

# **Economia Circular e o fecho local do ciclo urbano da água.**

## **Análise de Casos.**

**Andreia Filipa Vasques da Silva**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

## **Engenharia Civil**

Orientador

Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

**Júri**

Presidente: Professor Doutor Rodrigo de Almeida Cardoso Proença de Oliveira

Orientador: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Vogal: Professor Doutor António Jorge Silva Guerreiro Monteiro

**Outubro 2021**



## Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.



## Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de expressar o meu sincero agradecimento e gratidão a todos aqueles que contribuíram para que esta dissertação fosse possível.

Um profundo agradecimento ao meu orientador, Professor Doutor Manuel Duarte Pinheiro, pela partilha de conhecimentos, pelo apoio, pelo tempo e conselhos preciosos despendidos na elaboração desta dissertação.

Gostaria também de agradecer a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração desta dissertação, em particular, a Eng. Sofia Almeida, da Procesi, que sempre se mostrou disponível para prestar qualquer esclarecimento ou informação; a toda a equipa da Procesi pela motivação e pelo fornecimento de documentação preciosos para a compreensão e realização da presente dissertação.

Aos melhores pais e avó do mundo por tudo o que fazem por mim. São um exemplo de vida. Obrigada por acreditarem sempre em mim, pela enorme paciência, pelo apoio incondicional, pela confiança, e acima de tudo pelo amor. A eles que me incentivam diariamente em busca dos meus objetivos e nunca desistir de nada que me comprometo a fazer.

Aos meus sobrinhos Martim e Leonor por me alegrarem sempre e por me ajudarem a ter momentos de descontração durante este período.

Ao meu querido avô, que infelizmente já não se encontra entre nós, mas que sempre me apoiou em tudo e sempre me incentivou a nunca baixar os braços.

Por fim mas não menos importante quero agradecer aos meus amigos e colegas do IST, por todo o apoio não só durante a realização desta dissertação mas também em diferentes fases do curso: Nádía Ferrete, Luís Camacho e Rita Mendonça.



## Resumo

A água é um recurso natural escasso que necessita de ser preservado, tornando-se necessário adotar medidas que promovam o uso eficiente da água e a potencial reutilização de águas residuais tratadas localmente. Deste modo, surge o conceito da economia circular.

O uso eficiente da água é abordado nesta dissertação num conjunto de três opções de tratamento de água para posterior reutilização. Na primeira opção criou-se uma rede de drenagem com destino final uma ETAR, sendo o efluente armazenado. A segunda opção, consiste na divisão da zona urbana em “bairros” criando-se, para cada “bairro”, uma rede de drenagem com direção a uma ETAR compacta. A terceira opção traduz uma opção à micro-escala cuja finalidade é tratar separadamente as águas cinzas das negras.

Realizou-se uma análise que aborda, não só a viabilidade económica de cada opção, através da estimativa dos custos associados e da determinação de indicadores económicos, mas também o seu contributo sustentável.

Na opção 1 o resultado estimado ao fim de 25 anos é de mais de 14 milhões de euros. Para a opção 2 o resultado é de quase 8 milhões de euros. Por fim, a opção 3 tem um resultado de aproximadamente 3 milhões de euros. Ao nível da sustentabilidade, tanto a opção 1 como a 2 são eficientes (A+) enquanto que a opção 3 é menos eficiente (C).

Por fim, realizou-se uma análise de sensibilidade aos resultados obtidos, de forma a ser possível uma melhor apreciação dos resultados, evidenciando-se que ambas as opções têm potencial de aplicação.

**Palavras - Chave:** Escassez hídrica; Economia circular; Uso eficiente da água; Viabilidade económica; Contributo sustentável.





## Abstract

Water is currently considered a scarce natural resource that needs to be preserved, therefore it is necessary to adopt measures that promote the efficient use of water and the potential reuse of locally treated wastewater. This is how the concept of circular economy emerges.

The efficient use of water is addressed in this dissertation in a set of three water treatment options for subsequent reuse. In the first option a drainage network was created with the destination a WWTP, and the effluent is stored. The second option consists in the division of the urban area in "neighborhoods", creating for each "neighborhood" a drainage network directed to a compact WWTP. The third option is a micro-scale option to treat grey water separately from black water.

An analysis was carried out not only the economic viability of each option by estimating the associated costs and determining economic indicators, but also their sustainable contribution.

In option 1 the estimated result after 25 years is more than 14 million euros. For option 2 the result is almost 8 million euros. Finally, option 3 has a result of approximately 3 million euros. In terms of sustainability, both option 1 and 2 are efficient (A+) while option 3 is less efficient (C).

Finally, a sensitivity analysis was carried out on the results obtained, in order to allow a better appreciation of the results, showing that both options have potential for application.

**Keywords:** Water scarcity; Circular economy; Efficient use of water; Economic viability; Sustainable contribution.



# Índice

Declaração.....	ii
Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
Índice.....	x
Lista de Quadros .....	xii
Lista de Figuras .....	xiv
Lista de Abreviaturas e Símbolos.....	xvi
1. Introdução.....	1
1.1. Desafio no ciclo urbano da água .....	1
1.2. Objetivo da tese.....	3
1.3. Organização do documento .....	4
2. Economia Circular e o fecho do ciclo da água:.....	5
2.1. A água no planeta terra .....	5
2.2. Escassez de água no mundo .....	8
2.3. Economia circular .....	12
2.4. Importância da reutilização de águas.....	14
3. Opções do fecho do ciclo urbano da água.....	18
3.1. Soluções de recolha .....	18
3.2. Soluções de drenagem.....	21
3.3. Soluções de tratamento.....	25
3.4. Soluções de armazenamento.....	29
3.5. Soluções de reciclagem e reaproveitamento .....	32
3.6. Soluções de distribuição.....	37
4. Análise de Casos: Soluções Locais .....	41
4.1. Loures.....	41
4.2. Santa Iria de Azóia (zona de estudo) .....	46
5. Análise de Viabilidade .....	55
5.1. Económica .....	55
5.2. Contributo sustentabilidade .....	63

6.	Discussão de Resultados .....	66
6.1.	Análise da circularidade .....	66
6.2.	Análise de sensibilidade .....	68
6.2.1.	Taxa de atualização .....	68
6.2.2.	Preço da água depurada (receita) .....	69
6.2.3.	Custo de construção .....	70
6.3.	Limitações dos trabalhos efetuados .....	71
7.	Conclusões e Recomendações .....	72
7.1.	Conclusões .....	72
7.2.	Recomendações para possíveis trabalhos futuros .....	74
	Bibliografia .....	75
	Anexos .....	i
Anexo I -	Peças desenhadas .....	ii
Anexo II -	Critérios de conceção e dimensionamento de sistemas de drenagem urbana .....	vi
Anexo III -	Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais doméstica .....	xi
Anexo IV -	Necessidades hídricas da zona a intervir .....	xv
Anexo V -	Exemplos de cálculo dos custos de construção, operação e manutenção .....	xvi

## Lista de Quadros

Quadro 3.1 - Descrição das componentes do exemplo de sistema de drenagem de águas residuais predial.....	21
Quadro 3.2 - Principais vantagens e inconvenientes dos sistemas mais utilizados.....	23
Quadro 3.3 - Descrições das finalidades das componentes principais que incluem, regra geral, o sistema separativo.....	24
Quadro 3.4 - Descrição das finalidades das componentes complementares do sistema separativo... ..	24
Quadro 3.5 - Etapas de tratamento de águas residuais (Fonte: DR 23/95 (1995)).....	25
Quadro 3.6 - Vantagens e desvantagens das fito-ETAR (Fonte: Cetambio (2000)) .....	29
Quadro 3.7 - Classificação dos sistemas de armazenamento de acordo com vários critérios (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).....	30
Quadro 3.8 - Principais fatores condicionantes da reutilização de ART (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).....	33
Quadro 3.9 - Critérios de qualidade recomendados para reutilização de ART em Portugal (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).....	34
Quadro 3.10 - Legislação comunitária e portuguesa com incidência na reutilização de ART (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).....	35
Quadro 3.11 - Parâmetros a considerar durante o processo de rega (Fonte: IPQ (2005)).....	36
Quadro 3.12 - Distâncias mínimas horizontais entre tubagens (Fonte: AWWA (2005)).....	39
Quadro 3.13 - Distâncias mínimas verticais entre tubagens (Fonte: AWWA (2005)).....	40
Quadro 4.1 - Distribuição da população residente no município de Loures por freguesia (Fonte: INE, n.d.).....	42
Quadro 4.2 - Empresas intervenientes no ciclo da água de Loures (Fonte: IST (2021)) .....	43
Quadro 4.3 - Empresas Municipais intervenientes no ciclo da água de Loures (Fonte: IST (2021)) ...	43
Quadro 4.4 - Consumidores intervenientes no ciclo da água de Loures (Fonte: IST (2021)) .....	44
Quadro 4.5 - Evolução do cadastro de infraestruturas de água em Loures (Fonte: Administração (2020)) .....	44
Quadro 4.6 - Caudais de dimensionamento da zona a intervir.....	51
Quadro 4.7 - Número de habitantes por edifício .....	51
Quadro 4.8 - Estimativa da população e do caudal médio diário para cada zona.....	52
Quadro 4.9 - População e caudal médio diário estimado para a opção à microescala (opção 3) .....	52
Quadro 5.1 - Tarifas praticadas pela SIMAR (Fonte: Tarifario_2020, n.d.) .....	56
Quadro.5.2 - Consumos de energia e Energia anual consumida para cada zona .....	56
Quadro 5.3 - Consumos de energia e Energia anual consumida para cada zona .....	57
Quadro 5.4 - Consumos de energia e Energia anual consumida para cada tipo de água .....	57
Quadro 5.5 - Resultados da análise económica para a opção 1 .....	59
Quadro 5.6 - Resultados da análise económica para a opção 2 .....	60
Quadro 5.7 - Resultados da análise económica para a opção 3 .....	61
Quadro 5.8 - Caudal de água depurada das zonas da opção 2 .....	64
Quadro 6.1 - Resultados das três opções analisadas .....	67

Quadro 6.2 - Análise de sensibilidade à taxa de atualização .....	68
Quadro 6.3 - Análise de sensibilidade ao preço da água depurada .....	69
Quadro 6.4 - Análise de sensibilidade aos custos de construção.....	70

## Lista de Figuras

Figura 1.1 - Economia Circular do Saneamento de Água (Fonte: AICEP (2021)).....	3
Figura 2.1 - Distribuição global da água no planeta Terra (Fonte: Alcantara (2021)).	5
Figura 2.2 - Esquema do ciclo hidrológico da água (Fonte: USGS (2014)).....	6
Figura 2.3 - Distribuição de água doce pelos continentes (Fonte: Khan Academy (2021)).	7
Figura 2.4 - Proporção de recursos hídricos renováveis captados, por volta de 2011 (percentagem) (Fonte: Unicef & Inda (2013)).	8
Figura 2.5 - Disponibilidade de água per capita e índice de stress hídrico em 2013 (Fonte: UN (2015)).	10
Figura 2.6 - Mapa de stress hídrico em 2019 (Fonte: Wikipédia (2019)).....	10
Figura 2.7 - Consumos de água por habitante e por dia em seis regiões do mundo (Fonte: Blog3 (2010)).	11
Figura 2.8 - Nações Unidas – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Fonte: República Portuguesa - Ambiente (2017)).....	12
Figura 2.9 - Economia linear vs circular (Fonte: República Portuguesa - Ambiente (2017)).....	13
Figura 2.10 - Distribuição do consumo em volume pelos setores urbano, agrícola e industrial (Fonte: Do et al. (2001)).....	14
Figura 3.1 - Exemplo de sistemas de drenagem de águas residuais predial (Fonte: David & Alves (2017)).	20
Figura 3.2 - Exemplo de sistemas de drenagem de águas residuais predial (Fonte: David & Alves (2017)).	20
Figura 3.3 - Esquema de funcionamento de uma ETAR compacta (Fonte: Tubofuro (2021)).	26
Figura 3.4 - Classificação das zonas húmidas construídas (Fonte: Mendes (2010)).	28
Figura 3.5 - Fito-ETAR de fluxo horizontal sub-superficial (Fonte: Tratamento, n.d.).	28
Figura 3.6 - Esquema de um sistema de armazenamento (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).	30
Figura 3.7 - Exemplo de identificação das tubagens de ART.	38
Figura 3.8 - Exemplo de identificação das tubagens de ART (Fonte: Urbanas, n.d.).	38
Figura 3.9 - Caixa de válvulas (Fonte: Catarino (2018)).	39
Figura 4.1 - Mapa geográfico do Município de Loures (Fonte: CMLoures (2020a)).....	41
Figura 4.2 - Uso e ocupação do solo do município de Loures (Fonte: IST (2021)).....	42
Figura 4.3 - Distribuição dos consumos de água no Concelho de Loure (Fonte: Administração (2020)).	45
Figura 4.4 - Balanço hídrico em 2020 no concelho de Loures (Fonte: Administração (2020)).	45
Figura 4.5 - Localização da Zona de estudo.	46
Figura 4.6 - Ilustração da opção 1.....	47
Figura 4.7 - Ilustração da opção 2.....	49
Figura 4.8 - Ilustração da opção 3.....	50
Figura 5.1 - Valores atualizados líquidos acumulados para a opção 1	60
Figura 5.2 - Valores atualizados líquidos acumulados para a opção 2	61
Figura 5.3 - Valores atualizados líquidos acumulados para a opção 3	62

Figura 5.4 - Níveis de desempenho na sustentabilidade (Fonte: Pinheiro & Nunes (2011)).....	63
Figura 6.1 - Comparação dos custos entre as diferentes opções.....	67



## Lista de Abreviaturas e Símbolos

AdTA	Águas do Tejo Atlântico
AR	Águas Residuais
ART	Águas Residuais Tratadas
CC	Custo de Construção
CM	Custo de Manutenção
CML	Câmara Municipal de Loures
CO	Custos de Operação
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
EUA	Estados Unidos da América
INE	Instituto Nacional de Estatísticas
LiderA	Acrónimo do sistema para a avaliação da sustentabilidade denominado Liderar pelo Ambiente
NP	Norma Portuguesa
ODS	Objectivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento das Águas Residuais
PGBH	Plano de Gestão de Bacias Hidrográficas
PNA	Plano Nacional da Água
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PNUEA	Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água
PVC	Policloreto de Vinilo
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
RDART	Redes de Distribuição de Águas Residuais Tratadas
SAART	Sistemas de Armazenamento de Águas Residuais Tratadas

TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
UE	União Europeia
UNCCD	Convensão das Nações Unidas de Combate à Desertificação
VAL	Valor Atualizado Líquido

# 1. Introdução

## 1.1. Desafio no ciclo urbano da água

Sendo a água o recurso natural mais valioso do planeta, a sua conservação constitui um dos mais importantes pilares do desenvolvimento sustentável (Monte & Albuquerque, 2010).

Na atualidade, devido à crescente preocupação mundial relativamente ao crescimento demográfico, às alterações climáticas, ao uso de recursos naturais e à forma como estes têm sido explorados, a gestão sustentável dos recursos hídricos conquistou uma relevância significativa que implica a conservação destes mesmos recursos incluindo, por conseguinte, a reutilização da água residual (Nacional, 2019).

Em Portugal, a necessidade de uma gestão sustentável da água foi já confirmada como prioridade nacional através do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) cujo principal objetivo é a promoção do uso eficiente da água, incentivando o desenvolvimento de uma nova cultura da água, contribuindo para a preservação do meio natural, numa ótica de desenvolvimento sustentável e respeito pelas gerações futuras (APA, 2001).

A prática da reutilização da água deve basear-se não só no conhecimento científico e tecnológico do tratamento de águas residuais, mas também num adequado enquadramento institucional e regulamentar, bem como no apoio público a esta estratégia de gestão sustentável dos recursos hídricos (Monte & Albuquerque, 2010).

A reutilização da água consiste na utilização de águas residuais tratadas para qualquer finalidade que constitua um benefício sócio-económico. Assim, o conceito de reutilização da água é um perfeito sinónimo de utilização de águas residuais tratadas. A água pode ser reutilizada múltiplas vezes e para finalidades diferentes, sempre correspondendo a uma origem residual da água, geralmente submetida a tratamento (Monte & Albuquerque, 2010).

A conservação dos recursos naturais e o uso eficiente da água constituem objetivos nacionais com grande relevância nos serviços de abastecimento público de água e de saneamento de águas residuais urbanas, não havendo, no entanto, uma prática generalizada de aproveitamento das águas residuais urbanas em Portugal, mesmo em contextos regionais de maior escassez hídrica (Monte & Albuquerque, 2010).

No seu conjunto, a urbanização, a industrialização e o crescimento da população, afetam a paisagem natural bem como o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas. O ciclo da água é fortemente modificado pelos impactos da urbanização no ambiente e pela necessidade de facultar serviços de água à população urbana, abrangendo o abastecimento de água e o saneamento de águas residuais (Marsalek et al., 2006).

O ciclo urbano da água é constituído por duas componentes, a componente abastecimento de água-saneamento de águas residuais urbanas e a componente precipitação-escoamento de águas pluviais (Leitão, 2014).

Por toda a extensão deste ciclo, a água circula por equipamentos e infraestruturas criadas pelo Homem, desde a sua origem (superficial ou subterrânea) até ao local onde é devolvida ao meio ambiente, com o intuito de entrar novamente no ciclo natural da água (Correia, 2007).

A possibilidade de tratar e reutilizar essas mesmas águas residuais à escala urbana surge como uma opção para fechar o ciclo da água e, por conseguinte, criar uma lógica de economia circular, cuja finalidade é repensar mais do que apenas as suas pegadas de recursos e a eficiência energética que por sua vez está rigorosamente relacionada com a eficiência hídrica (AICEP, 2021).

O fecho do ciclo da água provoca uma maior eficiência na sua utilização, bem como uma redução substancial do desperdício, tornando a produção e o consumo autossustentáveis. Ou seja, a água é reutilizada em vez de descartada, passando a usar-se água reciclada em vez de se fazerem repetidas captações deste escasso recurso, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento sustentável (AICEP, 2021).

Nas cidades, as consequências ambientais não são avaliadas em relação à forma de ocupação do solo, contribuindo para um desequilíbrio do ciclo hidrológico relativamente ao aumento da parcela do escoamento superficial e à redução na infiltração. Deste modo, torna-se relevante o conceito de metabolismo urbano, termo definido por Girardet (1998) para detalhar as relações entre o meio natural e antrópico. Dois modelos sintetizam esse conceito do espaço urbano: metabolismo/economia linear e circular.

A economia linear traduz a forma constante de construirmos cidades com repetidos consumos de recursos naturais e produção de resíduos enquanto que a economia circular considera que a entrada de recursos naturais e saída de resíduos, ocorre com o intuito de maximizar os processos de reaproveitamento e reciclagem, através de soluções que se assemelham ao comportamento natural do ambiente.

A implementação da economia circular tem como objetivo reduzir a pegada ecológica<sup>1</sup>. No que diz respeito aos sistemas de infraestrutura urbana, mais concretamente às técnicas de drenagem, a economia linear tem a denominação de drenagem tradicional, ou cinza, e a de economia circular a designação de drenagem sustentável ou verde.

Como referido anteriormente, a crescente concentração de população nas cidades e a absoluta necessidade de água para consumo humano, para as atividades económicas e para os ecossistemas, exigem uma consideração global sobre o ciclo urbano da água, devido à pressão a que este está sujeito, que tenha efeitos nas políticas ao nível local para que seja garantida a sustentabilidade da vida urbana.

Posto isto, torna-se imperativo a necessidade de se avançar para a circularidade da economia, através da utilização e gestão eficiente dos recursos naturais.

---

<sup>1</sup> Para Girardet a pegada ecológica é quanta natureza temos e quanto a usamos. Pode ser medida do nível individual ao global. É uma forma de pensarmos em como desenvolvemos os serviços sobre o ecossistema.



### 1.3. Organização do documento

Esta dissertação decompõe-se em diferentes fases de execução, baseada numa extensa pesquisa bibliográfica de livros, dissertações, revistas científicas e técnicas, catálogos de produtos, artigos científicos, entre outros, reforçando a fiabilidade e credibilidade de toda a informação disponibilizada.

A presente dissertação está organizada em 7 capítulos, descritos em seguida, bibliografia e anexos.

O primeiro capítulo apresenta uma introdução sobre o tema da dissertação, onde se aborda a importância da reutilização da água, do fecho do ciclo da água e da economia circular, bem como os seus objetivos e organização da dissertação.

No segundo capítulo é feito um enquadramento geral do tema, onde se abordam temas como a escassez de água no mundo, introduzem-se conceitos sobre a temática da utilização de ART e o seu contributo para uma economia circular, mencionando as suas potencialidades, benefícios e riscos associados a considerar nas diversas aplicações.

O terceiro capítulo tem como foco principal as soluções possíveis de recolha, drenagem, tratamento, armazenamento, reutilização e distribuição para a implementação de um sistema de fecho do ciclo urbano da água. Neste capítulo é dado especial relevo aos mecanismos de tratamento das águas residuais e à reutilização das ART para rega paisagística e lavagem de ruas.

No quarto capítulo é apresentada a análise dos casos de estudo, abordando as soluções adotadas para cada uma das opções de estudo bem como uma introdução sobre o concelho em que estas se inserem.

O quinto capítulo diz respeito à viabilidade das soluções adotadas para cada uma das opções. Ou seja, é apresentada a avaliação económica de cada opção bem como o seu contributo para a sustentabilidade.

O sexto capítulo está reservado para a apresentação e discussão dos resultados obtidos nas análises referidas acima, levando a cabo uma análise de sensibilidade às mesmas.

Por último, no sétimo capítulo, são apresentadas as conclusões da dissertação e os possíveis trabalhos futuros a realizar.

Nos anexos estão incluídos todos os desenhos gerais e de pormenor que definem cada uma das opções, assim como exemplos de cálculos efetuados para a realização das análises pretendidas. Por serem documentos mais específicos optou-se por colocá-los em anexo de modo a não dificultar a leitura do corpo da dissertação, servindo para o aprofundamento e pormenorização de algumas questões.

## 2. Economia Circular e o fecho do ciclo da água:

### 2.1. A água no planeta terra

A água é uma das substâncias mais importantes que existem porque é indispensável para os seres vivos. Esta possui propriedades que lhe são características e únicas, podendo ser encontrada na Natureza em três estados diferentes, sólido, líquido e gasoso.

A maior parte dos organismos vivos, utiliza-a na forma líquida para a prática de diversos processos biológicos. A disponibilidade deste escasso recurso é fundamental para o bem-estar do Mundo, sendo o ciclo da água o motor de toda a vida na Terra.

A água cobre cerca de 70% da superfície da Terra e atinge um volume de 1386 milhões de quilómetros cúbicos. Não obstante, a quantidade de água doce à disposição para a utilização humana é limitada pelas condições naturais do planeta. Na verdade, apenas 2,5% de toda a água existente na Terra é doce, sendo o resto salgada (a maior parte encontra-se nos oceanos) (Thomas, 1994).

Destes 2,5%, a maior parte (1,8%) está retida em forma de gelo na Antártica, no Ártico e nos glaciares, não estando disponível para uso humano (Thomas, 1994).

Na Figura 2.1 encontra-se apresentado o esquema de distribuição global da água no planeta Terra.

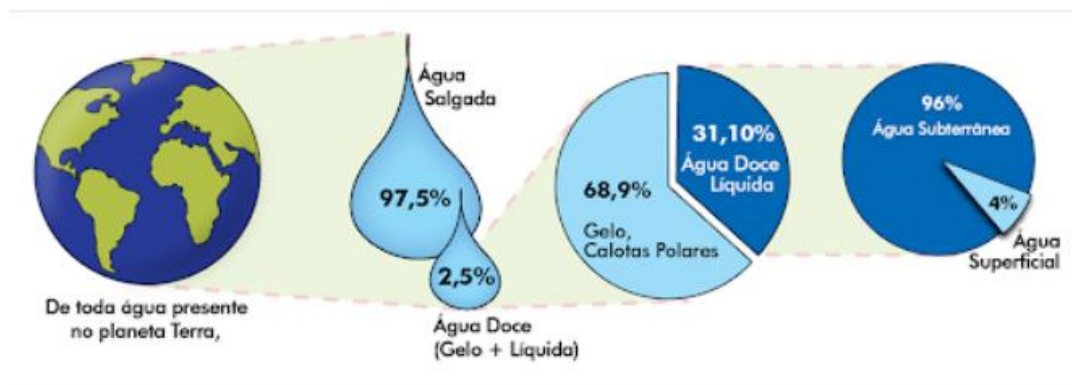


Figura 2.1 - Distribuição global da água no planeta Terra (Fonte: Alcantara (2021)).

