço Unitário (EUR)	Custo
1	DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS				
1.1	Pavimentos				
1.1.1	Levantamento e reposição de pavimentos : Betuminoso	m²	2431,68	10,54	25629,91
1.2	Movimento de terras				
1.2.1	Escavação em valas com profundidade de acordo com os perfis, incluindo entivação, escoramento e drenagem do terreno, considerando:	m³			
1.2.1.1	75% de terra branda		2231,47	14,11	31486,04
1.2.1.2	25% de terra dura		743,82	19,45	14467,30
1.2.2	Envolvimento das tubagens incluindo regularização do fundo da vala, em: saibro	m³	973,18	3,00	2919,54
1.2.3	Aterro da vala, devidamente compacto, por camadas de 0,20metros- material da própria vala	m³	1967,09	0,75	1475,32
1.2.4	Transporte a vazadouro, incluindo carga e descarga: Produtos sobrantes, considerando um coeficiente de empolamento de 20%	m³	1284,59	1,20	1541,51
1.3	Tubagens				
1.3.1	Assentamento de tubagens do tipo:	m			
1.3.1.1	PVC classe 0.6 Mpa: Ø110 mm		2625,12	5,20	13650,62
1.3.1.2	PVC classe 0.6 Mpa : Ø125 mm		586,66	6,79	3983,42
1.3.1.3	PVC classe 0.6 Mpa: Ø140 mm		102,71	8,50	873,04
1.3.1.4	PVC classe 0.6 Mpa: Ø160 mm		65,82	11,01	724,68
1.4	Acessórios				
1.4.1	Câmaras de visita em betão, com 1.00m de diâmetro (Profundidades inferiores a 2.50metros).				
1.4.1.1	Cobertura, com tampa em ferro fundido D400	Un	92	162,12	14915,04
1.4.1.2	Corpo da câmara, incluindo degraus em ferro	m	37,51	68,14	2555,93
1.4.1.3	Soleira incluindo execução de caleiras	Un	92	100,00	9200,00
1.4.2	Câmaras de visita em betão, com 1.25 metros de diâmetro (profundidades superior a 2.50metros)				
1.4.2.1	Cobertura, com tampa em ferro fundido D400	Un	8	175,25	1402,00
1.4.2.2	Corpo da câmara, incluindo degraus em ferro	m	20,47	75,84	1552,44
1.4.1.3	Soleira incluindo execução de caleiras	Un	8	125,00	1000,00
1.5	Quedas Guiadas				
1.5.1	Execução de quedas guiadas quando estas forem superiores a 0,5 metros.	m	3,4	30,00	102,00