Ao analisar-se a Figura 2.1 verifica-se que os 2,5% de água doce são repartidos entre água congelada nos glaciares e calotes polares (68,9%) e água doce líquida (31,1%). Desta água doce líquida 29,9% corresponde a água subterrânea enquanto que apenas 1,2% equivale a água de superfície. Isto significa que a quantidade de água que está disponível para o consumo humano é muito pequena.

Tal como referido anteriormente, e sendo a água a única substância que existe na natureza nos três estados (sólido, líquido e gasoso), esta circula num movimento contínuo de um estado para o outro.

Esta variação deve-se à existência do que chamamos de “Ciclo da Água”. Na Figura 2.2 encontra-se esquematizado o ciclo, de forma a compreender o deslocamento natural da água no planeta, bem como os diferentes estados físicos (sólido, líquido e gasoso) que pode assumir.



Figura 2.2 - Esquema do ciclo hidrológico da água (Fonte: USGS (2014)).

O ciclo hidrológico envolve a transferência da água da superfície terrestre para a atmosfera, por evaporação da água dos oceanos, rios e lagos, e evapotranspiração das plantas e animais, passando de um estado líquido para um estado gasoso. Ao chegar à atmosfera, o vapor de água arrefece e condensa-se sob a forma de gotas de água, formando as nuvens. Quanto maior for a condensação, mais pesadas ficam as gotas de água que estão na atmosfera, acabando por cair na superfície terrestre sob a forma de chuva, neve ou granizo (precipitação).

Parte da água precipitada na superfície terrestre infiltra-se nos solos, ficando armazenada nos lençóis freáticos e aquíferos (águas subterrâneas) ou regressando à superfície através de nascentes. Outra parte pode ser absorvida pelas raízes das plantas e outra parte escorre para rios, lagos ou oceanos (águas superficiais).

Posto isto, na atmosfera, a quantidade de água presente aumenta através do processo de evaporação, mas diminui novamente através da precipitação. Ou seja, na atmosfera o vapor de água movimenta-se em redor da Terra, sendo que evapora num determinado lugar, não regressando inevitavelmente como precipitação para o mesmo sítio. Assim sendo, estes fenómenos naturais ocorrem não numa escala diária, mas sim a longo prazo, pelo que condicionam o ciclo da água (Peixoto, 1979).

O ciclo da água alimenta a vida na Terra e fornece aos seres vivos água doce para produzir bens no ecossistema, tal como toda a biomassa produzida para conceber alimento, combustível, biodiversidade, habitats para as espécies aquáticas, serviços de captação e armazenamento de carbono, regulação climática, e água para uso doméstico e industrial (Rockström et al., 2009).



Posto isto, a água doce, em quantidade e com qualidade, é essencial para todos os aspetos da vida e para o desenvolvimento económico e social, especificamente para a saúde, criação de emprego e redução de pobreza (Costanza & Daly, 2007). Assim sendo, os recursos hídricos são fundamentais para todas as atividades ao nível económico, nomeadamente para a agricultura, a indústria, a produção de energia e a proteção do ambiente.

Mas a água não está disponível de igual modo para todos os Países. Desta forma, na Figura 2.3 encontra-se a variação da distribuição de água doce nos continentes, de modo a ter-se uma melhor percepção de onde são captados os maiores volumes de água.

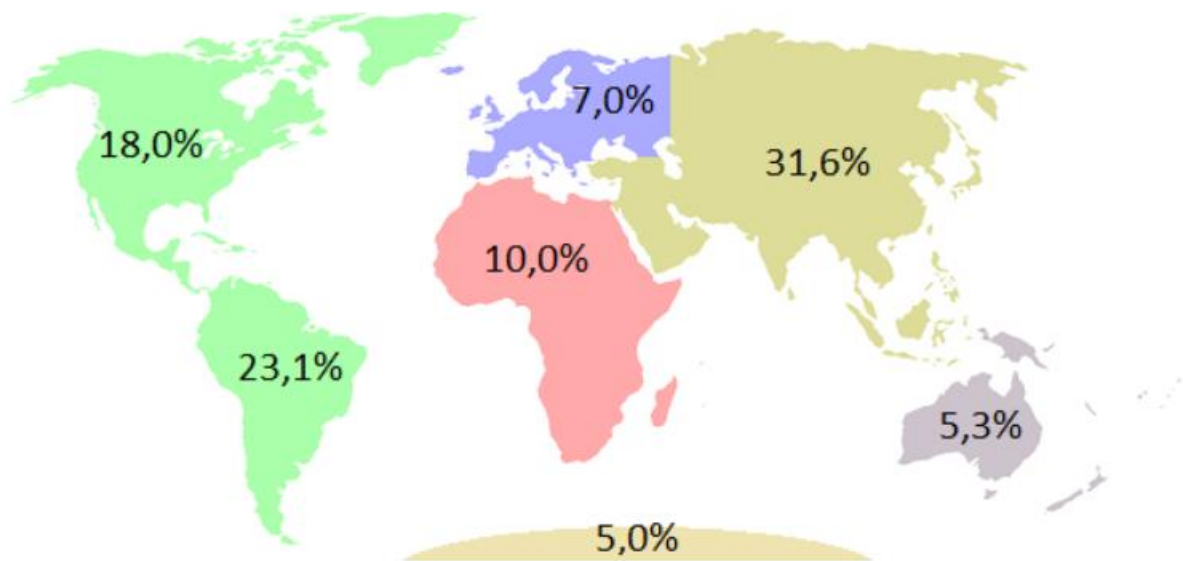


Figura 2.3 – Distribuição de água doce pelos continentes (Fonte: Khan Academy (2021)).

Em conclusão, os principais fatores que conduzem à escassez de água no mundo são:

- Crescimento populacional;
- Nível médio de vida.

## 2.2. Escassez de água no mundo

Conforme referido previamente, a água é fundamental para o desenvolvimento socioeconómico, para a produção de energia e alimentos, para a construção de ecossistemas saudáveis e para a sobrevivência da espécie humana. Esta é também essencial para fazer frente às alterações climáticas, servindo como ligação entre a sociedade e o meio ambiente.

Segundo as Nações Unidas, a escassez deste bem universal tende a aumentar até 2050 graças à procura do setor industrial e doméstico das economias emergentes e ao aumento da população mundial. Existe, portanto, uma necessidade crescente de equilibrar a solicitação dos recursos hídricos com a necessidade das comunidades.

Na Figura 2.4 encontra-se apresentada a proporção dos recursos hídricos renováveis captados, destacando o grave problema de stress hídrico que o mundo enfrenta (Unicef & Inda, 2013).

O stress hídrico, também conhecido como escassez hídrica física, é uma expressão dada a uma situação em que a procura de recursos hídricos por habitante é maior que a capacidade de oferta ou de disponibilidade de recurso natural.

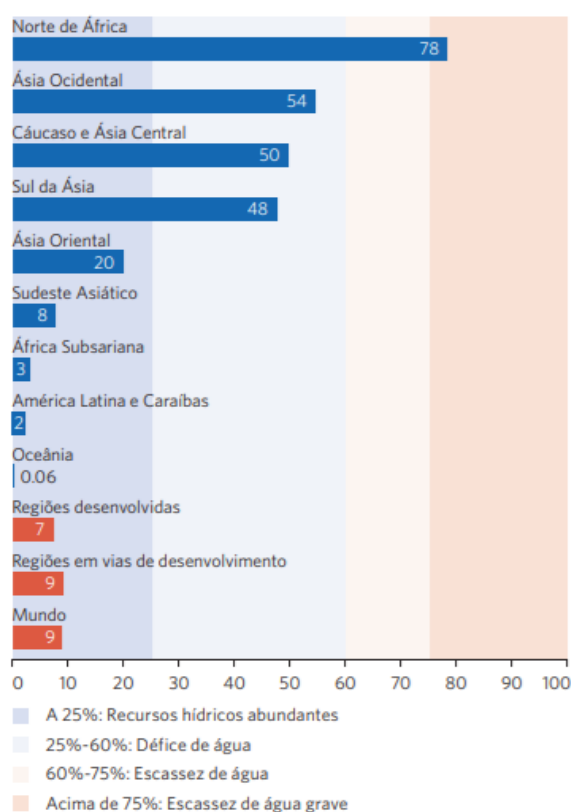


Figura 2.4 - Proporção de recursos hídricos renováveis captados, por volta de 2011 (porcentagem) (Fonte: Unicef & Inda (2013)).

A quantidade de recursos hídricos utilizada por um determinado país é afetada pelas políticas hídricas nacionais e também pela escassez de água.

Esta escassez pode ser física (falta de água com qualidade suficiente para uso humano), económica (falta de infraestruturas adequadas devido a restrições financeiras, técnicas ou de qualquer outro tipo) ou institucional (falta de instituições para o abastecimento de água fiável, seguro e equitativo) (Unicef & Inda, 2013).

Os principais setores que fazem captação de água incluem o setor agrícola, industrial e os municípios. Os municípios representam 12% da captação total de água doce (a nível mundial), o setor industrial 19% sendo o setor agrícola o que absorve maior captação (69% restantes), sobretudo para a irrigação (Unicef & Inda, 2013).

Apenas 9% dos recursos de água doce renováveis são captados para utilização na agricultura, municípios e indústria, em todo o mundo. Número este inferior ao limite de captação de 25 % que define o início de problemas hídricos “físicos” (Unicef & Inda, 2013).

Segundo Unicef & Inda (2013), em 2011, 41 países vivenciaram problemas de água, tendo havido um aumento de 5 países em relação a 1998. Destes países, 10 países – da península Arábica, Norte de África e Ásia Central – fizeram a captação de mais de 100% dos recursos de água doce renováveis. Importante mencionar que, assim que um país alcança um nível de captação superior a 100 %, começa a esgotar os seus recursos de água subterrânea renováveis, tendo de depender de água subterrânea fóssil não renovável ou de fontes de água não convencionais, como água dessalinizada, água residual e água de drenagem agrícola (Unicef & Inda, 2013).

Sabe-se que atualmente, a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial e prevê-se que aumente. Presentemente, esta escassez já afeta todos os continentes comprometendo a sustentabilidade dos recursos naturais, assim como o desenvolvimento económico e social (Unicef & Inda, 2013).

A disponibilidade e distribuição dos recursos hídricos de água doce, através da precipitação e escoamento superficial, podem ser irregulares, com diferentes áreas do globo a receber diferentes quantidades de água durante um determinado ano (UN, 2015).

Como é possível constatar, através da observação da Figura 2.5, as médias anuais compostas mostram variações significativas na disponibilidade de água per capita entre os países.

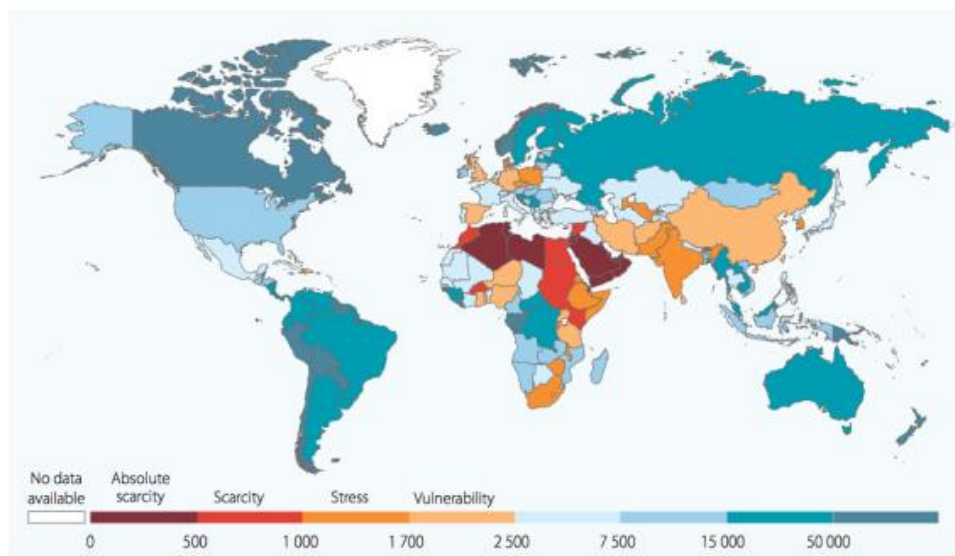


Figura 2.5 – Disponibilidade de água per capita e índice de stress hídrico em 2013 (Fonte: UN (2015)).

A Figura 2.6 apresenta as regiões do mundo com stress hídrico, em 2019. As presentes regiões estão classificadas em quatro categorias: pouca escassez de água, de pouca a média escassez de água, de média a alta escassez, alta escassez e escassez extremamente alta. Também é possível observar que houve regiões que não foram estimadas.

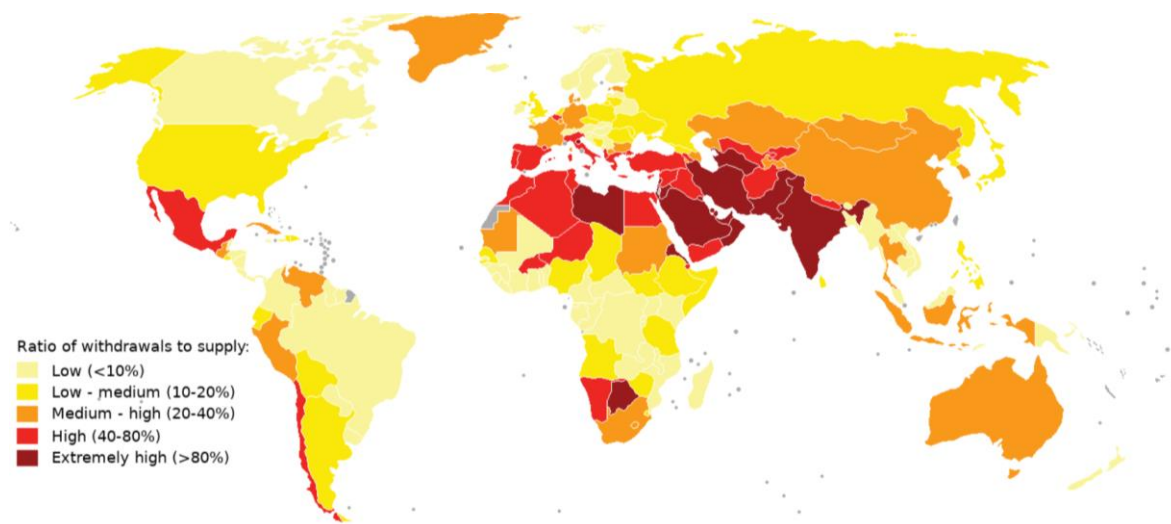


Figura 2.6 – Mapa de stress hídrico em 2019 (Fonte: Wikipédia (2019)).

Ao analisar a Figura 2.6 verifica-se que as regiões que apresentam maior escassez de água, correspondem em maioria às regiões de países em desenvolvimento, porém também é possível constatar-se que alguns dos países desenvolvidos enfrentam sérios problemas de escassez com as alterações climáticas.

Segundo o secretário executivo da UNCCD, Luc Gnacadja, “Quase metade da população mundial estará a viver em áreas com grande escassez de água até 2030”. Hoje em dia o cenário também não é favorável, isto porque cerca de dois terços da população global vive em condições severas de escassez física de água, pelo menos 1 mês por ano (Wikipédia, 2019).

Em países mais pobres, a crescente limitação de acesso ao recurso água afeta o seu desenvolvimento. Atualmente, nestes países menos desenvolvidos, o acesso a água para a produção de alimentos, criação de gado e usos domésticos está cada vez mais limitado comparativamente com o acesso a cuidados de saúde e educação (geralmente problemático neste tipo de países).

Nos países mencionados, destacam-se a maioria dos países do Médio Oriente e do Norte de África, bem como o México, Paquistão, África do Sul e grande parte da China e da Índia, como é possível observar pela Figura 2.6.

A Figura 2.7 mostra quanto cada habitante, de diversos países do mundo, consome de água por dia.

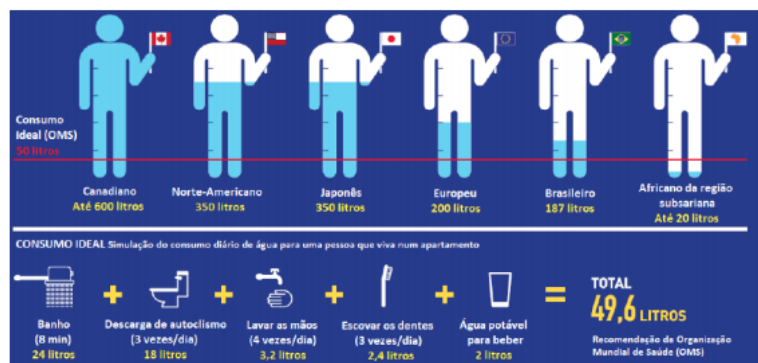


Figura 2.7 - Consumos de água por habitante e por dia em seis regiões do mundo (Fonte: Blog3 (2010)).

Nesta Figura 2.7, e de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), para satisfazer as necessidades básicas para uma pessoa viver diariamente com o padrão recomendado de higiene e bem-estar, são necessários aproximadamente 50 litros de água por dia. Sendo que, a este valor acresce, pelo menos, o consumo de água para a preparação de alimentos e para lavagens de roupa e de loiça.

Em regiões subsarianas (África subsariana), um habitante, apenas consome 20 litros de água por dia, menos de metade do consumo médio estimado.

Tendo em conta os problemas em cima referidos, torna-se vital tomarmos consciência do problema que todos enfrentamos e tomar medidas para promover o uso eficiente da água não só a uma macro-escala mas também a uma micro-escala.

### 2.3. Economia circular

Nos dias de hoje a nossa sociedade vive atualmente uma mudança de paradigma. O modelo económico utilizado até aos dias de hoje rege-se sob uma lógica de “extrair, transformar, consumir e rejeitar”. Tendo em conta o desenvolvimento sustentável, este modelo acaba por não ser compatível, apontando para a necessidade de uma mudança (Magalhães, 2018).

O desenvolvimento sustentável visa satisfazer as necessidades da geração atual sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. Assim sendo, na Figura 2.8 é possível verificar-se os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS) adotados em 2015.



Figura 2.8 – Nações Unidas – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Fonte: República Portuguesa - Ambiente (2017)).

O uso contínuo e longínquo do modelo tradicional (economia linear) tem feito com que 65 mil milhões de toneladas de recursos sejam extraídos todos os anos, sendo que apenas 7% desses recursos são reciclados (República Portuguesa - Ambiente, 2017).

Tendo em consideração o referido anteriormente acerca do crescimento da população num planeta com recursos finitos, a economia linear torna-se um risco. Dessa maneira, por razões ambientais, sociais e económicas, há que assegurar o crescimento e o desenvolvimento das populações sem causar o esgotamento e a degradação desses recursos limitados.

Consequentemente, surge o modelo da economia circular que promove ativamente o uso eficiente e a produtividade dos recursos por ela dinamizados, através de produtos, processos e modelos de negócio assente na desmaterialização, reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais (República Portuguesa - Ambiente, 2017).

Nesta economia, os materiais são preservados, restaurados ou reintroduzidos no sistema de modo cíclico, criando vantagens económicas para fornecedores e utilizadores bem como vantagens ambientais resultantes de menor extração e importação de matérias-primas, redução na produção de resíduos e redução de emissões associadas (República Portuguesa - Ambiente, 2017).

Nesta abordagem circular, é extraído mais valor a partir de materiais já mobilizados na economia, ainda que estes apresentem degradação temporal. Porém, ao prolongar-se o seu uso pelo maior tempo possível ganha-se mais um valor extraído muito menos (República Portuguesa - Ambiente, 2017).

Na Figura 2.9 encontra-se ilustrada a diferença entre as duas economias referidas, linear e circular.



Figura 2.9 - Economia linear vs circular (Fonte: República Portuguesa - Ambiente (2017)).

A nível ambiental, o setor hídrico pode ser um motor de economia circular, nos serviços de abastecimento de água e gestão de águas residuais e águas pluviais, face à regulamentação mais proativa, podendo servir como resposta aos desafios do crescimento demográfico e das alterações climáticas (República Portuguesa - Ambiente, 2017).

Posto isto, a prática da reutilização de ART surge como estratégia de desenvolvimento sustentável económico e proteção ambiental.

Esta prática tem como objetivo a utilização de água de elevada qualidade apenas para fins como o consumo humano. O recurso a água de qualidade inferior (águas residuais tratadas) para outros usos específicos leva à redução na captação de água, embora exija tratamento suplementar e consequentemente apresente custos adicionais.

Ainda que a medição do progresso da “circularidade” no setor hídrico não seja fácil de se realizar devido ao atual estado de conhecimento, disponibilidade de dados e frequência de projetos, é importante prosseguir o seu desenvolvimento, através de medidas como o quadro de monitorização para a Economia Circular, o quadro de monitorização que avalia o progresso da economia circular na UE e nos seus Estados-Membros, que a Comissão Europeia tem procurado desenvolver (República Portuguesa - Ambiente, 2017).

## 2.4. Importância da reutilização de águas

Com o decorrer dos últimos anos, tem-se vindo a assistir a uma maior perceção em relação à fragilidade do nosso planeta e à limitação dos recursos disponíveis (Gamito e Arsénio, 1998). Assim sendo, tendo em conta que a água é um fator essencial para o desenvolvimento sócio-económico do País (PNUEA, 2001), a reutilização da água torna-se cada vez mais relevante.

A reutilização de água é vista como um pilar na gestão sustentável dos recursos hídricos. Esta realidade é recorrente desde a antiguidade (Angelakis et al., 1999), mas só a partir do século XI é que se tem tido maiores desenvolvimentos.

Deste modo, a utilização de ART para usos não potáveis, como por exemplo a rega, a indústria, a recarga de aquíferos ou os usos recreativos, que apresentam a grande maioria dos consumos de água e cujos requisitos de qualidade são substancialmente inferiores aos da água para consumo humano, passa a fazer parte de um paradigma de sustentabilidade quanto à utilização dos recursos hídricos (APA, 2001).

Embora em Portugal ainda não se verifique com frequência abordagens baseadas no conceito de aproveitamento de AR, já existe um vasto conhecimento, discussões e progressos relativamente ao assunto da conservação dos recursos naturais e ao uso eficiente da água.

Tal deve-se ao facto de assuntos constituírem objetivos nacionais de elevada relevância não só nos serviços de abastecimento público de água e saneamento de águas residuais, mas também ao nível político, isto porque obriga que países com diferentes padrões de desenvolvimento, estabeleçam medidas mínimas de proteção ambiental.

Em Portugal, bem como em quase todos os países da UE, a agricultura é o sector que consome mais água. O consumo de água para a rega na agricultura, em Portugal, atinge cerca de 87% do consumo total de água, tal como é visível na Figura 2.10.

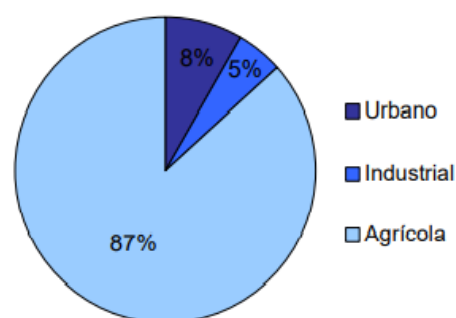


Figura 2.10 – Distribuição do consumo em volume pelos setores urbano, agrícola e industrial (Fonte: Do et al. (2001)).

Como referido anteriormente, em Portugal, existe o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), que é um instrumento de política nacional para o uso eficiente da água e tem como principal objetivo a promoção deste uso apropriado da água, especialmente nos setores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de escassez hídrica e para melhorar as condições



ambientais nos meios hídricos, sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida da população, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país (PNUEA, 2001).

O PNUEA está assim associado à melhoria da eficiência de utilização da água bem como à consolidação de uma nova cultura de água em Portugal, sendo este recurso crescentemente valorizado, não só pela sua importância para o desenvolvimento humano e económico, mas também para a preservação do meio natural para as gerações futuras (PNUEA, 2001).

De modo a que a sua implementação seja eficaz, é necessário outros mecanismos de gestão, tais como o Plano Nacional da Água (PNA), Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas (PGBH), Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento das Águas Residuais (PEAASAR), Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e Diretiva das emissões.

Numa lógica de circularidade, hoje em dia está a ser implementada uma nova rede de distribuição para levar a água de elevada qualidade, tratada nas Fábricas de Água<sup>2</sup> da AdTA, até aos locais de maior consumo não potável (por exemplo: rega e lavagens de ruas). Este novo produto de água – Água+ (água residual tratada com qualidade compatível com usos não potáveis, sejam eles agrícolas, urbanos ou industriais) – é uma fonte sustentável, largamente independente da incerteza climática, permitindo a redução da pressão sobre os recursos hídricos. Esta nova rede de distribuição de Água+ tem um investimento financeiro estimado de 16 milhões de euros até 2025 e um retorno ambiental incalculável (Águas do Tejo Atlântico - Grupo Águas de Portugal, 2020).

Entre 2014 e 2018, a CML conseguiu poupanças relativamente aos consumos de água potável da ordem dos 50%, reduzindo o seu consumo total de cerca de 8 milhões de m<sup>3</sup> anuais para cerca de 4 milhões de m<sup>3</sup>. Contudo, a CML ainda utiliza anualmente cerca de 3 milhões de m<sup>3</sup> (75% do seu consumo total) de água potável em tarefas que poderiam recorrer a Água+. Esta substituição, quando adequada, permite não só uma redução da pressão sobre a reserva estratégica de Castelo de Bode, mas também uma redução sobre a utilização de captações de água subterrânea na cidade, particularmente em zonas sensíveis (AICEP, 2021).

Futuramente, a rede de distribuição de Água+ em Lisboa permitirá abastecer grandes consumidores tais como sistemas de transportes (para lavagens de veículos), grandes superfícies de comércio ou serviços, clubes desportivos, não apenas para rega e lavagens, mas também para sistemas de arrefecimento como os utilizados na climatização ou outros usos industriais (Águas do Tejo Atlântico - Grupo Águas de Portugal, 2020).

As águas residuais, mesmo após serem tratadas, ainda contêm compostos químicos, sendo as ART potencialmente usadas para fins não potáveis, como a agricultura, irrigação de parques públicos e campos de golfe, ou até mesmo, descarga de resíduos e controlo de poeiras (APA, 2019).

---

<sup>2</sup> Designação com que a AdTA cunhou as suas 103 Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) que servem 23 municípios e quase 2,5 milhões de habitantes. Trata-se de infraestruturas operacionais que transformam matérias-primas recebidas em novos produtos de utilização urbana, industrial, empresarial e social, contribuindo para a Economia Circular e sustentabilidade socioambiental.

Assim, o uso eficiente da água, que tem como componente primordial a reutilização planeada como estratégia de combate à escassez de recursos hídricos, faz-se acompanhar de um conjunto de benefícios ambientais e socioeconómicos. Dessa forma, ao uso de ART estão associados benefícios como (Messias, 2012):

1) Benefícios Sociais:

- Usar ART na rega de produtos agrícolas, pode ser benéfico para a saúde pública, dependendo da qualidade da água na a sua aplicação;
- Em zonas com quantidades reduzidas de água, a reutilização aumenta essa disponibilidade, podendo contribuir para o desenvolvimento económico local.

2) Benefícios Ambientais:

- Permite diminuir o consumo de água de qualidade superior, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos, tendo especial interesse nos locais com stress hídrico associado, ou seja, locais onde a procura por habitante é maior que a capacidade de oferta do corpo hídrico;
- Diminuição de descargas de ART nas linhas de água, diminuindo assim a poluição das mesmas, isto porque mesmo tratadas estas águas ainda contêm compostos químicos;
- Em casos em que as soluções utilizadas para utilização de recursos hídricos passam pela utilização de soluções associadas a consumos de energia superiores aos utilizados na reutilização de ART, como é o caso da captação de água a grandes profundidades ou a dessalinização de água salgada ou salobra, a reutilização pode funcionar como medida de mitigação das alterações climáticas;
- Para que os consumidores tenham confiança na reutilização de ART, estas têm que manter sempre uma qualidade satisfatória. Caso isso não aconteça, ou seja, a qualidade não for garantida, os clientes perderão a confiança no produto, levando a que o seu consumo seja reduzido drasticamente. Quando a água é descarregada nas linhas de água, em vez de reutilizada, embora exista legislação a cumprir, existem situações onde ocorre a descarga de efluente com qualidade inferior ao que é desejável. Tendo em conta que nesta situação não existe consequências económicas associadas, esta situação repete-se. Desta forma, a reutilização contribui também para mitigar situações de efluentes com tratamento inferior ao estipulado.
- Nutrientes presentes nas ART reutilizadas para a rega agrícola conduzem a uma diminuição da utilização de fertilizantes artificiais, prejudiciais ao meio ambiente;
- As ART podem ainda ser utilizadas para recarregar aquíferos.
- A possibilidade de utilizar as ART em utilizações específicas como a rega, contribui para a sustentabilidade dos recursos hídricos;

3) Benefícios Económicos:

- Relativamente às origens de águas superficiais e subterrâneas, o efluente de uma ETAR garante menos variações de qualidade e quantidade, podendo conduzir a uma

diminuição de custos associados à garantia de água para a indústria e a agricultura em particular, e em cenários de escassez de água (anos de seca);

- Na rega agrícola e paisagística, a utilização de ART permite a diminuição dos custos com fertilizantes devido à presença de diversos nutrientes na mesma;
- Nos casos onde seja necessário contruir infraestruturas com elevados encargos associados, tais como as captações de grande profundidade, dessalinização ou mesmo a construção de barragens, a reutilização poderá ter redução de custos associados à utilização de água;
- Tendo em conta a crescente utilização de recursos hídricos nos grandes centros urbanos, é necessário contruir mais infraestruturas tanto para captação como para transporte. Neste caso, a utilização de ART poderá reduzir os investimentos ou mesmo eliminá-los.

Apesar dos benefícios recorrentes da utilização de ART, esta prática ainda não é muito utilizada em Portugal, isto porque também existem riscos de aplicação desta solução tais como (Messias, 2012):

1) Riscos Sociais:

- Reutilizar a água sem que esta sofra o tratamento adequado, situação esta que ocorre por negligência, associada à falta de conhecimento ou problemas financeiros;
- Dificuldade de aceitação da população.

2) Riscos Ambientais:

- A descarga de efluentes contendo substâncias tóxicas e perigosas, que tem origem nas indústrias, podem condicionar a qualidade dos efluentes e conduzir a problemas de saúde pública e ambientais. Assim sendo, a regulamentação e fiscalização das descargas industriais nas redes de coletores é fundamental em projetos desta natureza.
- Resíduos provenientes das ETAR, associados ao tratamento do efluente para reutilização, devem ser rigorosamente analisados e estudados, para que se evite deposições desadequadas que possam prejudicar o ambiente.

3) Riscos Económicos:

- A possibilidade de ineficiência no tratamento e no uso de ART pode conduzir a poluições significativas e epidemias na população causando impactos na economia.
- Inexistência de justificação económica para utilização de ART em locais onde não seja cobrado o real valor económico da utilização de água;
- Indefinição das necessidades de mercado para a utilização de ART;
- Análises incorretas dos custos associados a longo prazo ou a não consideração de alternativas económicas;
- Não aceitação por parte da população da reutilização de ART.

### 3. Opções do fecho do ciclo urbano da água

Tal como mencionado anteriormente, a procura da economia circular pressupõe a oportunidade de recolher localmente as águas residuais que, posteriormente a serem tratadas, podem assegurar parcialmente (e até em parceria com as entidades concessionárias) um fornecimento de água com qualidade adequada para outros fins.

Assim sendo, neste capítulo, encontram-se soluções para o fecho do ciclo urbano da água a uma escala urbana.

#### 3.1. Soluções de recolha

A recolha das águas residuais, na zona urbana, processa-se inicialmente através da rede predial de drenagem de águas residuais (Paixão,1999).

A rede de drenagem predial de águas residuais serve para recolher e encaminhar estas mesmas águas desde a sua origem até aos sistemas coletores públicos, os quais recolhem as águas residuais de diversos edifícios e encaminham-nas até ao seu destino final, que normalmente é uma ETAR (Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, 1995).

Na drenagem predial de águas residuais utiliza-se o sistema separativo que é composto por duas redes distintas, a montante das câmaras de ramal de ligação, sendo uma destinada exclusivamente à drenagem das águas residuais domésticas e outra à drenagem das águas pluviais (Paixão,1999).

A construção destas câmaras é obrigatória na extremidade de jusante de sistemas prediais pois estabelece a ligação destes aos respetivos ramais de ligação. Localizam-se, de preferência, fora do edifício, em logradouros (caso existam), junto às vias públicas e em zonas de fácil acesso. Se por algum motivo tiverem de ser instaladas dentro das edificações, devem sê-lo em zonas de fácil acesso e, se possível, em zonas comuns nos edifícios de vários fogos (Paixão,1999).

Relativamente às águas residuais industriais, após prévio tratamento, se necessário, podem ser encaminhadas quer ao sistema de drenagem de águas residuais domésticas quer pluvial de acordo com as suas afinidades (Paixão,1999).

Nas construções onde houver despejos de gordurosos, por exemplo em restaurantes, hotéis, laboratórios, é obrigatória a instalação de caixas de gorduras. Estas caixas podem ser construídas em betão, alvenaria de tijolo ou ferro fundido e fechadas hermeticamente com tampa de ferro removível (Paixão,1999).

O escoamento de todas as águas residuais domésticas captadas a nível não inferior ao do arruamento onde se situa o coletor público procede-se pela ação da gravidade. As águas residuais domésticas recolhidas a um nível inferior ao do arruamento como, por exemplo, as caves, devem, mesmo que posicionadas acima do nível do coletor público, ser elevadas por meio de bombas (elevação mecânica) para um nível igual ou superior ao do arruamento. Processa-se deste modo, tendo em vista o possível funcionamento em carga do coletor público, pois caso contrário traria como consequência o alagamento das caves (Paixão,1999).

Nos sistemas de drenagem de águas pluviais, é permitido o lançamento de águas provenientes de lavagem de arruamentos, pátios e parques de estacionamento, rega de jardins e espaços verdes e drenagem de subsolo.

Relativamente às águas de lavagem de garagens de recolha de veículos, de descargas de piscinas e de instalações de aquecimento e armazenamento de água podem ser lançadas, consoante as condições locais e a afinidade, quer na rede pluvial, que na rede doméstica. Não sendo permitido enviar para as redes de drenagem de águas residuais, diretamente ou por meio de canalizações domiciliárias (Paixão,1999):

- 1) Matérias explosivas ou inflamáveis;
- 2) Matérias radioactivas cuja concentração as entidades competentes considerem inaceitáveis;
- 3) Efluentes de instalações hospitalares ou laboratoriais que, pela sua natureza microbiológica ou composição química, sejam considerados perigosos para a saúde pública e afetem a durabilidade das tubagens e acessórios;
- 4) Entulhos, areias ou cinzas;
- 5) Lamas extraídas de fossas sépticas e óleos e matérias gordurosas, provenientes de câmaras retentoras, resultantes das normais operações de manutenção;
- 6) Quaisquer outras matérias, designadamente restos de comida e demais resíduos que possam, eventualmente, obstruir ou danificar os coletores e os diversos acessórios e, ainda impedir o processo de tratamento dos esgotos;
- 7) Efluentes a temperaturas que excedam os 30°C;
- 8) Efluentes provenientes de unidades industriais que contenham:
  - Matérias sedimentáveis, flutuantes ou precipitáveis que por si só ou posterior mistura ou combinação com outras substâncias existentes nos coletores, façam perigar a saúde dos trabalhadores ou provocar danos no sistema;
  - Substâncias que favoreçam o desenvolvimento de agentes patogénicos;
  - Componentes cíclicos hidroxilados e respetivos derivados halogenados;
  - Substâncias que possam causar a destruição dos ecossistemas aquáticos ou terrestres nos meios receptores e, ainda as que possam provocar a destruição dos ecossistemas associados aos processos de tratamento biológico;

Também estão interditos afluentes abrangidos por legislação específica.

Na conceção de sistemas de drenagem de águas pluviais a ligação ao coletor público pode ser feita diretamente ou por intermédio de valetas de arruamentos. Relativamente à recolha das águas plúvias a um nível inferior ao do arruamento esta é recolhida da mesma forma que as águas residuais domésticas (Paixão,1999).

Embora não seja objeto de estudo desta dissertação, nas Figura 3.1 e Figura 3.2 encontram-se esquematizados os principais constituintes do sistema de drenagem de águas residuais predial e, Quadro 3.1, a designação dos mesmos.

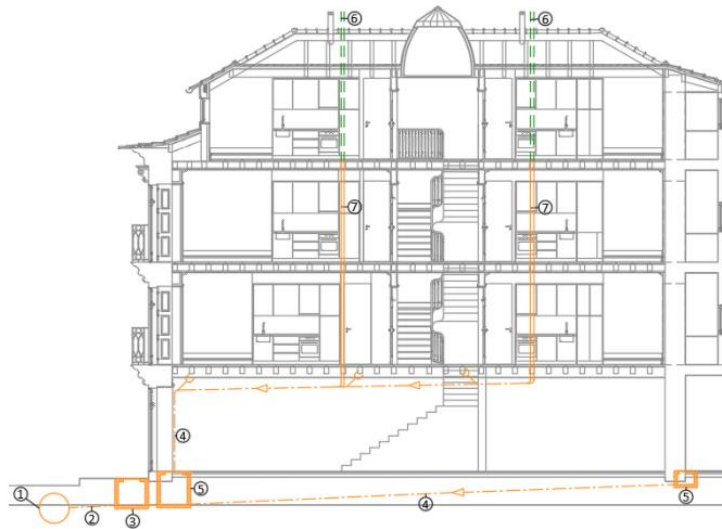


Figura 3.1 - Exemplo de sistemas de drenagem de águas residuais predial (Fonte: David & Alves (2017)).

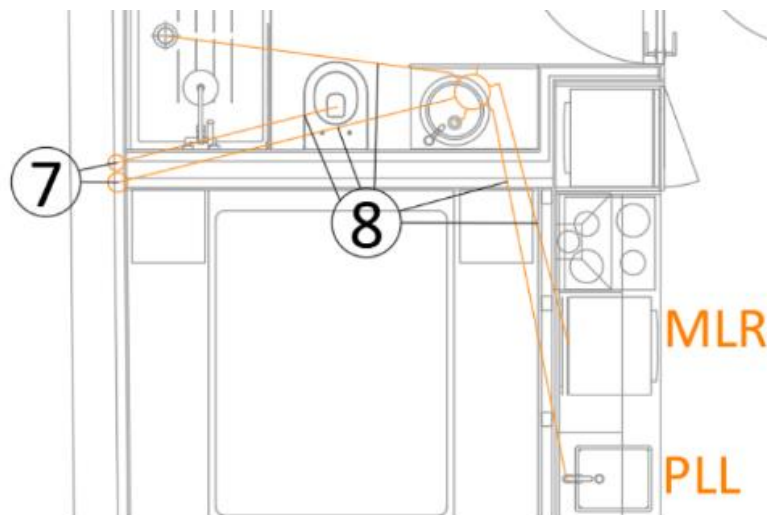


Figura 3.2 - Exemplo de sistemas de drenagem de águas residuais predial (Fonte: David & Alves (2017)).

Quadro 3.1 - Descrição das componentes do exemplo de sistema de drenagem de águas residuais predial.

Númeração	Descrição
1	Coletor público: canalização do sistema público que faz a drenagem das águas residuais até uma estação de tratamento de águas residuais.
2	Ramal de ligação: tubagem que faz a ligação entre o sistema predial e o sistema público, ou seja, liga a caixa ramal de ligação ao coletor de drenagem público.
3	Câmara ramal de ligação: câmara onde são coletadas todas as águas residuais do edifício
4	Coletores prediais: transportam as águas residuais provenientes de tubos de queda ou ramais de descarga contíguos, até outro tubo de queda, ou até uma câmara de inspeção até à caixa ramal de ligação.
5	Câmara de inspeção: câmara acessível para vistorias e manutenções.
6	Coluna de ventilação primária: prolongamento do tubo de queda até a atmosfera com o propósito de fazer a ventilação do sistema de drenagem predial e público.
7	Tubo de queda: Canalização destinada transportar as descargas dos pisos superiores até ao nível do arruamento ligando a outro elemento de recolha (caixa, coletor). Serve também para ventilar a rede predial e pública, porque o tubo de queda é prolongado até a cobertura.
8	Ramais de descarga: canalização que transporta as águas provenientes dos aparelhos sanitários até ao coletor predial ou tubo de queda. Além dos elementos referidos, para o bom funcionamento do sistema é necessário recorrer a diversos acessórios, nomeadamente: sifões, válvulas, curvas, pescoços de cavalo (para fazer a descompressão nas águas que são bombeadas), entre outros.

### 3.2. Soluções de drenagem

Atribui-se o nome de “águas residuais” ao produto da água após o uso humano, seja ele por uso doméstico, comercial ou industrial, quando apresenta significativas alterações em relação às suas características iniciais. Num meio informal, estas águas são também designadas de “esgotos” e geralmente contêm elevadas quantidades de matéria orgânica, bem como diversas substâncias poluentes que podem causar danos à saúde da população caso não sejam devidamente tratadas (APA, 2019).

Estas águas são encaminhadas para um Sistema de Drenagem Pública de Águas Residuais composto, essencialmente, por uma rede de coletores, instalações de tratamento (ETAR) e dispositivos de descarga final (Paixão,1999).

A implantação deste sistema é principalmente condicionada pelas características topográficas do terreno, pois pretende-se que o escoamento seja gravítico, evitando ao máximo a instalação de sistemas de elevação devido aos riscos associados e às exigências de manutenção dos mesmos. Consequentemente, os troços da rede do sistema têm origem em locais de cota mais elevada com desenvolvimento no sentido de cotas mais baixas.

Na conceção de Sistemas de Drenagem Pública de Águas Residuais, tendo em conta uma análise cuidada do destino final a dar aos efluentes, deve ter-se em consideração a proteção dos recursos naturais, a saúde pública e os custos de instalação e de exploração (Paixão,1999).

Os sistemas de drenagem são divididos em dois grupos: os Sistemas de Drenagem de Águas Residuais Domésticas e Industriais (estabelecendo uma rede de coletores que permita cobrir toda a área a servir, minimizando custos e procurando que os efluentes escoem por ação da gravidade favorecendo a fiabilidade do sistema) e os Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais (analisando cuidadosamente as

áreas em que o escoamento se pode fazer superficialmente com o intuito de reduzir, por motivos económicos, a extensão da rede de coletores).

Em Portugal, os critérios utilizados para o dimensionamento destes sistemas de drenagem são encontrados no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR – Decreto Regulamentar Nº 23/95 de 23 de Agosto) e sobretudo, baseiam-se no critério de velocidades admissíveis para que o escoamento funcione adequadamente.

O dimensionamento hidráulico-sanitário em Portugal baseia-se em dois critérios fundamentais:

1. Verificação da capacidade de arrasto;
2. Verificação das condições de velocidade de escoamento e de lâmina líquida

A capacidade de arrasto depende diretamente da inclinação das tubagens coletoras e do peso específico do líquido transportado. Através deste conceito é possível identificar a importância do peso específico do líquido em questão para o dimensionamento das tubagens. Este parâmetro pode diferir para diferentes tipos de sistemas de drenagem, que, dependendo da qualidade das águas provenientes do uso humano, apresentam um sistema separado ou não do sistema de drenagem de águas pluviais.

Conforme o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), os sistemas de drenagem de águas residuais classificam-se em (Paixão,1999):

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

Embora os sistemas unitários apresentem um menor valor de investimento inicial assim como exigir projetos mais simples, as suas desvantagens são claras quando comparadas às dos sistemas separativos de águas residuais domésticas/industriais de águas residuais pluviais.



No Quadro 3.2 apresentam-se as principais vantagens e inconvenientes dos sistemas mais encontrados em Portugal:

*Quadro 3.2 – Principais vantagens e inconvenientes dos sistemas mais utilizados.*

<b>Tipo de Sistema</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Inconvenientes</b>
Sistemas convencionais, separativos domésticos e pluviais	O facto de se transportarem efluentes de natureza distinta por diferentes coletores, permite que sejam sujeitos a diferentes condições de tratamento e de destino final.	Custos elevados de primeiro investimento, associados à necessidade de dispor de dois tipos de tubagens ou coletores. Necessidade de construção cuidadosa, em termos de ligações de ramais prediais.
Sistemas convencionais unitários	Economia de primeiro investimento, decorrente da construção de um único tipo de coletor que transporta a totalidade da água de meio urbano. Simplicidade de projeto, no que respeita a ligação de ramais e coletores.	Descarga de excedentes poluídos em tempo de chuva, com eventuais impactes negativos no Ambiente. Acréscimo de encargos de energia e de exploração em instalações elevatórias e de tratamento, devido ao excedente de contribuição pluvial em tempo de chuva.

O tipo de sistema mais utilizado na construção das redes de drenagem para águas residuais em novas áreas a urbanizar em Portugal é o sistema separativo, sendo obrigatória a conceção conjunta do sistema de drenagem de águas residuais domésticas e industriais e do sistema de drenagem de águas pluviais (Paixão, 1999).

No que diz respeito a sistemas já existentes (unitários ou mistos), em remodelações deve considerar-se a sua transição para um sistema separativo. Se tal não for possível, por condicionalismos locais, designadamente a dificuldade de estabelecimento de ramais de ligação, admite-se a manutenção de sistemas unitários (Paixão, 1999).

Este tipo de sistema dispõe de um conjunto de componentes principais que incluem, regra geral, além das tubagens e ligações no interior da habitação ou edificação (designadamente ramais de descarga, tubos de queda, algerozes e caleiras, colunas de ventilação, sifões e ralos), ramais de ligação à rede de drenagem pública, coletores e câmaras de visita, câmaras de corrente de varrer, sarjetas e sumidouros, descarregadores e forquilhas (Paixão, 1999).

No Quadro 3.3 estão representadas as descrições das finalidades dos componentes em cima mencionados.

*Quadro 3.3 – Descrições das finalidades das componentes principais que incluem, regra geral, o sistema separativo.*

<b>Componente</b>	<b>Tipo</b>	<b>Finalidade</b>
Ramais de Ligação	Comum	Assegurar o transporte das águas residuais prediais desde as câmaras de ramal de ligação até à rede pública.
Coletores	Comum	Garantir a condução de águas residuais domésticas, industriais ou pluviais provenientes dos edifícios ou da via pública, a um destino final.
Câmaras de Visita	Comum	Facilitar o acesso aos coletores para verificação e operações de manutenção em condições de segurança e eficiência.
Câmaras de Corrente de Varrer	Comum	Remover depósitos nos troços onde não estão garantidas as condições de autolimpeza. Estas câmaras têm sido utilizadas nas redes de coletores de águas residuais domésticas.
Sarjetas e Sumidouros	Comum	Recolher as águas pluviais de escorrência superficial.
Descarregadores	Comum	Regular e repartir o escoamento, sendo o seu uso mais frequente nas redes unitárias.
Forquilhas	Comum	Estabelecer a ligação entre ramais de ligação ou entre os coletores de ligação, de sarjetas e sumidouros e os coletores de rede pública.

Para além destes componentes comuns, existem, por vezes, instalações complementares nos sistemas, designadamente instalações elevatórias, bacias de retenção, sifões invertidos, desarenadores e câmaras de grades e medidores e registadores. Raramente, recorrem-se a túneis e pontes-canal (Paixão,1999).

No Quadro 3.4 estão representadas as finalidades das componentes complementares.

*Quadro 3.4 - Descrição das finalidades das componentes complementares do sistema separativo.*

<b>Componente</b>	<b>Tipo</b>	<b>Finalidade</b>
Instalações Elevatórias	Complementar	Elevar as águas residuais quando for necessário ultrapassar um obstáculo ou como alternativa ao escoamento gravítico em condições de desníveis desfavoráveis.
Bacias de Retenção	Complementar	Regularizar o escoamento pluvial afluente, amortecendo os caudais de ponta e permitindo compatibilizar o seu valor com limites previamente fixados.
Sifões Invertidos	Complementar	Condutas em forma de U que funcionam graviticamente sob pressão e se destinam a ultrapassar obstáculos, num plano inferior a estes, ou a vencer zonas de vale.
Desarenadores e Câmaras de Grades	Complementar	Os Desarenadores são dispositivos que se destinam a reter materiais inorgânicos (essencialmente areias), transportados no escoamento e cujo arrastamento possa causar obstruções, danificar os equipamentos ou alterações no funcionamento de unidades de tratamento. As Câmaras de Grades têm por finalidade reter sólidos grosseiros em suspensão e corpos flutuantes a fim de proteger as canalizações, válvulas e outros equipamentos localizados a jusante de eventuais obstruções.
Medidores e Registadores	Complementar	Destinam-se, respetivamente, a medir e a registar os caudais, de águas residuais domésticas, industriais ou pluviais. A medição e o registo de caudais permitem fazer o diagnóstico do funcionamento do sistema, da verdadeira capacidade e da possibilidade de futuras ligações.
Túneis	Complementar e Excepcional	Por vezes, quando as condições topográficas e geológicas o justificarem economicamente, pode recorrer-se à construção de coletores bem túnel (sem recurso à abertura de valas a céu aberto).

Como referido anteriormente, a drenagem de águas residuais processa-se segundo duas redes de coletores distintas, uma destinada às águas residuais domésticas e industriais e outra destinada a águas pluviais ou similares.

Posto isto, os coletores têm por finalidade garantir a condução das águas residuais domésticas, industriais ou pluviais provenientes dos edifícios ou da via pública, a um adequado destino final.

Na conceção e dimensionamento de sistemas drenagem de águas residuais é necessário ter em conta a fiabilidade dos dados de base. Em regra, nestes dados de base, existem certas dificuldades e limitações que se prendem a lacunas de informação decorrentes do facto das redes ainda não estarem construídas ou a informação disponível não estar tratada ou, ainda, a informação não se apresentar suficientemente credível ou fiável (Paixão,1999).

No Anexo II encontram-se os critérios dimensionamento de sistemas de drenagem de águas residuais.

### 3.3. Soluções de tratamento

Os tratamentos de águas residuais (águas cinzas e/ou negras) podem ser feitos de várias formas, dependendo das limitações de espaço e de localização, e em diferentes níveis de tratamento consoante o fim a que se destinam. Processam-se através de dois tipos principais: ETAR e fito-ETAR, contudo nem todos os sistemas de tratamento são adequados do ponto de vista económico e funcional para pequenos aglomerados ou baixo caudal de efluentes (situação da presente dissertação).

As etapas de tratamento possíveis, são: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento biológico ou secundário e tratamento terciário. Em casos especiais também podem existir: primário avançado (que ocorre imediatamente após o tratamento primário), secundário com remoção de nutrientes (após o tratamento biológico ou secundário) e o tratamento avançado.

No Quadro 3.5 encontram-se descritas todas as etapas referidas em cima.

*Quadro 3.5 - Etapas de tratamento de águas residuais (Fonte: DR 23/95 (1995)).*

<b>Etapa de tratamento</b>	<b>Descrição</b>
Preliminar	Processo de separação dos resíduos de maiores dimensões através de grades (gradagem), tamisagem e, se for caso disso, câmaras de retenção de gorduras (remoção de gorduras), de areia (desarenador) ou hidrocarbonetos.
Primário	Processo químico ou físico que envolve a decantação das partículas sólidas em suspensão e através do qual a matéria poluente é separada da água por sedimentação física (sedimentação primária). Este tratamento pode ser auxiliado por agentes químicos que através da coagulação ou flotação permitem a formação de flocos de partículas poluentes que são mais facilmente eliminados.
Secundário	Processo biológico, que pode ser anaeróbio ou aeróbio, com decantação secundária que leva à remoção de matéria orgânica biodegradável dissolvida ou em suspensão. Pode ser feito por lamas activadas ou filtros biológicos (leitões de percolação).

Etapa de tratamento	Descrição
Terciário	Consiste na desinfecção da água resultantes da fase de tratamento anteriores de modo a eliminar agentes patogénicos, compostos orgânicos refractários e nutrientes remanescentes como, por exemplo, o nitrogénio e o azoto. Este tipo de tratamento pode ser feito biologicamente, por adição de químicos como o cloro ou o iodo e ainda por radiação ultravioleta (UV).
Avançado	Eliminação de salinidade (quando aplicável).

As ETAR utilizam tratamento físico, químico e biológico. No entanto, no que diz respeito aos sistemas de tratamento possíveis e adequados para pequenos aglomerados populacionais, loteamentos, conjuntos habitacionais ou outros, destacam-se as ETAR compactas. Este tipo de ETAR distingue-se pelas vantagens que apresenta em termos de facilidade de instalação (trata-se de equipamentos pré-fabricados) e colocação em serviço.

### 1. ETAR compacta

Este tipo de estações de tratamento de águas residuais compactas pode ter designações diferentes dependendo do número de habitantes que abrange (Mendes, 2011):

- Micro-ETAR compacta (de 4 até 18 habitantes);
- Mini-ETAR compacta (até 300 habitantes);
- ETAR compacta (até 5000 habitantes)

Seja qual for a designação, o modo de funcionamento é semelhante para todas elas e consiste num tratamento biológico por arejamento. Neste processo, em geral, após a decantação primária, a água residual vai para o reator biológico onde se dá o arejamento e a agitação das lamias de forma a promover o crescimento da biomassa necessária ao tratamento. De seguida, dá-se a decantação secundária da matéria sólida em suspensão e, eventualmente, a desinfecção da água (Figura 3.3).

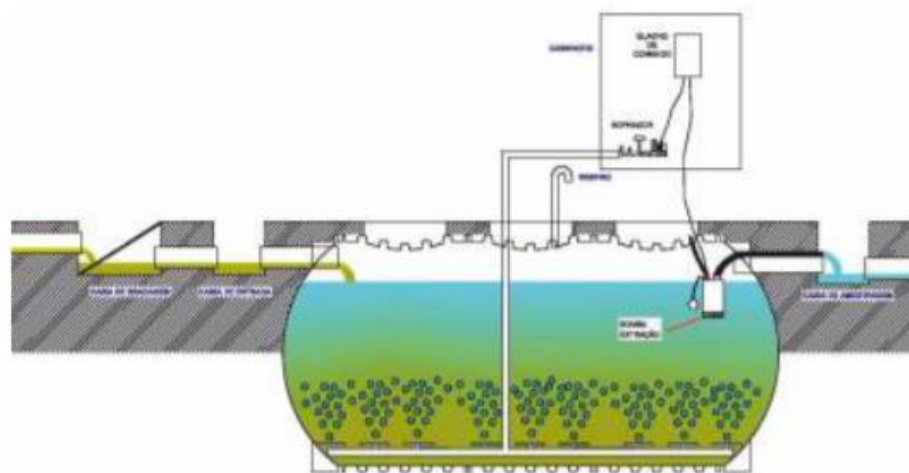


Figura 3.3 – Esquema de funcionamento de uma ETAR compacta (Fonte: Tubofuro (2021)).

De acordo com Nova Opersan (2021), este tipo de solução apresenta as seguintes vantagens:

- Facilidade de adaptação a realidade de cada cliente, levando em consideração o espaço necessário e tipo de tratamento;
- O efluente é tratado no próprio local de geração;
- Permite o reaproveitamento da água para outras funções;
- Instalação e manutenção simples;
- Garante a continuidade do processo de tratamento;
- O custo de energia é mais baixo que o de estações convencionais
- Possibilita também o descarte dos efluentes em conformidade com a legislação ambiental ou estatal, possibilitando o reúso.

Relativamente ao tratamento comum de águas residuais domésticas e pluviais, existem autores que defendem que os reservatórios para o tratamento de águas devem receber, em conjunto, águas residuais domésticas e águas residuais pluviais sob o argumento de grandes volumes de água da chuva (Mendes, 2011).

Conclui-se que isto leva a que se esteja a submeter volumes de água superiores ao necessário, para um nível de tratamento mais exigente, podendo criar uma desvantagem.

## **2. Fito-ETAR**

Os sistemas de tratamento de nível natural, também conhecidos como fito-ETAR são estações de tratamento biológico dos efluentes, projetados de modo a tirar partido de características específicas das zonas húmidas naturais, com o objetivo de melhorar a capacidade de tratamento das águas residuais (Mendes, 2010).

Este tipo de estações de tratamento têm várias designações como, por exemplo, lagoa de macrófitas, fitolagunagem, ecossistemas húmidos artificiais ou zonas húmidas construídas.

Do ponto de vista técnico-económico as fito-ETAR são vantajosas no tratamento de águas residuais, devido ao facto de necessitarem de menores custos ao nível de construção, operação e manutenção (em comparação com outras opções de tratamento). Para além disso, estes sistemas possuem a facilidade de reutilizar e reciclar a água.

A construção desta opção de tratamento, pode ser efetuada de modo a que os leitos se adaptem ao meio circundante, constituindo, desta forma, um habitat para vários seres vivos. Relativamente a operações de manutenção, estas carecem de apenas intervenções locais periódicas.

Os diversos sistemas existentes de fito-ETAR estão apresentados na Figura 3.4 que inclui o tipo de substrato que alimenta a fito-ETAR, o padrão de crescimento das espécies botânicas e, por fim, tipo de escoamento e de fluxo.

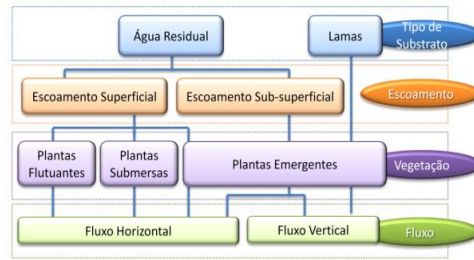


Figura 3.4 - Classificação das zonas húmidas construídas (Fonte: Mendes (2010)).

Dos tipos mais comum de fito-ETAR a de fluxo horizontal sub-superficial é a mais utilizada (Mendes, 2011), que tem como constituição geral:

- Plantas macrófitas: plantas hidrófitas providas de rizomas e que permitem a depuração da água. As espécies que podem ser aplicadas são carriços (canízeas), tifáceas e juncos;
- Leitos de macrófitas: zonas húmidas construídas sobre uma superfície impermeável que consistem num sistema biológico de tratamento com cultura de plantas que atuam diretamente com os efluente ou servem de suporte a microorganismos que os degradam. Assim, na passagem de água residual ocorrem fenómenos de filtração, oxidação-redução, absorção e precipitação resultando na redução da concentração de microorganismos patogénicos e na remoção de nutrientes (azoto e fósforo);
- Solo hídrico: camada de solo orgânico e permeável que pertence ao leito de macrófitas e que se encontra frequentemente saturado de água, onde são plantadas as macrófitas;
- Substrato impermeável: onde o leito de macrófitas assenta e é constituído por uma base de pedra, gravilha, areia e terra vegetal. Para além disso, situa-se a cerca de 70 cm de profundidade. De modo a evitar possíveis infiltrações, é oportuno a colocação de telas impermeabilizantes, cuja espessura pode variar. Em alguns casos, em vez de telas impermeabilizantes, usa-se argilas compactas (não tão eficazes).

Na Figura 3.5 encontra-se esquematizada uma Fito-ETAR de fluxo sub-superficial, um dos tipos mais comuns.

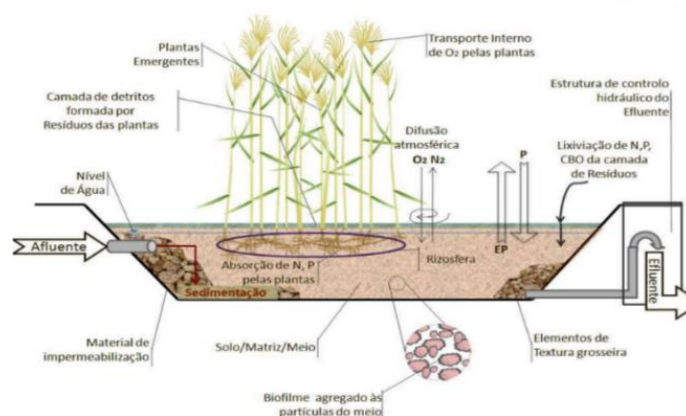


Figura 3.5 - Fito-ETAR de fluxo horizontal sub-superficial (Fonte: Tratamento, n.d.).

No Quadro 3.6 representam-se as vantagens e desvantagens da implementação de Fito-ETAR.

Quadro 3.6 - Vantagens e desvantagens das Fito-ETAR (Fonte: Cetambio (2000))

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo custo de instalação e operação (não há recursos a consumos energéticos);</li> <li>• Manutenção mínima e com custos reduzidos (só requer de análises periódicas aos efluentes e cortes ocasionais da massa vegetal);</li> <li>• Total aproveitamento do efluente tratado para fins agrícolas ou outros;</li> <li>• Não emite cheiros;</li> <li>• Boa adaptação à variação de caudais;</li> <li>• Não necessita de aditivos químicos;</li> <li>• Cumpre os parâmetros da nova Lei da Água (DL 236/98, de 1 de Agosto);</li> <li>• Boa adaptação ao clima</li> <li>• Elevada eficiência no tratamento de CBO<sub>5</sub> (carência bioquímica de oxigénio a 5 dias), sólidos em suspensão e coliformes fecais;</li> <li>• Durabilidade (podem chegar a atingir os 100 anos);</li> <li>• Bom enquadramento paisagístico e ecológico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessitam de maiores áreas que os sistemas convencionais;</li> <li>• Atingem as condições ótimas de funcionamento 2 ou 3 anos após a sua implementação.</li> </ul>

### 3.4. Soluções de armazenamento

Tendo em vista a reutilização das águas residuais tratadas, a utilização de um sistema de armazenamento de águas residuais tratadas (SAART) é aconselhado para reserva de efluentes tratados na ETAR durante o dia, que apenas serão distribuídos durante pequenos períodos do dia para diversas atividades mencionadas no capítulo seguinte (Monte & Albuquerque, 2010).

Os SAART são dimensionados para satisfação de um ou vários dos seguintes objetivos:

- Satisfação das possíveis tipologias de reutilização;
- Garantia de volumes de água para fins operacionais;
- Gestão de volumes sazonais e, eventualmente, de emergência e controlo de caudais, podendo ainda considerar-se um volume morto para deposição de matéria sólida.

Estes sistemas de armazenamento de ART podem ser classificados de acordo vários critérios. A classificação e o respetivo dimensionamento hidráulico dos reservatórios seguem as regras utilizadas para os reservatórios de armazenamento de água potável e estabelecidas no Decreto Regulamentar n.º23/95 de 23 de agosto. No Quadro 3.7 encontram-se descritas as classificações dos SAART de acordo com vários critérios.

Quadro 3.7 - – Classificação dos sistemas de armazenamento de acordo com vários critérios (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).

<b>Critério de classificação</b>	<b>Classificação</b>
Armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Em paralelo</li> <li>- Em série</li> <li>- De longa duração</li> </ul>
Funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribuição ou equilíbrio</li> <li>- Regularização de caudais e bombagens</li> <li>- Reserva para emergências</li> </ul>
Sistema de alimentação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravítico</li> <li>- Por bombagem</li> </ul>
Capacidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pequenos</li> <li>- Médios</li> <li>- Grandes</li> </ul>
Implantação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enterrados</li> <li>- Parcialmente enterrados</li> <li>- Elevados</li> </ul>
Cobertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aberto</li> <li>- Fechado com campânula móvel</li> <li>- Fechado com campânula fixa</li> </ul>
Forma em planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circular</li> <li>- Quadrangular</li> <li>- Rectangular</li> </ul>
Materiais de construção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reservatório ou tanque em betão armado</li> <li>- Reservatório ou tanque metálico</li> <li>- Lagoas em terra</li> </ul>

O armazenamento operacional consiste em garantir volumes de água para poder compensar a flutuação das solicitações horárias ao longo do dia e de dia para dia, sendo este armazenamento similar a um volante de regularização nos sistemas de distribuição de água. Para além disso, deve permitir o bom funcionamento das redes de distribuição e aplicação, a regularização do funcionamento das bombagens, o equilíbrio de cargas piezométricas e reservas para emergências (Monte & Albuquerque, 2010).

Na Figura 3.6 encontra-se um exemplo de um sistema de armazenamento, sendo possível observar-se os volumes a estimar no dimensionamento hidráulico da infraestrutura.

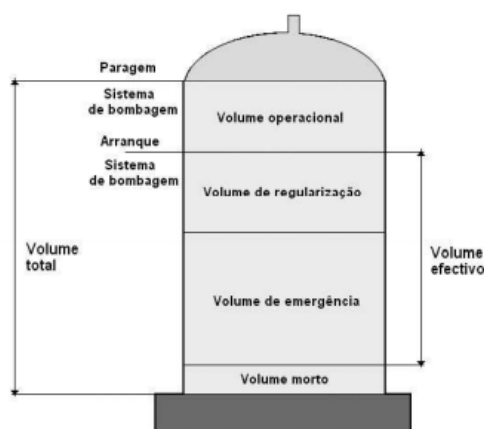


Figura 3.6 - Esquema de um sistema de armazenamento (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).



De um modo geral, os consumos de água em atividades de reutilização são mais elevados do que a média nos meses de Verão, sendo inferiores à média nos meses de inverno (Monte & Albuquerque, 2010).

Este tipo de reservatórios, por conterem águas não potáveis, devem ser fechados e devem estar devidamente sinalizados. A seleção do tipo de estrutura de armazenamento a usar (tanques em betão, metal ou lagoa de terra) depende principalmente de fatores como (Monte & Albuquerque, 2010):

- O tipo e as características do solo;
- A topografia;
- A área disponível;
- O período de armazenamenro;
- O clima;
- A localização do nível freático;
- Os períodos e frequência de utilização;
- Custos de investimento, operação e manutenção.

Por vezes na utilização destes reservatórios, geram-se alguns problemas, tais como: imobilização do efluente, perda de cloro inserido na ART para garantir a sua qualidade, entre outros, devendo ser controlados. Assim sendo, devem ser adotadas estratégias para minimizar esses problemas ou até mesmo resolver.

Desta forma, a solução mais eficaz, para os problemas mencionados anteriormente, consiste na aplicação de um sistema de arejamento, que acaba por resolver não só o problema da falta de oxigénio (mantendo as condições aeróbias), mas também o problema da estratificação térmica.

Segundo Metcalf e Eddy, (2003) existem outras técnicas para a resolução destes mesmos problemas, sendo:

- A cloragem, que controla o crescimento de microrganismos;
- A recirculação, que promove a circulação da água, evitando zonas mortas e mantendo um residual de cloro livre.

### 3.5. Soluções de reciclagem e reaproveitamento

Tal como referido anteriormente, a água pode ser reaproveitada múltiplas vezes e para vários usos, desde que seja tratada corretamente e que tenha a qualidade compatível com esses usos. Para além disso, a água utilizada deve ser economicamente viável, ambientalmente segura e aceite pela opinião pública (Monte & Albuquerque, 2010).

Em Portugal, as soluções de interesse mais prováveis para a reutilização da água (após ter sido submetida ao devido tratamento e passando a ser designada de ART) são: a rega na agricultura; a rega paisagística, incluindo-se a rega de campos de golfe (tão importante no panorama turístico e socioeconómico do país); o abastecimento de algumas indústrias, como por exemplo a têxtil e a do papel, com dimensão significativa no tecido industrial português; a recarga de aquíferos; alguns usos ambientais e paisagísticos, como a criação de lagos de recreio para preservação de habitats da vida selvagem; bem como diversos usos urbanos que não necessitam de utilizar água tratada para consumo humano, tais como lavagem de ruas, descarga de autoclismos, combate a incêndios (Monte & Albuquerque, 2010).

De modo a ser possível a aplicação das ART para as diferentes aplicações, mencionadas anteriormente, é importante ter em conta fatores a considerar na seleção da(s) aplicação(ões) a implementar. Os fatores mais importantes a considerar são (Monte & Albuquerque, 2010):

- A qualidade das ART, que depende do seu nível de tratamento;
- O tipo de tecnologia associado ao tratamento das águas residuais;
- O equilíbrio entre a procura e a oferta de água para reutilizar, ou seja, entre o volume de água necessário para determinada utilização e o volume disponível de ART;
- As infraestruturas necessárias à concretização da reutilização, tais como reservatórios de armazenamento e sistemas de transporte e distribuição;
- A sustentabilidade económico-financeira do projeto de reutilização;
- A mitigação dos impactes ambientais associados à reutilização.

No Quadro 3.8 encontram-se os principais fatores que, de um certo modo, condicionam a reutilização de ART para as diferentes aplicações.

Quadro 3.8 – Principais fatores condicionantes da reutilização de ART (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).

	Aplicação	Condicionantes
Rega agrícola	Viveiros de árvores e plantas.	Necessidade de zona tampão.
	Culturas alimentares, forragens, cereais, fibras.	Comercialização das culturas.
	Protecção contra as geadas.	Saúde pública.
	Silvicultura.	Controlo dos aerossóis e drenagem.
Rega paisagística	Campos de golfe.	Controlo da desinfecção.
	Faixas separadoras e margens de auto-estradas.	Saúde pública.
	Parques públicos.	Aceitação pública.
	Campus escolares.	Controlo dos aerossóis.
	Cemitérios.	Drenagem.
Jardins residenciais.	Ligações cruzadas com rede de água potável.	
Indústria	Água de arrefecimento.	Aerossóis. Ligações cruzadas com rede de água potável. Incrustações, corrosão, filmes biológicos.
	Lavagem de equipamento.	
	Combate contra incêndio.	
	Construção pesada.	
	Água de processo.	
Recarga de aquíferos	Reforço dos aquíferos.	Disponibilidade de locais.
	Barreira contra a intrusão.	Contaminação das águas subterrâneas.
	Salina.	Aumento do teor de SDT.
	Armazenamento.	Efeitos toxicológicos devidos a compostos orgânicos.
Usos recreativos e ambientais	Lagos e lagoas artificiais.	Eutrofização.
	Reforço do caudal de cursos de água.	Ligações cruzadas com rede de água potável.
	Reforço de zonas húmidas.	Toxicidade para a vida aquática.
	Neve artificial.	
Usos urbanos não potáveis	Descarga de autoclismos.	Ligações cruzadas com rede de água potável. Incrustações, corrosão, filmes biológicos. Aceitação pública. Saúde pública.
	Fontes e jogos de água ornamentais.	
	Lavagem de veículos.	
	Lavagem de ruas.	
	Lavagem de contentores de RSU.	
	Combate a incêndios.	
	Varrimento de colectores.	
	Fusão de neve.	
Condicionamento de ar.		

Como referido anteriormente, um dos fatores mais importantes na análise das possíveis aplicações de reutilização é a qualidade das ART, principalmente quando há que considerar impactes na saúde pública e no ambiente.

Após o tratamento das águas residuais, para serem reutilizadas com sucesso, estas têm de apresentar características de qualidade que satisfaçam a utilização pretendida, minimizando eventuais impactes ambientais adversos e minimizando os riscos para a saúde das pessoas expostas (trabalhadores dos sistemas de reutilização, utilizadores da água reutilizada, público em geral) (Monte & Albuquerque, 2010).

A qualidade pode ser conseguida pela especificação de valores para os parâmetros de qualidade das águas (turvação, coliformes fecais, etc.) – sob a forma de normas, recomendações técnicas e critérios de qualidade – em eventual conjugação com especificações de processo ou de nível de tratamento e ainda de requisitos de controlo de operação.

No Quadro 3.9 encontra-se os critérios de qualidade recomendados para o uso eficiente da ART.

Quadro 3.9 - Critérios de qualidade recomendados para reutilização de ART em Portugal (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).

	CBO <sup>a</sup>	SST	SDT	Azoto	Fósforo	Dureza	Alcalini- dade	Outros	Fe	SiO <sub>2</sub>	Turvação	Coliformes fecais	Ovos de helmintas
Unidades	(mg/L)			(mg/L P)	(mg/L CaCO <sub>3</sub> )	(mg/L)					(UNT)	(UFC/100 mL)	(n°/ L)
<b>REGA AGRÍCOLA E PAISAGÍSTICA</b>								5					
Produtos hortícolas de consumo em cru		20 – 60	640	50 <sup>a</sup> até VL	2 – 3			pH, Ce, Al, As, Ba, Be, B, Cd	5			10 <sup>b</sup>	1
Espaços verdes de contacto directo com o público								5	10	200	1		
Produtos hortícolas de consumo após processamento, pastagens, vinha, pomares								5		10 <sup>b</sup>	1		
Searas, culturas industriais, floresta e espaços verdes de acesso controlado								5	NR	10 <sup>b</sup>	1		
								Mn, Mo, Ni, Se, SO <sub>4</sub> =, V, Zn					
<b>INDÚSTRIA</b>													
<b>Uso industrial não restrito</b>													
Sistemas de arrefecimento	25	5 – 30	500 <sup>c</sup>	NR – 20					0,5	25 – 50	1 – 50	0 – 2x10 <sup>3</sup>	NR – 0,1
Caldeiras de aquecimento				0,1		0,5 – 1	100		0,01 – 1	10			
<b>Uso industrial restrito</b>													
Têxtil		0-5	100 – 200			0 – 50			0,1 – 0,3		0,3 – 5		
Papel		10 – 40	275 – 1000			100 – 200	75 – 150		0,1 – 0,3	10 – 100			
Processo e de Lavagem	-	35	-								15	10 <sup>d</sup>	
<b>RECARGA DE AQUÍFEROS</b>	20	5 – 35	ND	10 <sup>e</sup>							2	0 – 10 <sup>f</sup> **	
<b>USOS AMBIENTAIS E RECREATIVOS</b>													
Uso ambiental	20	20		2 <sup>g</sup>	3						2	ND – 75	ND
Uso recreativo restrito	30	30									2	ND – 800	ND
<b>USOS URBANOS NÃO POTÁVEIS</b>													
<b>Uso não restrito</b>	10	20											
Lavagem de ruas	10	20	-	-		-	-		-	-	10	200	1
Lavagem de veículos	10	20	-	-		-	-		-	-	10	200	1
Combate de incêndios	10		-	-		-	-		-	-	10	200	1
Descarga de autoclismos	-	10									2	0 – 10	1
Uso restrito	45	45										NDI	ND – 100 <sup>h</sup>

<sup>a</sup> Como N-NH<sub>4</sub>; <sup>b</sup> Como N-NO<sub>3</sub>; <sup>c</sup> Rega de espaços verdes de acesso condicionado; <sup>d</sup> Como N-total: 15 mg/L entre 10 000 e 100 000 e.p.; 10 mg/L para mais de 100 000 e.p.; <sup>e</sup> ver NP 4434; VL – Valor a definir caso a caso pela autoridade licenciadora; <sup>f</sup> Depende do tipo de sistema de arrefecimento; <sup>g</sup> Depende de ser por percolação ou injeção directa; ND – Não Detectável; NR – Não Requerido.

O desenvolvimento de um sistema de reutilização de ART para uma ou várias finalidades passa por diversas fases, abrangidas por enquadramentos legais e institucionais frequentemente análogos aos da implementação de outros projetos hidro-ambientais, mas também com alguns aspetos específicos, a que o atual quadro legal e institucional nem sempre dá resposta.

Com vista a permitir o desenvolvimento dos sistemas de reutilização das ART para as diversas aplicações com viabilidade em Portugal, no Quadro 3.10 estão identificadas as peças legislativas e as instituições relevantes ao longo das diversas fases de implementação.

Quadro 3.10 - Legislação comunitária e portuguesa com incidência na reutilização de ART (Fonte: Monte & Albuquerque (2010)).

Aplicação da reutilização	Incidências na reutilização	Legislação comunitária	Legislação portuguesa
<b>Rega agrícola e paisagística</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecção da saúde dos trabalhadores e dos consumidores.</li> <li>- Poluição do solo e das águas subterrâneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Directiva n.º 91/676/CEE – Nitratos.</li> <li>b) Estratégia Temática dos Pesticidas e Mercúrio.</li> <li>a) Directiva n.º 2006/118/CE – protecção das águas subterrâneas contra a poluição e deterioração.</li> <li>c) Directiva do Solo (em preparação).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto – normas, critérios e objectivos de qualidade destinadas a proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.</li> <li>b) Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de Setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 68/99, de 11 de Março – poluição das águas por nitratos de origem agrícola.</li> <li>c) Portaria n.º 258/2003, de 19 de Março – carta das zonas vulneráveis à poluição por nitratos.</li> <li>d) Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de Setembro – perímetros de protecção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público.</li> <li>e) Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de Outubro – regime de protecção das águas subterrâneas contra a poluição e deterioração.</li> </ul>
<b>Usos industriais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecção da saúde dos trabalhadores e dos consumidores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Directiva n.º 96/61/CE – Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (IPPC/PCIP).</li> <li>b) Directiva 2006/11/CE – substâncias perigosas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Decreto-Lei n.º 56/99, de 26 de Fevereiro – valores limite e objectivos de qualidade para a descarga na água e no solo de certas substâncias perigosas.</li> <li>b) Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março – complementa a transposição da DQA.</li> <li>c) Decreto-Lei n.º 173/2008, de 26 de Agosto – regime jurídico relativo à prevenção e controlo integrados da poluição (licenciamento ambiental).</li> </ul>
<b>Recarga de aquíferos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecção da saúde pública se o aquífero for usado como origem de água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Directiva 2000/60/CE – DQA.</li> <li>b) Directiva n.º 91/676/CEE – nitratos.</li> <li>c) Directiva n.º 2006/118/CE – protecção das águas subterrâneas contra a poluição e deterioração.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro – Lei da Água.</li> <li>b) Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março – complementa a transposição da DQA.</li> <li>c) Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio – regime da utilização dos recursos hídricos.</li> <li>d) Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de Setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 68/99, de 11 de Março – poluição das águas por nitratos de origem agrícola.</li> <li>e) Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de Outubro – regime de protecção das águas subterrâneas contra a poluição e deterioração.</li> </ul>
<b>Usos recreativos e ambientais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecção da saúde pública.</li> <li>- Protecção dos ecossistemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Directiva 2000/60/CE – DQA.</li> <li>b) Directiva n.º 91/271/CEE – tratamento de águas residuais urbanas.</li> <li>c) Directiva n.º 2006/7/CE – águas balneares.</li> <li>d) Directiva n.º 92/43/CEE – habitats.</li> <li>e) Directiva n.º 97/11/CE – AIA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro – Lei da Água.</li> <li>b) Decreto-Lei n.º 77/2006 de 30 de Março – complementa a transposição da DQA.</li> <li>c) Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, alterado pelos Decretos-Lei n.º 348/98, de 9 de Novembro, 261/99, de 7 de Junho, 172/2001, de 26 de Maio, 149/2004, de 22 de Junho, e 198/2008, de 8 de Outubro – tratamento de águas residuais urbanas.</li> <li>d) Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto – normas, critérios e objectivos de qualidade destinadas a proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.</li> <li>e) Decreto-Lei n.º 69/2000, de 3 de Maio, alterado pelo Decreto-Lei n.º 197/2005, de 8 de Novembro – AIA.</li> </ul>
<b>Usos urbanos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecção da saúde pública.</li> </ul>		Decreto-Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.

Tendo em conta a presente dissertação torna-se relevante a descrição dos métodos de rega e a sua aplicabilidade.

A escolha do método de rega ao utilizar ART é um fator importante para minimizar e controlar os efeitos negativos da sua aplicação, tais como a acumulação de sais na zona radicular ou mesmo a contaminação dos elementos expostos à rega (Monte & Albuquerque, 2010).

Para a rega agrícola, os principais métodos de rega utilizados são: a rega por aspersão, a rega gota-a-gota e a rega subsuperficial.

Relativamente à rega por aspersão, a água é fornecida ao solo na forma de chuva, sendo este método mais adaptado a quase todos os tipos de culturas, solos e topografias, com excepção a terrenos muito inclinados (Monte & Albuquerque, 2010).

A rega gota-a-gota, é o método de rega localizada mais conhecido, processando-se por meio de gotejadores junto das plantas, sendo a água escoada a baixa pressão (Monte & Albuquerque, 2010).

O método de rega subsuperficial, consiste na rega subterrânea, no qual a água é distribuída por tubagem enterrada, oferecendo assim maior proteção sanitária, podendo servir para rega no Verão e para drenar no Inverno (Monte & Albuquerque, 2010).

O método de rega por aspersão é medianamente eficiente, enquanto que a rega gota-a-gota e a rega subsuperficial são muito eficientes, quando devidamente projetados e adequadamente mantidos (Monte & Albuquerque, 2010).

A adequada seleção do método de rega a aplicar, estabelece uma mais valia para a diminuição de impactes ambientais e de saúde pública associados à reutilização de AR na rega agrícola. Posto isto, esta seleção depende da qualidade físico-química e microbiológica da água, do tipo de culturas, do tipo de solo, da hidrogeologia e proximidade a zonas habitacionais (Monte & Albuquerque, 2010).

Torna-se relevante a ponderação da distância a adotar entre os limites das zonas regadas (ou o local de armazenamento da ART) e as zonas habitacionais dependendo do método de rega. No Quadro 3.11, estão apresentados os afastamentos recomendados, para a utilização de ART em espaços verdes com contacto direto com o público, com o valor máximo recomendado de coliformes fecais de 200 UFC/100 ml.

No caso da existência de água de abastecimento público nas proximidades, deve ser garantido um afastamento mínimo de 100 m, de modo a respeitar a legislação em vigor (DL n.º 382/99, de 22 de Setembro) (Monte & Albuquerque, 2010).

Relativamente ao parâmetro da profundidade do nível freático que estão mencionados no Quadro 3.11, este é importante considerar durante o período de rega, tendo em conta o processo de rega utilizado, com o objetivo de não prejudicar o crescimento vertical do sistema radicular (órgão responsável pela fixação dos vegetais e pela absorção de água e sais minerais) das culturas.

Quadro 3.11 – Parâmetros a considerar durante o processo de rega (Fonte: IPQ (2005)).

Método de rega	Profundidade do nível freático (m)	Tipo de zona habitada	Distância mínima de zona habitada (m)	Distância de zonas habitadas (m)	Valores máximos para a velocidade do vento (m/s)
Rega por aspersão	3	Habitacões isoladas	30	30 a 50	2
		Zonas habitacionais	50	> 50	2,5
Outros métodos de rega	Sulcos	Habitacões isoladas e Zonas habitacionais	10 e 30, respetivamente		-
	Rega subterrânea				
	Rega gota-a-gota superficial				
	Rega gota-a-gota subterrânea				

Não menos importante é o parâmetro da velocidade do vento, principalmente quando o método de rega adotado é a aspersão (dispersão da água é feita pelo ar), podendo apresentar riscos acrescidos para a saúde pública. Assim este parâmetro acaba por minimizar esses riscos.

### 3.6. Soluções de distribuição

Os sistemas de distribuição de ART para reutilização devem ser realizados e dimensionados à semelhança de uma rede de distribuição de água para consumo humano, com base nos caudais de ponta horária, sendo os volumes de armazenamento estimados de acordo com as necessidades (Monte & Albuquerque, 2010).

As redes de distribuição de águas residuais tratadas (RDART) devem ser elaboradas com o intuito de permitirem uma utilização em função das necessidades e sem interrupções. Contudo, em aplicações em que existam restrições de época ou períodos do dia para utilização de água, as redes e suas componentes podem ser concebidas para funcionar (Monte & Albuquerque, 2010).

As RDART são redes específicas, cujo traçado é definido em função dos pontos de consumo, devem conter instrumentos de medição, com o objetivo de controlar as ART e não permitir que aconteça a utilização indevida destas redes por parte da população e a contaminação das redes de abastecimento de água para consumo humano. De referir que, nestas redes, deve haver controlo do tempo de retenção, de modo a que não haja deterioração da qualidade da água.

A identificação das tubagens da RDART deve ser clara, e no planeamento desta rede deve-se ter em conta o afastamento destas com diferentes redes existentes e a limitação de acesso à rede de distribuição de ART.

Tanto as tubagens como os acessórios das RDART devem ser claramente identificados, com designação do líquido que transporta e deverá ter uma cor distinta das tubagens de água para consumo humano (Monte & Albuquerque, 2010).

Nos EUA a cor utilizada neste tipo de redes é a cor roxa, deste modo e por uma questão de uniformização tendente à padronização, em Portugal é recomendável que também seja adotada a mesma cor para a tubagem dos sistemas de distribuição de água reutilizável (Monte & Albuquerque, 2010).

Na Figura 3.7 e Figura 3.8 estão exemplificadas o tipo de identificação que as tubagens devem ter. Como é possível observar-se, as RDART têm cor roxa, devido ao explicado anteriormente, etiquetadas com a descrição “Água reutilizada, não beber”, em lados opostos do tubo. Esta identificação serve para distinguir esta rede das restantes redes, por exemplo: redes de distribuição de água potável (azul) e gasodutos (amarelo).



*Figura 3.7 - Exemplo de identificação das tubagens de ART.*



*Figura 3.8 - Exemplo de identificação das tubagens de ART (Fonte: Urbanas, n.d.).*

Relativamente aos dispositivos de fecho de câmaras de válvulas, no sistema de abastecimento de ART, estes devem conter na superfície da tampa uma indicação gravada e diferente dos restantes dispositivos referentes a outros sistemas. De igual modo, tanto as mangueiras como as juntas de ligação, deste tipo de sistema, não podem ser utilizadas por outros sistemas.



Na Figura 3.9 encontra-se uma caixa de válvulas identificada com etiqueta, de cor roxa, relativa a um sistema de abastecimento de ART.



Figura 3.9 – Caixa de válvulas (Fonte: Catarino (2018)).

Para além do que foi referido anteriormente, acerca das tubagens da RDART, também é importante a implementação correta destas redes em relação às restantes, de modo a prevenir a contaminação das águas para consumos. Posto isto, nas RDART devem ser definidas distâncias mínimas, horizontal e vertical, entre tubagens.

Em relação às distâncias horizontais, em Portugal, poderão ser seguidos os valores de referência adotados ao estado da Califórnia (EUA), isto porque tal como referido anteriormente, deve-se ter em conta a questão da uniformização (AWWA, 2005).

Segundo AWWA, (2005) e tendo em conta o Quadro 3.12, a distância mínima horizontal entre as redes de águas reutilizadas tratadas e águas potáveis permitida e sem qualquer tipo de restrições é de 3 metros.

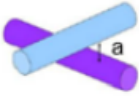
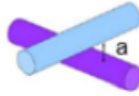

Quadro 3.12 – Distâncias mínimas horizontais entre tubagens (Fonte: AWWA (2005)).

$a < 1,20 \text{ m}$	$1,20 \text{ m} < a < 3,00 \text{ m}$	$a > 3,00 \text{ m}$
Não é permitido	Permitido, com necessidade de proteções especiais	Permitido, sem restrições

No que diz respeito à distância mínima vertical entre redes de água potável e de ART, segundo o referido no n.º 3 do Artigo 24º, do (DR 23/95, 1995), a implantação das condutas deve ser feita num plano superior ao dos coletores de águas residuais e numa distância não inferior a 1 m, de modo a garantir proteção eficaz contra possíveis contaminações, devendo ser adotadas proteções especiais em caso de impossibilidade daquela disposição.

No Quadro 3.13 podem ser observadas as distâncias verticais mínimas admissíveis entre tubagens.

Quadro 3.13 – Distâncias mínimas verticais entre tubagens (Fonte: AWWA (2005)).

ART a < 1 m abaixo da água potável	ART a ≥ 1 m abaixo da água potável
	
Permitido, com necessidade de proteções especiais	Permitido, sem restrições
	

## 4. Análise de Casos: Soluções Locais

### 4.1. Loures

O concelho de Loures, com uma área de 168 km<sup>2</sup> e cerca de 200 mil habitantes, é constituído por dez freguesias, nomeadamente: União das Freguesias de Camarate, Unhos e Apelação, União das Freguesias de Moscavide e Portela, União das Freguesias de Sacavém e Prior Velho, União das Freguesias de Santa Iria de Azóia, São João da Talha e Bobadela, União das Freguesias de Santo Antão e São Julião do Tojal, União das Freguesias de Santo António dos Cavaleiros e Frielas e freguesias de Bucelas, Fanhões, Loures e Lousa (CMLoures, Município).

Este concelho situa-se na Área Metropolitana de Lisboa, junto à margem direita do Rio Tejo, sendo delimitado pelos concelhos de Vila Franca de Xira, Arruda dos Vinhos, Mafra, Sintra, Odivelas e Lisboa. Na Figura 4.1 é ilustrada a geografia do município de Loures.



Figura 4.1 – Mapa geográfico do Município de Loures (Fonte: CMLoures (2020a)).

Este território engloba ainda duas cidades, Loures e Sacavém, seis Uniões de Freguesias e quatro Freguesias. Destas freguesias, as que se destacam, devido à sua maior dimensão, são: Bucelas com cerca de 34 km<sup>2</sup>, Loures com 32,8 km<sup>2</sup> e a União de Freguesias de Santo Antão e São Julião do Tojal com 28,6 km<sup>2</sup>. As freguesias com menor dimensão do concelho são: Moscavide e Portela, ambas com cerca de 1 km<sup>2</sup> (CMLoures, Município).

No que diz respeito ao uso e ocupação do solo no município de Loures, a maior parte do território é constituída por superfícies naturais, especificamente superfícies agrícolas (25,6%), Florestas (17,1%) e Matos (16,7%). Relativamente aos territórios artificializados, nos quais se inclui todo o tecido edificado destinado a habitação, espaços de indústria e comércio, infraestruturas e equipamentos, estes ocupam cerca de 28% do concelho (IST, 2021).

Na Figura 4.2 é representada a Cartografia do Uso e Ocupação do Solo da Direção Geral do Território.

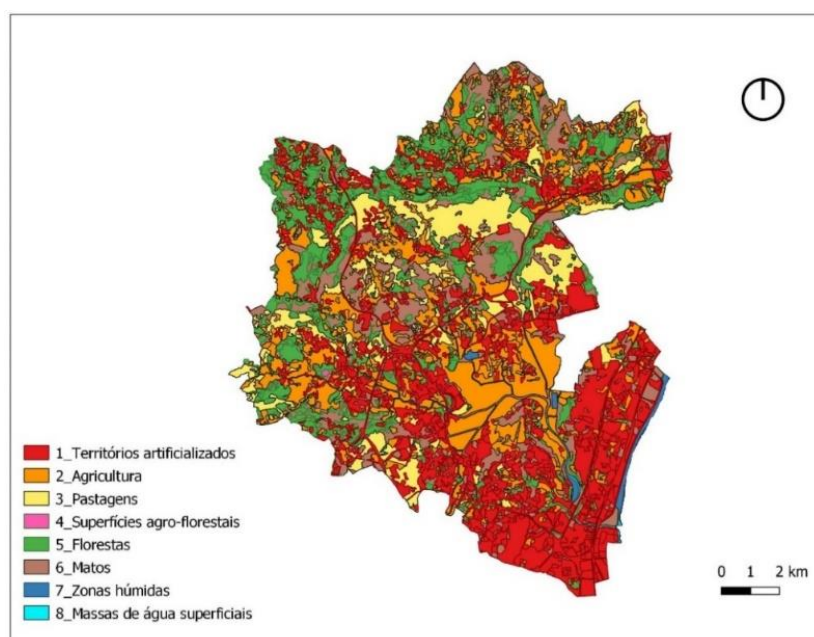


Figura 4.2 - Uso e ocupação do solo do município de Loures (Fonte: IST (2021))

Analisando a cartografia do município e segundo (IST, 2021), constata-se que a maior parte dos territórios artificiais estão concentrados na zona sul, nomeadamente nas uniões de freguesias de Moscavide e Portela; Sacavém e Prior Velho; Santa Iria de Azoia, São João da Talha e Bobadela; Camarate, Unhos e Apelação; Santo António dos Cavaleiros e Frielas; e Loures, sendo que nestas freguesias é onde se encontram a maior densidade populacional.

No Quadro 4.1 encontra-se a distribuição da densidade populacional, em cada freguesia, bem como a sua respetiva percentagem.

Quadro 4.1 – Distribuição da população residente no município de Loures por freguesia (Fonte: INE, n.d.).

Freguesia	habitantes	%
Bucelas	4663	2%
Fanhões	2801	1%
Loures	26 769	13%
Lousa	3169	2%
Santo Antão e São Julião do Tojal	8 053	4%
Santo António dos Cavaleiros e Frielas	28 052	14%
Camarate, Unhos e Apelação	34 943	18%
Santa Iria de Azóia, São João da Talha e Bobadela	44 331	22%
Sacavém e Prior Velho	24 822	12%
Moscavide e Portela	21 891	11%
<b>Concelho</b>	<b>199 494</b>	<b>100%</b>

Segundo os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), a população residente no concelho mostra, desde 2011, uma evolução crescente sendo projetado um aumento de mais de 10 mil habitantes entre 2011 e 2020 (INE, n.d.).

Através da mesma fonte, observou-se que a taxa de crescimento efetivo da população em 2020 era de 0,6%. Considerando-se constante esta taxa de crescimento, e assumindo um método geométrico<sup>3</sup>, antevê-se que a população residente no Concelho de Loures possa atingir os 230 mil habitantes em 2030 e 260 mil habitantes em 2050.

Relativamente aos intervenientes no ciclo da água no Município de Loures, destacam-se os Serviços Intermunicipalizados de Água e Resíduos de Loures e Odivelas (SIMAR), empresa que gere os sistemas de abastecimento e drenagem, e as Águas do Tejo Atlântico, S.A. que gerem os sistemas de transporte e de tratamento das águas residuais (IST, 2021).

No Quadro 4.2 encontram-se as empresas intervenientes no ciclo da água de Loures bem como as suas atividades.

*Quadro 4.2 – Empresas intervenientes no ciclo da água de Loures (Fonte: IST (2021))*

<b>Empresas</b>	<b>Atividades</b>
Serviços Intermunicipalizados de Água e Resíduos de Loures e Odivelas (SIMAR) <sup>4</sup>	Tratamento e distribuição de água para consumo
	Drenagem de águas residuais
	Gestão e manutenção das infraestruturas de abastecimento e de drenagem
Águas do Tejo Atlântico, S.A.	Transporte e tratamento de águas residuais
	Gestão das infraestruturas de drenagem “em alta” (emissários, interceptores, estações elevatórias e ETAR)

As empresas referidas operam em conjunto com a Câmara Municipal de Loures. Esta desempenha um importante papel em todos os domínios do ciclo da água do município (IST, 2021).

No Quadro 4.3 descreve-se as atividades que as empresas municipais produzem em Loures.

*Quadro 4.3 – Empresas Municipais intervenientes no ciclo da água de Loures (Fonte: IST (2021))*

<b>Empresa Municipal</b>	<b>Atividades</b>
CMLoures	Gestão das Linhas de água e de riscos e rega de espaços verdes (parques urbanos) Gestão de equipamentos sociais (piscinas) por parte da GesLoures
Juntas de Freguesia	Limpeza (Lavagem) de espaços públicos e rega de espaços verdes

<sup>3</sup> Método mencionado e descrito no Anexo II.

<sup>4</sup> Importante referir que a maioria da água fornecida à população de Loures é proveniente do sistema adutor da Empresas Portuguesas das Águas Livres (EPAL), que é adquirida e posteriormente distribuída pela população pelos SIMAR. Para além disso, este abastecimento é complementado com água captada e tratada localmente pelos próprios SIMAR.

Posto isto, é relevante referir todos os consumidores, no Quadro 4.4 estão mencionados todos os consumidores do Município bem como o seu papel no ciclo da água.

*Quadro 4.4 – Consumidores intervenientes no ciclo da água de Loures (Fonte: IST (2021))*

<b>Consumidores</b>	<b>Papel / Interesse no ciclo da água</b>
Residenciais	Consumo doméstico (atividades do dia-a-dia)
Trabalhadores	Consumo nos espaços de trabalho
Visitantes/turistas	Consumo temporário (estadia, restauração)
Comércio e indústria	Consumo para atividades de funcionamento e dos trabalhadores
Agricultura	Rega (hidroagrícola)
Instituições e Associações	Consumo para atividades diárias e utentes e trabalhadores
Escolas	Consumo para atividades diárias e utentes e trabalhadores

Como referido anteriormente, os SIMAR são responsáveis pelo abastecimento público de água potável, sendo este composto pela adução, distribuição e reservas.

Tendo em conta as exigências crescentes dos consumidores, o Município tem investido, na última década, no aumento da rede de abastecimento de água aumentando a sua cobertura, verificando-se atualmente uma taxa de cobertura de 100%. Além disso, o Município tem como principal objetivo aumentar a capacidade de reserva da água de modo a ser possível garantir, em caso de rotura no abastecimento por parte dos fornecedores, uma melhor resposta aos clientes (IST, 2021).

Sabe-se que os SIMAR servem uma área de 194 km<sup>2</sup>, sendo 167 km<sup>2</sup> dessa área correspondentes ao território de Loures. A rede de distribuição teve um aumento de aproximadamente 100km em relação ao ano de 2019 enquanto que a de adução teve um aumento de 25,07 km (Administração, 2020).

No Quadro 4.5 encontra-se a evolução do cadastro de infraestruturas de água.

*Quadro 4.5 – Evolução do cadastro de infraestruturas de água em Loures (Fonte: Administração (2020))*

<b>Rede de abastecimento de água</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>Varição</b>
Rede adutora (km)	87,6	112,7	25,07 km
Rede distribuidora (km)	1370,26	1470,21	100 km
Ramais de ligação aos edifícios (n.º)	15001	16086	1085 ramais

Segundo informação reportada pelos SIMAR, a água total distribuída no Concelho de Loures em 2020 foi de cerca de 18,6 milhões de m<sup>3</sup>/ano correspondendo a um aumento de 4,3% face ao ano de 2019 (17,8 milhões de m<sup>3</sup>/ano).

Segundo Administração, (2020), estima-se que 1% do volume de água faturado se destine à rega dos espaços verdes existentes no Concelho de Loures.

Na Figura 4.3 é apresentada a distribuição dos consumos, por tipo de utilizador, constatando-se que a maior parte da água distribuída é destinada ao consumo doméstico (>70%).

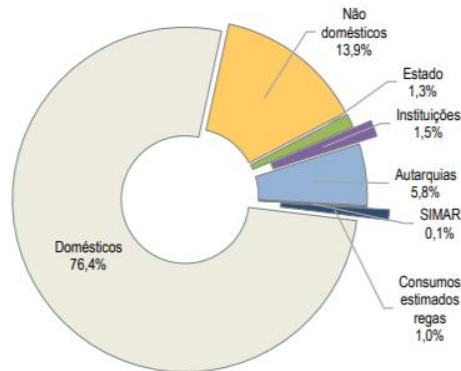


Figura 4.3 - Distribuição dos consumos de água no Concelho de Loure (Fonte: Administração (2020)).

Como é possível observar-se na Figura 4.3, estima-se que 1% do volume de água faturado se destine à rega dos espaços verdes que existem no concelho.

Segundo a Figura 4.4 verifica-se que aproximadamente 30% da água distribuída pelos SIMAR, de acordo com a própria entidade, são perdas.

Balço Hidrico de 2020 dos SIMAR						
Água entrada no sistema 29.074.073 [m3/ano]	Consumo autorizado 20.368.328 [m3/ano] 70,06%	Consumo autorizado faturado 18.586.956 [m3/ano] 91,25%	Consumo faturado medido 18.406.985 [m3/ano]	Água faturada 18.586.956 [m3/ano] 63,93%		
			Consumo faturado não medido 179.971 [m3/ano]			
	Perdas de água 8.705.745 [m3/ano] 29,94%	Consumo autorizado não faturado 1.781.372 [m3/ano] 8,75%		Consumo não faturado medido 236 [m3/ano]	Água não faturada (perdas comerciais) 10.487.117 [m3/ano] 36,07%	
				Consumo não faturado não medido 1.781.136 [m3/ano]		
		Perdas reais 7.500.356 [m3/ano] 86,15%	Perdas aparentes 1.205.389 [m3/ano] 13,85%	Perdas de água por erros de medição 1.104.419 [m3/ano]		
				Perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento Não aplicável [m3/ano]		
				Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição 2.625.125 [m3/ano]		
				Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição 375.018 [m3/ano]		
			Fugas nos ramais 4.500.214 [m3/ano]			

Figura 4.4 - Balço hídrico em 2020 no concelho de Loures (Fonte: Administração (2020)).

## 4.2. Santa Iria de Azóia (zona de estudo)

A crescente pressão sobre as massas de água e a ocorrência de períodos de escassez hídrica, com alturas de seca prolongada, vêm reforçar a necessidade de procurar alternativas ambientalmente mais adequadas e financeiramente atrativas. Simultaneamente, algumas entidades de gestão municipal e de foco concentrado no ambiente e na sustentabilidade pretendem investir e aperfeiçoar medidas que beneficiem uma economia circular de valorização e proteção ambiental.

O presente caso de estudo tem como principal objetivo analisar três opções de tratamento de águas residuais domésticas de modo a ser possível a sua reutilização, numa zona de elevada densidade populacional, promovendo o fecho do ciclo urbano da água e possibilitando, desta forma, a circularidade da água. Este estudo visa explorar qual a opção mais vantajosa, não só através de uma análise de viabilidade económica mas também através da análise do seu contributo sustentável.

Consequentemente, foram implementadas, para as várias opções, soluções de drenagem e tratamento de águas residuais domésticas bem como soluções de armazenamento, quando necessário, dessas mesmas águas após o seu tratamento.

Importante referir que no caso das soluções de drenagem, apesar de já existirem redes de drenagem de águas residuais na área a intervir, na presente dissertação, em termos investigacionais, assumiu-se que não existiam.

Na Figura 4.5 encontra-se ilustrada a zona de estudo onde serão implementadas as opções de estudo.



Figura 4.5 - Localização da Zona de estudo.



A zona de estudo está inserida na freguesia de Santa Iria de Azóia, pertencente ao concelho de Loures, e tem cerca de 1,66 km<sup>2</sup> de área. No que toca ao uso e ocupação do solo, nesta zona, a maior parte do território composta por territórios artificializados, nos quais se insere todo o tecido edificado relativo a habitações, espaço de indústria e equipamentos.

Comparativamente, identifica-se que nesta zona a parte das superfícies naturais, especialmente superfícies agrícolas e matos, correspondem a uma área bastante significativa, pelo que torna-se viável a prática da reutilização de ART (rega de espaços verdes) na área de intervenção.

No Anexo I.1 encontra-se a representação da área de intervenção e a ilustração do uso e ocupação do solo da mesma.

A primeira opção consiste na criação de soluções que consideram toda a população residente da zona de estudo, sendo esta uma solução mais tradicional. As soluções adotadas na primeira opção, para o tratamento da água residual doméstica, correspondem à execução dos seguintes trabalhos:

- Execução de 11,84 km de coletores gravíticos domésticos em PVC corrugado, SN8, dos quais 11,65 km serão em DN 200 e 0,19 km em DN 250;
- Execução de uma ETAR tradicional de 811,22 m<sup>2</sup> de área com capacidade para 5000 utilizadores (população equivalente) com as seguintes características:
  - Tratamento Preliminar e Equalização: Receção e medição do caudal afluente à ETAR, Gradagem grossa e Tamisagem, Desarenamento/desengorduramento, Equalização;
  - Tratamento Secundário: Reactores biológicos e Decantação secundária
  - Tratamento Terciário: Filtração em areia, Desinfecção UV;
  - Tratamento de Lamas: Espessamento gravítico das lamas biológicas, Desidratação mecânica por centrifugação, Armazenamento de Lamas;
  - Tratamento da fase gasosa: Desodorização através do processo de lavagem química.
- Execução de um reservatório de armazenamento de ART com capacidade para 1 432,39 m<sup>3</sup>/dia (caudal de água depurada assumindo que o caudal de AR afluente à ETAR corresponda à soma do caudal médio diário com o caudal infiltrado).

Na Figura 4.6 encontra-se ilustrada as soluções adotadas na opção 1, sendo que no Anexo I.2 é possível visualizar-se com maior precisão.



Figura 4.6 - Ilustração da opção 1.

No que diz respeito à segunda opção, esta representa a divisão da zona residencial, em sete zonas que serão exploradas tendo em conta a população servida em cada uma delas. As soluções criadas na segunda opção consistem na execução dos seguintes trabalhos:

- Zona 1:
  - Execução de 2,57 km de coletores gravíticos domésticos em PVC corrugado, SN8 e DN 200, para cada uma das zonas;
  - Execução de uma ETAR compacta com capacidade para 750 utilizadores (população equivalente) e caudal máximo de água depurada de 112 500 l/dia.
- Zona 2:
  - Execução de 1,39 km de coletores gravíticos domésticos em PVC corrugado, SN8 e DN 200, para cada uma das zonas;
  - Execução de uma ETAR compacta com capacidade para 750 utilizadores (população equivalente) e caudal máximo de água depurada de 112 500 l/dia.
- Zona 3:
  - Execução de 1,01 km de coletores gravíticos domésticos em PVC corrugado, SN8 e DN 200, para cada uma das zonas;
  - Execução de duas ETAR compactas, uma com capacidade para 500 utilizadores (população equivalente) e caudal máximo de água depurada de 75 000 l/dia, a outra com capacidade para 750 utilizadores (população equivalente) e caudal máximo de água depurada de 112 500 l/dia.
- Zona 4:
  - Execução de 1,53 km de coletores gravíticos domésticos em PVC corrugado, SN8 e DN 200, para cada uma das zonas;
  - Execução de uma ETAR compacta com capacidade para 500 utilizadores (população equivalente) e caudal máximo de água depurada de 75 000 l/dia.
- Zona 5:
  - Execução de 1,45 km de coletores gravíticos domésticos em PVC corrugado, SN8 e DN 200, para cada uma das zonas;
  - Execução de uma ETAR compacta com capacidade para 600 utilizadores (população equivalente) e caudal máximo de água depurada de 90 000 l/dia.
- Zona 6:
  - Execução de 1,49 km de coletores gravíticos domésticos em PVC corrugado, SN8 e DN 200, para cada uma das zonas;
  - Execução de duas ETAR compactas com capacidade 500 utilizadores (população equivalente) e caudal máximo de água depurada de 75 000 l/dia.
- Zona 7:
  - Execução de 1,28 km de coletores gravíticos domésticos em PVC corrugado, SN8 e DN 200, para cada uma das zonas;
  - Execução de uma ETAR compacta com capacidade para 600 utilizadores (população equivalente) e caudal máximo de água depurada de 90 000 l/dia.

Na Figura 4.7 encontra-se ilustrada as soluções adotadas na opção 2, sendo que no Anexo I.3 é possível visualizar-se com maior precisão.

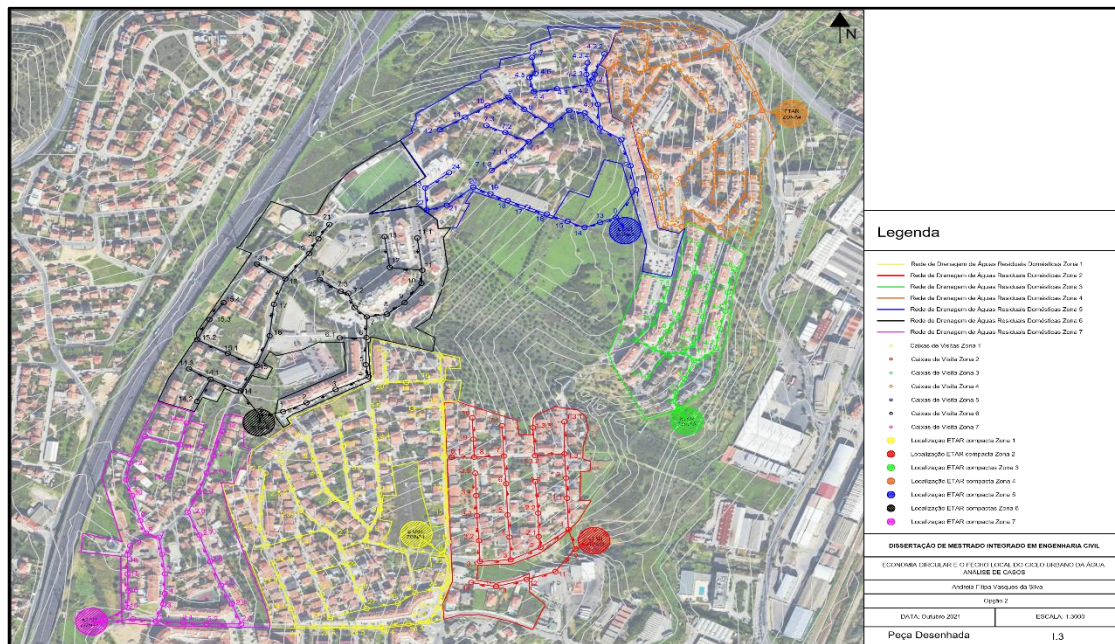


Figura 4.7 - Ilustração da opção 2.

Por último, a terceira opção será analisada à micro-escala, tendo sido criada uma área de intervenção mais pequena e pertencente à zona de estudo, e consiste na separação das águas cinzentas/saponáceas que, por se tratarem de águas provenientes de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavandaria e lava-loiças de cozinha, necessitam de um tratamento mais simples, do que as águas negras que contêm maiores níveis de matéria orgânica devido à existência de urina, fezes e papel higiênico, necessitando de um tratamento mais aprofundado. Importa referir que, esta opção foi analisada para a população referente a 6 prédios com 3 pisos e rés-do-chão, tendo cada piso dois apartamentos, o que equivale a 160 habitantes.

As soluções criadas nesta terceira opção compreendem a execução dos seguintes trabalhos:

- Execução de 0,03 km de coletores gravíticos domésticos em PVC corrugado, SN8 e DN 200.
- Execução de uma estação depuradora de águas saponáceas domésticas de baixa contaminação, com capacidade para 160 utilizadores (população equivalente);
- Execução de uma Fito ETAR com capacidade 160 utilizadores.

Na Figura 4.8 encontra-se ilustrada as soluções adotadas na opção 3, sendo que no Anexo I.4 é possível visualizar-se com maior precisão.

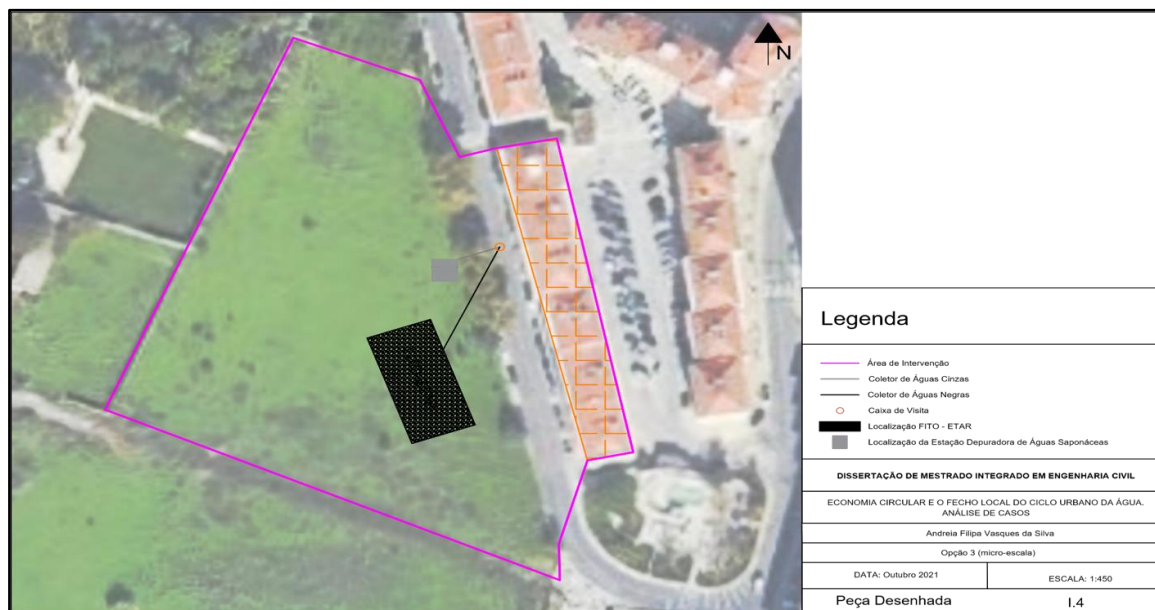


Figura 4.8 – Ilustração da opção 3.

Após a descrição das três opções propostas, seguem-se, os dados base, designadamente os dados demográficos e a estimativa de caudais de dimensionamento, que serviram de fundamento à definição das soluções apresentadas para cada uma das opções definidas.

Primeiramente, estimou-se a população servida na área de intervenção, tendo sido utilizado dados do Instituto Nacional de Estatísticas (INE), e constatou-se que em 2011, na união das freguesias de Santa Iria de Azóia, São João da Talha e Bobadela, a população residente era de 44 331 habitantes enquanto que para 2021 a população residente na união era de 44 844 habitantes.

Assim sendo, verifica-se que nos últimos 10 anos houve um aumento de apenas 153 habitantes na mesma região. Considerando o referido no capítulo anterior, esta união de freguesias corresponde a 22% da população residente em Loures. Após estimativa, estipulou-se, através do método das percentagens, que 9% dos 22% pertencia à freguesia de Santa Iria de Azóia. Logo, dos 153 habitantes, 63 deles inseriram-se na freguesia de Santa Iria de Azóia.

Posto isto, e segundo o INE, a população residente em Santa Iria de Azóia em 2011 foi de 18 240, que somando os 63 habitantes, corresponde a 18 303 habitantes em 2021.

Para a área de intervenção a população no ano de 2021, ano correspondente ao ano 0 de projeto, é de 4 019 habitantes. Através do método geométrico, e com uma taxa de crescimento de 0,5% (menos 0,01% do que no ano 2020 para Loures) prevê-se que em 2061 (ano horizonte de projeto) a população atinja os 5 000 habitantes na área a intervir.

Para estimativa dos caudais consumidos na área de intervenção, considerou-se uma capitação de abastecimento de água de 180 l/hab.dia. Este valor será multiplicado por um fator de afluência de 0,8, valor mais adequado para este tipo de aglomerado, de modo a obter-se a capitação da água residual prevista.

Assim, considera-se que o caudal médio de águas residuais domésticas representa um valor total de 80% do caudal médio anual previsível para o abastecimento de água, o que corresponde a um valor de capitação de água residual proposto de 144 l/hab.dia.

No Anexo II encontra-se os critérios para a determinação do caudal de dimensionamento previsto para o ano horizonte de projeto e ano 0.

No Quadro 4.6 apresentam-se os resultados dos caudais de dimensionamento da área de intervenção (auxiliares na implementação da opção 1).

*Quadro 4.6 - Caudais de dimensionamento da zona a intervir*

Ano	População (hab)	Capitação (l/(hab.dia))	Q <sub>md</sub> (m <sup>3</sup> /d)	Q <sub>prec.inf</sub> (m <sup>3</sup> /d)	f <sub>p</sub> (-)	Q <sub>ponta</sub> (m <sup>3</sup> /d)
0	4 019	144	578,71	578,71	2,45	1 995
HP	5 000	144	720,00	720,00	2,35	2 411

Visto que a segunda opção consiste na divisão da área a intervir em zonas, foi necessário dividir não só a população mas também o caudal da área de intervenção pelas sete zonas, tanto para o ano 0 como para o ano horizonte de projeto.

Esta divisão foi feita tendo em conta a seguinte distribuição mencionada no Quadro 4.7:

*Quadro 4.7 - Número de habitantes por edifício*

Descrição Edifício	Habitantes	Apartamentos/Piso
Vivendas de áreas maiores	4 - 5	-
Vivendas de áreas menores	2 - 3	-
Prédios de 2 andares	2 - 3	2
Prédios de 2 andares e RC	2 - 3	2
Prédios de 3 andares	2 - 3	2
Prédios de 3 andares e RC	2 - 3	2 - 3
Prédios de 4 andares	3 - 4	2 - 3
Prédios de 4 andares e RC	3 - 4	2 - 3
Prédios de 5 andares	3 - 4	2 - 3
Prédios de 5 andares e RC	3 - 4	2 - 3
Prédios de 6 andares	3 - 4	2 - 3
Prédios de 6 andares e RC	3 - 4	2 - 3
Prédios de 7 andares	3 - 4	2 - 3
Prédios de 7 andares e RC	3 - 4	2 - 3
Prédios de 8 andares	3 - 4	2 - 3

Deste modo, no Quadro 4.8 apresentam-se as estimativas da população e caudal médio diário para cada zona, tanto para o ano 0 como para o ano HP.

*Quadro 4.8 - Estimativa da população e do caudal médio diário para cada zona*

Zona	Área (km <sup>2</sup> )	Ano	Pop (hab)	Q <sub>md</sub> (m <sup>3</sup> /dia)
1	0,12	0	602	86,69
		HP	735	105,83
2	0,06	0	495	71,28
		HP	604	87,02
3	0,04	0	988	142,27
		HP	1206	173,68
4	0,07	0	400	57,60
		HP	418	60,19
5	0,09	0	295	42,48
		HP	524	75,46
6	0,11	0	804	115,78
		HP	982	141,34
7	0,07	0	435	62,64
		HP	531	76,47

A terceira opção de estudo, tal como referido anteriormente, é uma solução à micro-escala pelo que a população e o caudal médio diário estimado para esta opção está apresentada no Quadro 4.9. De referir que assumiu-se que 80% da água residual seria referente às águas cinzentas, enquanto que 20% eram águas negras.

*Quadro 4.9 - População e caudal médio diário estimado para a opção à micro-escala (opção 3)*

Ano	Tipo de águas	Pop (hab)	Q <sub>md</sub> (m <sup>3</sup> /dia)
0	Cinzentas	90	10,38
	Negras		2,59
HP	Cinzentas	160	18,43
	Negras		4,61

Apesar de o propósito do caso de estudo não ser o dimensionamento dos equipamentos (tubagem, ETAR, reservatório de armazenamento) auxiliares ao tratamento das águas residuais domésticas, efetuou-se este passo. Assim sendo, a escolha do diâmetro das tubagens a usar na rede de drenagem de ART, para as três opções, foi determinado tendo em conta as restrições enumeradas de seguida:

- As velocidades de escoamento para assegurar o perfeito funcionamento dos órgãos de transporte de águas residuais domésticas deverão ser limitadas. Assim, a velocidade mínima de escoamento será de 0,60 m/s e a velocidade máxima, limitada a 3,00 m/s;
- Diâmetro nominal mínimo admitido nas águas residuais é de 200 mm.

Desta forma e a partir das velocidades citadas e dos caudais de dimensionamento, para o ano 0 e horizonte de projeto, deduziu-se o intervalo de diâmetros viáveis, através da equação (1).

$$Q = v \times S \wedge S = \pi \times \frac{D^2}{4} \rightarrow D = \left( \frac{4 \times Q_{dim}}{\pi \times v} \right)^{0,5} \quad (1)$$

em que D representa o diâmetro das tubagens,  $Q_{dim}$  o caudal de dimensionamento e v a velocidade de escoamento.

Para a primeira opção, e tendo em conta o referido acima, os diâmetros estimados para as tubagens foram, tanto para o ano 0 como para o ano HP, de:

- DN 200 para 11,65 km de tubagem e DN 250 para 0,19 km.

Tanto para a segunda como para a terceira opções foi realizado o mesmo método para a determinação do diâmetro das tubagens. Como os caudais de dimensionamento são bastante pequenos, os diâmetros para ambas as opções não passaram os 200 mm, diâmetro mínimo admissível.

No Anexo III encontram-se os dimensionamentos das tubagens de algumas zonas da opção 2, de modo a demonstrar que o diâmetro adotado para as soluções está correto.

De notar que para ambas as opções estudadas, tratando-se de redes com pequenos caudais afluentes, a inclinação mínima necessária para verificar a velocidade mínima nas redes iria conduzir a profundidades muito elevadas, pelo que optou-se por não garantir essa velocidade.

Assim, será necessário prever uma manutenção mais cuidada, onde se deverá proceder a descargas periódicas de água na câmara de visita mais a montante, para varrimento do caudal sólido sedimentado devido ao défice de poder de transporte do escoamento nos coletores, conforme previsto no RGSPDADAR.

Verifica-se, ainda que, para os caudais em causa, as velocidades máximas estão dentro dos valores limite.

Esta informação é relevante, na medida em que os custos associados a esta manutenção serão importantes para a realização da análise da viabilidade económica (capítulo 5.1.).

De modo a ser possível a determinação do contributo sustentável para as três opções (analisado no capítulo 5.2.) é necessário estudar, apenas em termos quantitativos, a necessidade hídrica da zona a intervir, isto porque é admitido que, em termos qualitativos, a água a utilizar respeita a classificação da NP 4434:2005.

Posto isto, é importante referir que a análise será realizada somente para os meses de verão (150 dias), uma vez que é no verão que ocorre os maiores períodos de seca, sendo as necessidades hídricas superiores.

Sabendo que na área de intervenção o caudal necessário para rega, nos meses de verão, é de 3,5 l/m<sup>2</sup>/dia e para lavagem de ruas é de 0,017 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia, valores retirados de (IST, 2021), estimou-se que para a zona de estudo eram necessários 2 688,71 m<sup>3</sup>/dia e 1 734,88 m<sup>3</sup>/dia, respetivamente.

Considerando que o verão corresponde a 150 dias, serão necessários, para satisfazer as necessidades hídricas, 403 306,42 m<sup>3</sup> para a rega e 34 697,65 m<sup>3</sup> para a lavagem de ruas. De referir que no caso da lavagem de ruas assumiu-se que as ruas seriam lavadas uma vez por semana durante a época do verão (20 dias).

Sendo assim, o volume total necessário de água depurada para reutilizar em rega e lavagem de ruas, na zona a intervir, é de 438 004, 06 m<sup>3</sup>.

No Anexo IV encontra-se apresentada as necessidades hídricas da zona a intervir.



## 5. Análise de Viabilidade

### 5.1. Económica

A reutilização de ART proveniente das três opções, descritas no capítulo anterior, incluem a construção e implantação de infraestruturas, equipamentos e encargos relacionados com a sua construção, operação e manutenção. Deste modo, é necessário uma apreciação económica do projeto a implementar em cada uma das situações.

A análise da viabilidade económica consiste num estudo sobre os Cash Flows de um determinado empreendimento de modo a determinar se esse empreendimento é economicamente viável, ou seja se compensa investir ou não nesse empreendimento.

Assim sendo, para o caso de estudo, a análise será realizada para as três opções, de modo a comparar qual a mais vantajosa em termos económicos. Esta comparação, será feita, numa primeira fase, pelo método contabilístico que envolve Cash Flows criados pelos custos e pelas receitas e, numa segunda fase, pela análise económica com auxílio à ferramenta TIR do *software* Excel, e por fim verificar qual o ponto em que existe um *break even*<sup>5</sup> do investimento.

Esta análise, visto tratar-se de um investimento bastante elevado em termos económicos, não pode ser feita apenas para um tempo reduzido. Como tal, considerando a vida útil média dos componentes que integram as infraestruturas das opções, e tendo em conta o cumprimento dos planos de manutenção e condições normais de operação, decidiu-se que a análise seria realizada em 25 anos.

Para além disso, nesta análise desprezou-se o efeito da inflação, considerando-se uma taxa de atualização real com Cash Flows a preços constantes. A taxa de atualização utilizada neste estudo foi de 6% (Mendes, 2011).

Os custos considerados englobam todos os custos de construção, manutenção e operação das infraestruturas previstas para cada uma das opções, excluindo os custos fixos para qualquer uma das opções, como por exemplo, investimentos iniciais com o sistema de rega de espaço paisagísticos e lavagem de ruas, bem como a manutenção que lhes está associada.

Nos custos de construção, os preços unitários utilizados, são preços compostos e resultaram de consultas de mercado:

- Guia Técnico de custos de construção de infraestruturas associadas ao ciclo urbano da água da ERSAR, complementado pela aplicação informática que lhe está associada (Covas et al., 2018)
- Gerador de Preços, do *software* CYPE Orçamentação (CYPE, 2010);
- Preços estimados, com recurso ao método das percentagens;

---

<sup>5</sup> Segundo o Portal de Gestão, muitos gestores tomam decisões com base neste indicador. O ponto break even é o momento a partir do qual um projeto de investimento gera fluxos de caixa suficientes para justificar a sua existência. Ou seja, é a partir do momento em que se atinge o break even que um projeto começa a ser rentável. Este indicador corresponde ao ponto de equilíbrio.

- Preços unitários fornecidos por empresas consultadas.

Relativamente à ETAR tradicional (opção 1), o custo de construção foi estimado em função de valores de construção de infraestrutura com características de tratamento adequadas à ETAR a dimensionar, sendo a ETAR de referência a ETAR de Faro - Olhão.

No Anexo V encontra-se a tabela de custos de construção para a zona 2 da opção 2.

Para o cálculo dos custos de operação, estes envolvem todos os custos relacionados com o funcionamento das instalações, excluindo os custos de manutenção. Os custos a incluir são relativos a:

- Gastos resultantes do consumo de água e taxa de saneamento (€/m<sup>3</sup>) para as redes de drenagem de águas residuais domésticas;
- Energia consumida pelas estações de bombeamento e tratamento (€/kWh).

Os custos associados à taxa de saneamento, adotados na presente dissertação, estão relacionados com o consumo de água, sendo que para a zona de Loures, a taxa de variável aplica-se não à totalidade da água consumida, mas sim a 90% desta.

Estes custos são calculados com base em taxas e tarifas definidas pelas empresas municipais de água e saneamento. Como referido no capítulo anterior, a empresa SIMAR é a responsável por estes custos. Na Quadro 5.1 encontram-se as tarifas praticadas pela empresa.

Quadro 5.1 - Tarifas praticadas pela SIMAR (Fonte: Tarifario\_2020, n.d.)

Serviço		Preço	
Água	Tarifa variável (água faturada) (€/m <sup>3</sup> )	1.º Escalão (até 5 m <sup>3</sup> )	0,54
		2.º Escalão (> 5 a 15 m <sup>3</sup> )	1,25
		3.º Escalão (>15 a 25 m <sup>3</sup> )	1,78
		4.º Escalão (> de 25 m <sup>3</sup> )	3,36
Saneamento	Tarifa variável dos efluentes domésticos (€/m <sup>3</sup> de 90% da água consumida para o 2.º Escalão)	1,13	

Para o cálculo destes custos de operação, considerou-se o 2.º Escalão de consumo da SIMAR o que levou à correspondente taxa de saneamento de 1,13 €/m<sup>3</sup>.

Relativamente aos consumos de energia assumidos nas estação de tratamento:

- Na opção 1, com auxílio do Guia Técnico 24 da ERSAR (Santos et al., 2018), estimou-se:

Quadro.5.2 - Consumos de energia e Energia anual consumida para cada zona

Consumo energia no tratamento preliminar (kWh/m <sup>3</sup> )	0,11
Consumo energia no tratamento secundário (kWh/m <sup>3</sup> )	0,72
Consumo energia no tratamento terciário (kWh/m <sup>3</sup> )	0,14
Consumo energia no tratamento lamas (kWh/m <sup>3</sup> )	0,21
Consumo energia bombeamento (kWh/m <sup>3</sup> )	0,23
Consumo energia na ETAR (kWh/m <sup>3</sup> )	1,41

Tendo em conta que nesta opção o volume anual de águas residuais a tratar é de 262 800,00 m<sup>3</sup>, concluiu-se que a energia anual consumida pela ETAR seria de 371 011,76 kWh.

- Na opção 2, tratando-se de ETAR compactas escolhidas apartir do Gerador de Preços, e visto não haver valores de referência sobre os consumos de energia deste tipo de infraestruturas no *software* CYPE Orçamentação, assumiu-se que para a ETAR compacta, com maior capacidade utilizada nesta opção, os consumos de energia seriam de 7,74 kWh/m<sup>3</sup> (Mendes, 2011). Para as restantes ETAR compactas estimou-se os consumos através do método das percentagens, obtendo-se valores aproximados do real.

*Quadro 5.3 - Consumos de energia e Energia anual consumida para cada zona*

Zona	Capacidade na ETAR compacta (hab)	Consumo de energia (kWh/m <sup>3</sup> )	Volume anual de AR a tratar (m <sup>3</sup> )	Energia anual consumida pelas ETAR compactas (kWh)
1	750	7,74	38627,30	298975,28
2	750	7,74	31761,65	245835,15
3	750	7,74	63394,97	408897,53
	500	5,16		
4	500	5,16	21970,08	113365,61
5	600	6,19	27541,44	170536,60
6	500	5,16	51588,62	266197,26
	500	5,16		
7	600	6,19	27911,75	172829,56

- Por último, na opção 3, e com auxílio do mesmo Guia Técnico utilizado (Santos et al., 2018) na opção 1 determinou-se:

*Quadro 5.4 - Consumos de energia e Energia anual consumida para cada tipo de água*

Tipo de águas	Consumo de energia (kWh/m <sup>3</sup> )	Volume anual de AR a tratar (m <sup>3</sup> )	Energia anual consumida pelos tratamentos de cada tipo de água (kWh)
Cinzentas	4,72	6727,68	31754,65
Negras	0,85	1681,92	1429,63

No que diz respeito ao custo médio de energia elétrica, foi assumido o valor de 0,0786 €/kWh, tarifa simples (EDP, 2019) para ambas as opções de modo a obter-se o custo total de operação.

No Anexo V encontram-se os custos de operação para a zona 2 da opção 2.

No cálculo dos custos de manutenção, são incluídos os encargos referentes à conservação das infraestruturas, nomeadamente, mão-de-obra, materiais, equipamentos, acessórios e transportes, sendo suportados pelas entidades gestoras durante todo o período de funcionamento da infraestrutura..

As tubagens, elementos da rede de drenagem, são constituídas por um material menos reforçado, material este que requer mais inspeção, devido à eventual facilidade de falha durante a sua utilização. Assim, para as redes de drenagem, a manutenção foi dividida em “manutenção leve”, que corresponde à manutenção regular, e “manutenção pesada” que engloba, por exemplo, substituições de equipamentos ou troços da rede, desentupimentos, manutenção especializada, entre outros, que exigem maiores custos.

Para a quantificação da manutenção, dita “leve”, dos elementos constituintes das redes de drenagem de águas residuais domésticas, recorreu-se também ao Gerador de Preços do CYPE.

Relativamente a equipamentos de maiores dimensões, que é o caso da ETAR tradicional e do reservatório de armazenamento de ART da opção 1, a quantificação dos custos de manutenção exigem informação que, em geral, não se encontra disponível, tendo sido, nestes casos, utilizado o critério das percentagens. Este critério, estima e admite que a manutenção corresponde a uma determinada percentagem dos custos de construção. As percentagens passíveis de serem usadas são (Mendes, 2011):

- Obras de construção civil: 2%
- Equipamentos electromecânicos (bombas): 2,5 a 7%
- Reservatórios: 0,2 a 1%
- Estações de tratamento: 3 a 8%

Por conseguinte, para os elementos referido acima, a percentagem admitida para a ETAR foi de 5% enquanto que para o reservatório foi de 1%.

Importante mencionar que para a opção 3, utilizou-se para os custos de manutenção 5% (estações de tratamento) dos custos de construção, isto porque ao serem utilizados os valores referentes ao Gerador de Preços do CYPE constatou-se que a manutenção apresentava um valor bastante elevado (valor irreal).

No Anexo V encontram-se as tabelas representativas dos custos de manutenção da zona 2 da opção 2.

Com a obtenção dos custos de construção, operação e manutenção para cada uma das opções, e com o intuito da realização da análise de viabilidade económica, procedeu-se à projecção de receitas para cada uma das opções.

A projecção de receitas é realizada para identificar a capacidade de gerar dinheiro para o investidor. Essa projecção deve seguir algumas premissas importantes, como por exemplo: deve-se conhecer bem o mercado, para evitar projetar números que sejam impossíveis de ser atingidos.

Assim sendo, e visto que uma das mais importantes premissas da projecção de receitas é a de nunca começar a projecção de receitas com a capacidade total de geração de receitas, ou seja, deve-se começar a projecção com números mais realistas (como 50% da capacidade ou até mais).

Desta forma, a receita estipulada, para ambas as opções, foi de 0,70 €/m<sup>3</sup> de água depurada, valor este superior a 50% do preço de água potável atual (2.º Escalão que corresponde a 1,25 €/m<sup>3</sup>).

Após a realização do método contabilístico, que envolve os Cash Flows criados pelos custos e pelas receitas, foram obtidos os seguintes resultados, no período de análise de 25 anos:

- Opção 1:

No Quadro 5.5 encontram-se os resultados obtidos da análise económica da opção 1.

*Quadro 5.5 - Resultados da análise económica para a opção 1*

Ano	Cash Flow i (€)	Cash Flow acumulado (€)	VAL (€)	VAL acumulado (€)
0	-2 046 318,47	-2 046 318,47	-2 046 318,47	-2 046 318,47
1	-333 897,94	-2 380 216,41	-314 998,06	-2 361 316,53
2	-150 985,49	-2 531 201,90	-134 376,55	-2 495 693,08
3	31 926,96	-2 499 274,94	26 806,49	-2 468 886,59
4	214 839,41	-2 284 435,54	170 172,93	-2 298 713,65
5	397 751,86	-1 886 683,68	297 223,33	-2 001 490,33
6	580 664,31	-1 306 019,37	409 345,42	-1 592 144,90
7	763 576,76	-542 442,61	507 822,15	-1 084 322,75
8	946 489,21	404 046,60	593 839,04	-490 483,71
9	1 129 401,66	1 533 448,26	668 491,11	178 007,40
10	1 309 442,05	2 842 890,30	731 185,60	909 193,00
11	1 495 226,56	4 338 116,86	787 666,70	1 696 859,70
12	1 678 139,01	6 016 255,87	833 983,67	2 530 843,37
13	1 861 051,46	7 877 307,33	872 533,55	3 403 376,92
14	2 043 963,91	9 921 271,24	904 047,21	4 307 424,12
15	2 144 812,13	12 066 083,36	894 955,16	5 202 379,29
16	2 409 788,81	14 475 872,17	948 604,41	6 150 983,70
17	2 592 701,26	17 068 573,43	962 837,00	7 113 820,69
18	2 775 613,71	19 844 187,14	972 419,03	8 086 239,72
19	2 958 526,16	22 802 713,30	977 831,39	9 064 071,11
20	3 138 566,55	25 941 279,84	978 619,89	10 042 690,99
21	3 324 351,06	29 265 630,90	977 875,82	11 020 566,82
22	3 507 263,51	32 772 894,41	973 283,50	11 993 850,32
23	3 690 175,96	36 463 070,37	966 077,96	12 959 928,28
24	3 873 088,41	40 336 158,78	956 569,75	13 916 498,03
25	4 056 000,86	44 392 159,63	945 042,65	14 861 540,67

Observa-se pelos resultados acima apresentados que, para a opção 1, o VAL acumulado final é positivo, ou seja a opção tem um resultado positivo de mais de 14 milhões de euros ao fim de 25 anos.

De modo a analisar a atratividade desta opção, calculou-se a TIR (taxa interna de rentabilidade) e verificou-se que, para a receita adotada, a TIR é de 15%. Tendo em conta que a TIR analisa a atratividade de um determinado empreendimento, quanto maior for o valor da TIR mais atrativo é o negócio, apesar de uma TIR positiva já ser sinal de lucro no negócio. Logo, esta opção é bastante viável economicamente.

Por fim, ao analisar-se a Figura 5.1 constata-se que o *break even point*, momento a partir do qual os gastos da opção igualam as receitas da mesma, acontece entre os anos 8 e 9.

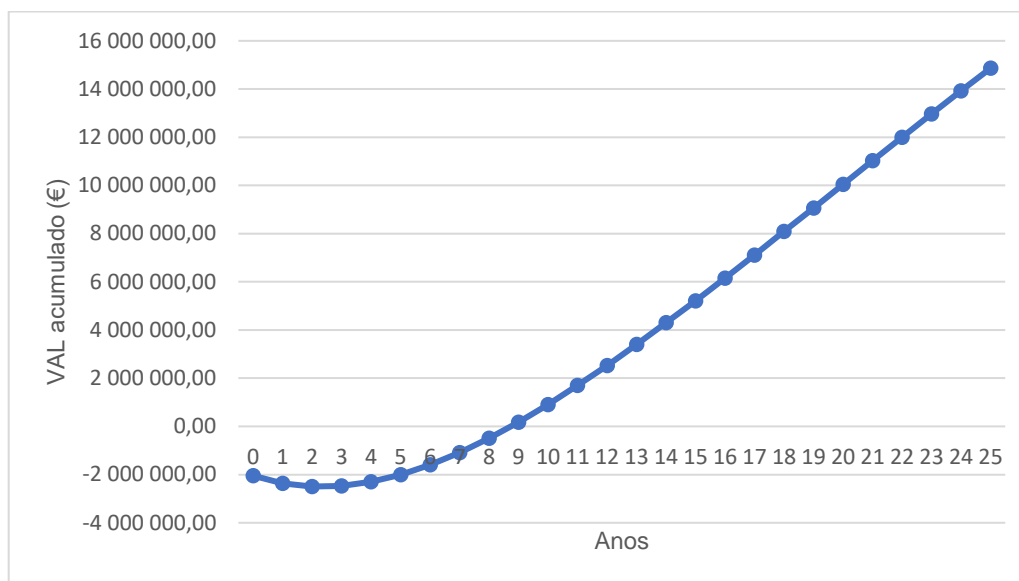


Figura 5.1 - Valores atualizados líquidos acumulados para a opção 1

- Opção 2:

No Quadro 5.6 encontram-se os resultados obtidos da análise económica da opção 2.

Quadro 5.6 - Resultados da análise económica para a opção 2

Ano	Cash Flow i (€)	Cash Flow acumulado (€)	VAL (€)	VAL acumulado (€)
0	-2 363 970,94	-2 363 970,94	-2 363 970,94	-2 363 970,94
1	-842 227,18	-3 206 198,12	-794 553,95	-3 158 524,89
2	-660 109,70	-3 866 307,82	-587 495,28	-3 746 020,17
3	-477 992,21	-4 344 300,03	-401 331,48	-4 147 351,65
4	-295 874,72	-4 640 174,75	-234 360,49	-4 381 712,14
5	-113 757,23	-4 753 931,99	-85 006,02	-4 466 718,16
6	68 360,25	-4 685 571,74	48 191,28	-4 418 526,88
7	250 477,74	-4 435 093,99	166 582,00	-4 251 944,88
8	432 595,23	-4 002 498,77	271 415,60	-3 980 529,28
9	614 712,72	-3 387 786,05	363 847,51	-3 616 681,77
10	794 244,85	-2 593 541,20	443 502,17	-3 173 179,59
11	978 947,69	-1 614 593,51	515 697,43	-2 657 482,16
12	1 161 065,18	-453 528,33	577 013,82	-2 080 468,34
13	1 343 182,67	889 654,33	629 736,45	-1 450 731,89
14	1 525 300,15	2 414 954,49	674 641,73	-776 090,16
15	1 633 547,25	4 048 501,74	681 622,19	-94 467,97
16	1 889 535,13	5 938 036,87	743 808,48	649 340,51
17	2 071 652,62	8 009 689,48	769 338,07	1 418 678,58
18	2 253 770,10	10 263 459,59	789 594,36	2 208 272,95
19	2 435 887,59	12 699 347,18	805 092,54	3 013 365,49
20	2 615 419,72	15 314 766,90	815 500,23	3 828 865,72

Ano	Cash Flow i (€)	Cash Flow acumulado (€)	VAL (€)	VAL acumulado (€)
21	2 800 122,57	18 114 889,47	823 671,18	4 652 536,90
22	2 982 240,05	21 097 129,53	827 586,82	5 480 123,72
23	3 164 357,54	24 261 487,07	828 420,14	6 308 543,85
24	3 346 475,03	27 607 962,10	826 507,54	7 135 051,40
25	3 528 592,52	31 136 554,62	822 157,22	7 957 208,62

Nos resultados acima apresentados, para a opção 2, o VAL acumulado final é positivo, ou seja a opção tem um resultado de quase 8 milhões de euros ao fim de 25 anos.

Analisou-se a atratividade desta opção, através do cálculo da TIR e verificou-se que, para a receita adotada, a TIR é de 7%. Assim, constata-se que esta opção é viável ao nível económico.

Ao analisar-se a Figura 5.2 verifica-se que o *break even point*, momento a partir do qual os gastos da opção igualam as receitas da mesma, acontece entre o ano 15 e 16.

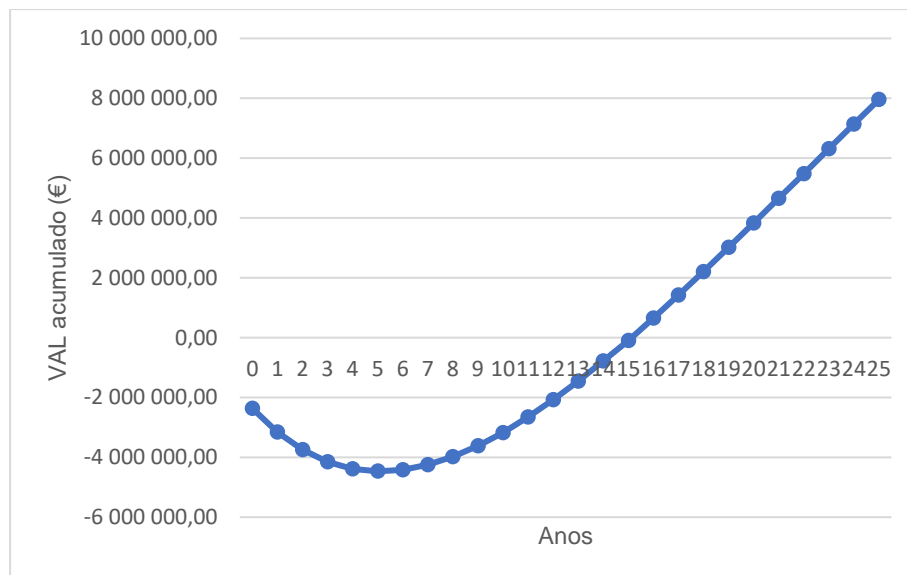


Figura 5.2 – Valores atualizados líquidos acumulados para a opção 2

- Opção 3:

No Quadro 5.7 encontram-se os resultados obtidos da análise económica da opção 3.

Quadro 5.7 - Resultados da análise económica para a opção 3

Ano	Cash Flow i (€)	Cash Flow acumulado (€)	VAL (€)	VAL acumulado (€)
0	-254 728,30	-254 728,30	-254 728,30	-254 728,30
1	-9 516,85	-264 245,15	-8 978,16	-263 706,46
2	-3 688,99	-267 934,14	-3 283,19	-266 989,65
3	2 138,86	-265 795,28	1 795,83	-265 193,82
4	7 966,71	-257 828,57	6 310,38	-258 883,44
5	13 794,56	-244 034,00	10 308,10	-248 575,34
6	19 622,42	-224 411,59	13 833,03	-234 742,31
7	25 450,27	-198 961,32	16 925,88	-217 816,42

Ano	Cash Flow i (€)	Cash Flow acumulado (€)	VAL (€)	VAL acumulado (€)
8	31 278,12	-167 683,19	19 624,28	-198 192,14
9	37 105,98	-130 577,22	21 962,97	-176 229,17
10	42 933,83	-87 643,39	23 974,03	-152 255,15
11	48 761,68	-38 881,71	25 687,05	-126 568,10
12	54 589,53	15 707,83	27 129,33	-99 438,78
13	60 417,39	76 125,21	28 326,03	-71 112,75
14	66 245,24	142 370,45	29 300,33	-41 812,41
15	72 073,09	214 443,55	30 073,58	-11 738,83
16	77 900,95	292 344,49	30 665,42	18 926,59
17	83 728,80	376 073,29	31 093,90	50 020,48
18	89 556,65	465 629,94	31 375,62	81 396,10
19	95 384,50	561 014,44	31 525,82	112 921,92
20	101 212,36	662 226,80	31 558,49	144 480,41
21	107 040,21	769 267,01	31 486,46	175 966,87
22	112 868,06	882 135,07	31 321,46	207 288,33
23	118 695,91	1 000 830,99	31 074,27	238 362,60
24	124 523,77	1 125 354,75	30 754,70	269 117,29
25	130 351,62	1 255 706,38	30 371,75	299 489,04

Para os resultados apresentados da opção 3, o VAL acumulado final é positivo, ou seja a opção tem um resultado positivo de aproximadamente 300 mil euros ao fim de 25 anos.

Calculou-se a TIR e verificou-se que, para a receita adotada, a TIR é de 6%. Verifica-se que apesar da TIR desta solução ser a de valor mais baixo, é viável em termos económicos.

Ao analisar-se a Figura 5.3, verifica-se que o *break even point*, momento a partir do qual os gastos da opção igualam as receitas da mesma, ocorre entre os anos 15 e 16.

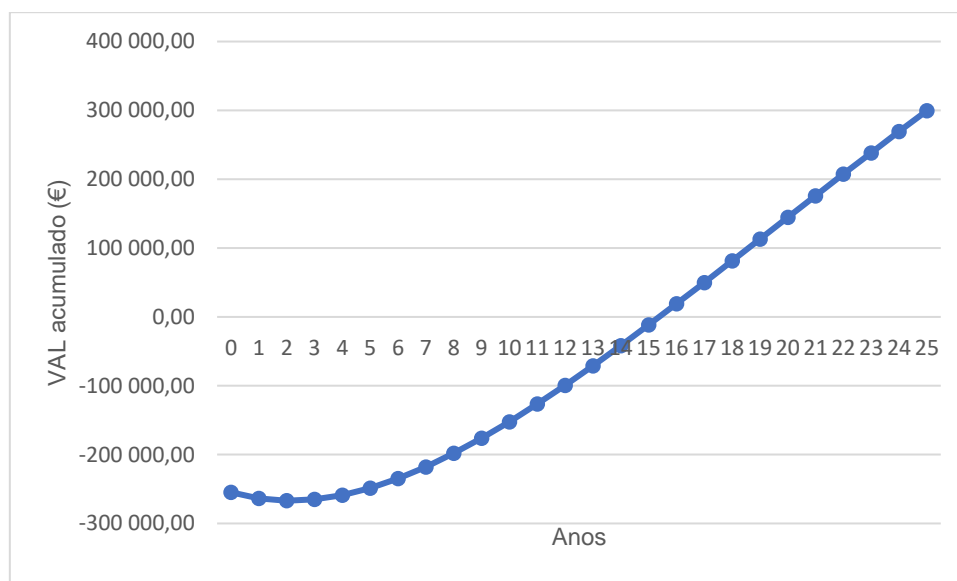


Figura 5.3 - Valores atualizados líquidos acumulados para a opção 3



## 5.2. Contributo sustentabilidade

O grande desafio para alcançar o desenvolvimento sustentável é conseguir atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras.

O mundo está em constante transição isto porque, existe um grande crescimento (população + atividades) levando a uma elevada exploração de recursos naturais. Esta exploração conduz à criação de impactos ao nível do clima, das paisagens locais, dos espaços abertos, etc.

Em Portugal, foi introduzido, por Manuel Duarte Pinheiro, Doutorado em Engenharia do Ambiente, o sistema LiderA (Liderar pelo Ambiente). Este sistema consiste no conceito de reposicionar o ambiente na construção, no ponto de vista da sustentabilidade, assumindo-se como um “sistema para liderar pelo ambiente” (Pinheiro & Nunes, 2011).

Este sistema encontra-se organizado em vertentes, das quais incluem áreas de intervenção operacionalizadas por meio de critérios que possibilitam a efetuação de orientação e avaliação do nível da procura da sustentabilidade.

Os níveis de desempenho considerados neste sistema permitem indicar se a solução é ou não sustentável. Estes níveis são configurados através da melhoria das práticas existentes ou da referência aos valores de boas práticas, como é hábito nos sistemas internacionais. Do ponto de vista de comunicação, os níveis de desempenho, apesar de numéricos, são transformados em classes (de G a A+++)

A Figura 5.4 ilustra os níveis de desempenho bem como a sua classificação.



Figura 5.4 - Níveis de desempenho na sustentabilidade (Fonte: Pinheiro & Nunes (2011)).

Tendo em consideração a Figura 5.4, para o sistema LiderA o grau de sustentabilidade determinado em classes de bom desempenho crescente: desde a prática (E) a classes C (superior a 25% à prática), B (37,5%) e A (50%). Na melhor classe de desempenho existe, para além da classe A, a classe A+

(fator de melhoria de 4) e a classe A++ (fator de melhoria 10), ou até A+++ que categoriza uma situação regenerativa.

O fator 4, solução mais barata, torna os recursos atuais quatro vezes mais eficientes, permitindo manter a qualidade de vida e eliminar as lacunas do desenvolvimento humano. Originalmente, este fator significa dobrar os padrões de vida e reduzir pela metade o consumo de recursos.

Relativamente ao fator 10, solução mais dispendiosa, este reduz os recursos sem perder a qualidade de vida e a meta de igualdade. Este fator permite preservar a capacidade de carga do planeta para futuras gerações. Ao nível global, este fator significa dobrar os padrões de vida, enquanto que o uso de recursos reduz 90%.

Para o presente caso de estudo foram determinadas as eficiências das opções criadas, de modo a ser possível a atribuição do fator correspondente a cada uma das opções e analisar o nível de desempenho das soluções. Ou seja, qual o contributo sustentável de cada opção.

Na primeira opção estimou-se que o caudal médio diário de água depurada é de 715,88 m<sup>3</sup>/dia. Tendo em conta que se está a analisar para os dias de verão, verifica-se que o volume total de água depurada é equivalente a 107 381,46 m<sup>3</sup>.

Sabendo que o volume total necessário para lavar as ruas e regar as zonas verdes, da zona de estudo, é de 438 004,06 m<sup>3</sup>, determinou-se que a eficiência desta opção era de 25% (Fator 4).

Como tal, esta primeira opção contribui com uma melhoria de 75% (Classe A+) dos consumos de água potável, tendo em consideração que este valor é teórico, uma vez que não existe informação sobre qual o tipo de água ser utilizada para rega de espaços verdes e lavagem de ruas.

Em relação à segunda opção, na Quadro 5.8 é possível observar-se o caudal de água depurada em cada zona.

*Quadro 5.8 - Caudal de água depurada das zonas da opção 2*

<b>Zona</b>	<b>Caudal de água depurada (l/dia)</b>
1	104 769,93
2	86 148,03
3	171 947,99
4	59 590,08
5	74 701,44
6	139 925,29
7	75 705,85
<b>Total</b>	<b>712 788,60</b>

Neste caso determinou-se que o volume total de água depurada seria de 106 918,29 m<sup>3</sup> na época de verão. Sabendo que na zona a necessidade hídrica é de 438 004,06 m<sup>3</sup> determinou-se uma eficiência de 24% (assume-se Fator 4) o que equivale a uma melhoria de 76% (Classe A+) dos consumos de água potável.

Na opção à micro-escala, opção 3, estimou-se que o caudal de água depurada é de 22,81 m<sup>3</sup>/dia, sendo o volume total de água depurada no verão de 3 421,44 m<sup>3</sup>.

Para esta solução a necessidade hídrica é de 5 397,48 m<sup>3</sup> (consultar Anexo IV), o que leva a uma melhoria de apenas 37% (Classe C).

De modo a uma maior compreensão dos valores determinados nesta análise, as necessidades hídricas da zona de estudo encontram-se no Anexo IV.

## 6. Discussão de Resultados

No presente capítulo discutem-se os resultados obtidos através da análise individual para cada opção de estudo mencionada anteriormente. Apresenta-se um quadro de resumo das várias opções, de modo a ser mais fácil identificar as diferenças e as potencialidades de cada uma delas.

Da análise das opções e dos resultados obtidos, para cada uma delas, podem identificar-se quais as soluções mais viáveis a aplicar para uma possível prática de uma economia circular, bem como recomendações de soluções optimizadas que vão de encontro aos objetivos técnicos, económicos e ambientais pretendidos.

Nos seguintes pontos, realizou-se uma análise de sensibilidade aos resultados anteriormente determinados de forma a criar uma variação de um determinado parâmetro e posteriormente analisar, a melhoria ou não, dos resultados finais.

### 6.1. Análise da circularidade

Antes de analisar os resultados obtidos é relevante resumir as soluções adotadas para cada opção.

Na opção 1 foram criadas soluções ao nível da drenagem, tratamento e armazenamento das águas residuais domésticas da zona a intervir. Ou seja, nesta solução foi criada uma rede de drenagem em PVC corrugado SN8, de DN200 e DN250, com 11,84 km, de forma a drenar todas as águas residuais domésticas da zona até à ETAR com capacidade para 5000 p.e.. A descrição da ETAR encontra-se no capítulo 4.2 desta dissertação e foi estimada a partir das características e dados da ETAR de Faro - Olhão. A água após tratada é armazenada num reservatório com capacidade para armazenar 1 432,39 m<sup>3</sup>/dia (neste volume encontram-se não só as águas residuais domésticas da zona mas também possíveis infiltrações (ver Anexo II) que possam existir).

Relativamente à opção 2, esta consiste na divisão da área a intervir em zonas (total de 7 zonas), analisando o tratamento das águas residuais domésticas à escala de bairros. Isto é, criou-se uma rede de drenagem em PVC corrugado SN8 e DN200 para cada uma das zonas, atribuindo-lhes ETARs compactas com capacidade para tratar os afluentes respetivos a cada zona. Nesta opção não se considerou a colocação de reservatórios de armazenamento de água depurada, uma vez que, parte-se do pressuposto que, a água após tratada na ETAR é automaticamente direcionada para a rede de distribuição de ART.

Por fim, a opção 3 corresponde a uma opção à micro-escala, analisada para uma fileira de 6 prédios, e tem como finalidade a separação das águas cinzas das negras, isto porque tratam-se de águas que necessitam de tratamentos diferentes para as tratar. Assim sendo, esta opção consistiu na implantação de coletores em PVC corrugado SN8 e DN200 desde a caixa de visita até, no caso das águas cinzas, uma estação depuradora de águas saponáceas domésticas de baixa contaminação e com capacidade para 160 p.e. No caso das águas negras estas foram encaminhadas para uma Fito-ETAR com a mesma capacidade. Após o tratamentos das águas estas serem utilizadas para uma possível rega e lavagem de rua.

Tendo em conta que as duas primeiras opções abordam toda a zona de estudo e a opção 3 é uma solução à micro-escala, para que se possa fazer uma comparação das três opções é necessário analisar a opção 3 para toda a área. Ou seja, assumir que as soluções aplicadas na opção 3, à micro-escala, se propagam por toda a área a intervir. Assim sendo, aumentou-se 10 vezes mais os custos referentes à análise de viabilidade executada no capítulo 5.1.

A comparação dos valores para as diferentes opções de estudos encontram-se sintetizadas no Quadro 6.1 e Figura 6.1.

Quadro 6.1 - Resultados das três opções analisadas

Opções	CC (€)	CO (act ano 25) (€)	CM (act ano 25) (€)	VAL (€)	TIR(%)	Nível de desempenho (contributo sustentável)
Opção 1	2 046 318,47	6 121 309,30	1 460 317,35	14 861 540,67	15	Classe A+
Opção 2	2 363 970,94	5 464 038,25	7 663 597,84	7 957 208,62	7	Classe A+
Opção 3	2 547 282,98	333 426,30	1 628 141,30	2 994 890,40	6	Classe C

Ao observar-se o Quadro 6.1, verifica-se que a circularidade é possível em todas as opções, uma vez que a TIR é positiva para ambas as opções, sendo a opção 3 (micro-escala) a menos viável devido ao seu contributo sustentável.

Das três opções a que apresenta melhores resultados é a opção 1 porque, apesar do contributo sustentável ser igual ao da opção 2, o seu resultado e a sua atratividade são superiores.

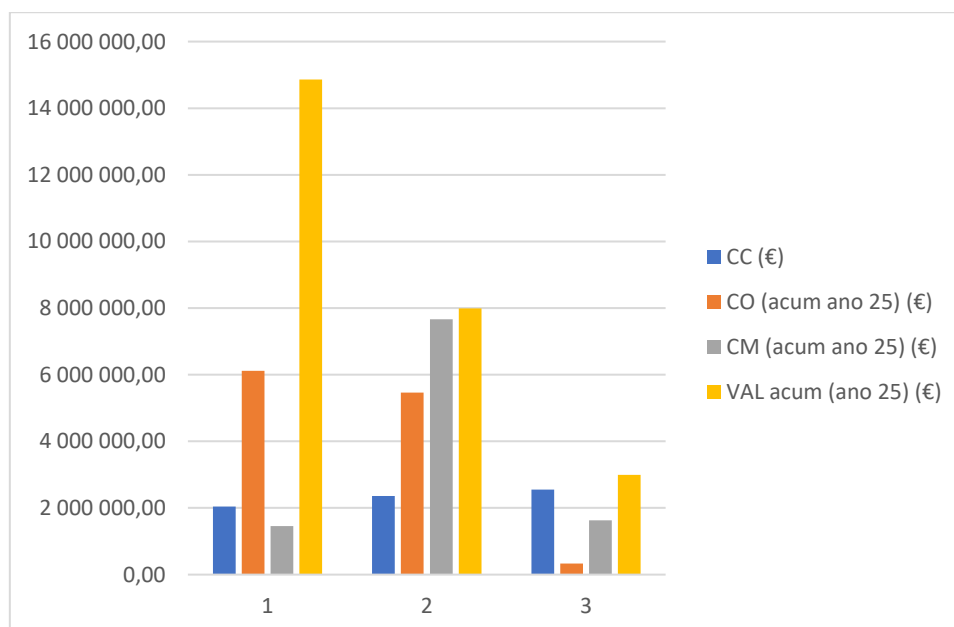


Figura 6.1 – Comparação dos custos entre as diferentes opções

Ao analisar os valores da manutenção da opção 2, constata-se que estes são superiores ao esperado, visto que teoricamente os valores de manutenção deveriam rondar os 3% dos valores dos custos de construção.

Isto poderá dever-se ao facto de algumas estimativas feitas para os custos de manutenção não serem compatíveis com as diversas fontes que foram consultadas, tanto para os custos de construção como para os custos de manutenção propriamente ditos.

## 6.2. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade aos resultados obtidos anteriormente é realizada aos parâmetros dos quais não se consegue garantir um grande rigor e cujo resultado final é mais sensível.

Assim sendo faz-se variar o parâmetro através de uma percentagem fixa para cima e/ou para baixo em relação ao valor estimado, comparando-se os resultados obtidos. A análise deve ser feita a um parâmetro de cada vez de forma a evitar a interação de influências e conhecer melhor o efeito que cada parâmetro tem no resultado final.

Deste modo, os parâmetros a analisar são:

- Taxa de atualização
- Preço da água depurada (receita)
- Custo de manutenção

### 6.2.1. Taxa de atualização

A taxa de atualização, parâmetro de elevada importância, é o fator que converte os custos futuros em custos atuais, sendo que a sua escolha pode ter uma influência significativa na decisão do investimento. O valor utilizado anteriormente, e constante ao longo de toda a análise económica às opções de estudo, é de 6%.

Posto isto, nesta análise de sensibilidade, fez-se variar essa taxa em  $\pm 3\%$ . Decidiu-se esta variação para poder testar taxas de atualização elevadas e baixas que estejam dentro de valores admissíveis (Mendes, 2011). Os resultados apresentam-se no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 – Análise de sensibilidade à taxa de atualização

Opções	Taxa estimada (6%) VAL (€)	Taxa prevista -3% (3%) VAL (€)	Taxa prevista +3% (9%) VAL (€)
Opção 1	14 861 540,67	25 452 445,72	8 720 498,99
Opção 2	7 957 208,62	16 143 784,59	3 351 010,18
Opção 3	2 994 890,40	6 427 497,00	1 001 079,50

Como era de esperar, à menor taxa de atualização (3%) correspondem valores maiores do VAL, ou seja valores mais lucrativos que os analisados inicialmente.

Considerando a taxa de 9%, verifica-se que os valores de VAL das opções são menores, dado que passa a exigir uma rentabilidade das opções de investimento superior.

Apesar de esta variação na taxa de atualização, mostrar que todas as opções são viáveis, a opção 1 continua a ser a opção que possui os melhores resultados em termos económicos.

### 6.2.2. Preço da água depurada (receita)

Sabendo que a água é um recurso natural escasso e dado que apenas, aproximadamente, 3% da água do planeta está disponível para consumo humano torna-se previsível que, futuramente e em cenário de stress hídrico, o preço da água potável venha a aumentar significativamente. De igual modo, o preço da água a reutilizar também aumentará.

Assim sendo, faz sentido analisar os resultados face à triplicação dos preços atuais. Testam-se também os resultados a um aumento de 10 vezes mais que o atualmente exercido.

O preço de água potável estimado anteriormente, e referente ao 2.º Escalão, é de 1,25 €/m<sup>3</sup> e o de água depurada é de 0,70 €/m<sup>3</sup>. Utilizando o método das percentagens e triplicando o preço da água potável, o valor previsto para água depurada (para reutilização) é de 2,10 €/m<sup>3</sup>.

Da mesma forma, e através do mesmo método, o valor previsto de água depurada é de 7,00 €/m<sup>3</sup>, valor este 10 vezes superior ao preço “atualmente praticado”.

Os resultados obtidos para cada uma das opções estudadas encontram-se no Quadro 6.3.

Quadro 6.3 – Análise de sensibilidade ao preço da água depurada

Opções	Preço estimado (0,70€/m <sup>3</sup> ) VAL (€)	Preço previsto x3 (2,10€/m <sup>3</sup> ) VAL (€)	Preço previsto x10 (7,00 €/m <sup>3</sup> ) VAL (€)
Opção 1	14 861 540,67	61 963 885,17	226 822 090,92
Opção 2	7 957 208,62	54 854 839,93	218 996 549,48
Opção 3	2 994 890,40	18 002 372,40	70 528 559,50

Quando o preço, da água a reutilizar, triplica ou é 10 vezes superior ao atual, os valores de VAL aumentam significativamente, constatando-se que os pontos de *break even* (momento a partir do qual os gastos das opções igualam as receitas das mesmas) são atingidos em menos anos que os calculados no capítulo 5 (cenário inicial).

Este facto demonstra que, num futuro próximo, ambas as opções serão viáveis, mantendo-se a opção 1 a mais viável de todas.

### 6.2.3. Custo de construção

Relativamente aos custos de construção, estes são custos que têm grande impacto em todos os custos associados à análise da viabilidade económica.

Consequentemente, torna-se relevante uma análise de sensibilidade a este parâmetro, de modo a ser possível determinar-se valores de VAL e verificar se existe influência nos resultados.

Para tal considerou-se uma variação de  $\pm 5\%$ .

*Quadro 6.4 – Análise de sensibilidade aos custos de construção*

<b>Opções</b>	<b>Custo estimado VAL (€)</b>	<b>Custo previsto (-5%) VAL (€)</b>	<b>Custo previsto (+5%) VAL (€)</b>
Opção 1	14 861 540,67	14 963 856,60	14 759 224,75
Opção 2	7 957 208,62	8 075 407,17	7 839 010,08
Opção 3	2 994 890,40	3 122 254,60	2 867 526,30

Fazendo a comparação dos valores resultados, constata-se que os resultados obtidos revelam diferenças entre os 1% e 4%. Assim, apesar dos custos de construção serem uma componente imprescindível para todos os custos das soluções, a variação de  $\pm 5\%$  não reflete em variações significativas de VAL. Ou seja as variações no VAL são inferiores à variação considerada para os custos de construção.

Pode se afirmar que, isto acontece porque os custos iniciais podem estar a ser compensados pelos custos de operação e manutenção pelo que pode-se considerar que este pequeno aumento no investimento inicial corresponda a uma construção de melhor qualidade (por exemplo, através de melhores equipamentos).



### 6.3. Limitações dos trabalhos efetuados

A presente dissertação assentou numa análise de caso, tendo como principal objetivo fornecer informação para possíveis trabalhos futuros relacionados com o tema do fecho local do ciclo da água, em zonas urbanas.

No decorrer desta análise foram constatadas algumas incertezas e limitações que serão mencionadas de seguida.

As incertezas e possíveis fatores de erro na análise de viabilidade económica estão ligados à falta de dados disponíveis e fidedignos para a escolha dos vários parâmetros da análise, não só em termos de custos, mas também em termos de dados de desempenho dos vários equipamentos que constituem as soluções adotadas para cada opção.

Assim sendo, o método de recolha de informação torna-se complicado e moroso, uma vez que por vezes os dados são inexistentes e têm de ser escolhidos a partir das poucas e únicas fontes disponíveis.

Nas presentes opções de estudo, as limitações mais evidenciadas dizem respeito ao cálculo dos custos de manutenção e operação, isto porque a manutenção e operação para este tipo de instalações é um terreno pouco estudado. Esta situação tornaria-se mais evidente se a análise se realizasse em períodos mais alargados.

Posto isto, algumas estimativas de desempenho e custos podem não ser as mais adequadas à realidade, podendo as opções consideradas como mais viáveis, ao nível económico, não o serem concretamente.

Neste tipo de projetos, é importante ter em conta a constante evolução dos preços, da tecnologia ou do conhecimento, uma vez que pode levar a que as opções consideradas como mais vantajosas, para o fecho local do ciclo urbano da água, possam não o ser no futuro.

Para além das questões referidas acima, o facto de não se ter incluído na análise os custos fixos referentes aos equipamentos necessários para a distribuição da água depurada, para a rega paisagística e lavagem das ruas na zona a intervir, leva a que esta análise seja pouco conservativa.

Deste modo, se na análise se tivessem incluído estes custos, eventualmente a análise seria mais precisa e detalhada apesar de provavelmente apresentar resultados menos apelativos a nível económico, isto porque possivelmente os custos de investimento seriam maiores o que levaria a que a receita provavelmente tivesse de aumentar, através do aumento do preço da água depurada, para garantir a viabilidade económica.

Mas, como referido no capítulo 6.2.2, futuramente o preço da água depurada irá aumentar, pelo que a análise realizada na presente dissertação mostra que as opções estudadas têm potencial de aplicação.

Por fim, é possível afirmar que as opções estudadas podem ser aplicadas não só na zona estudada mas também noutras zonas semelhantes, levando a uma gestão sustentável dos recursos hídricos na medida em que equilibra as solicitações deste tão escasso recurso.

## 7. Conclusões e Recomendações

### 7.1. Conclusões

Sendo o problema da escassez de água no mundo um tema presente nos dias de hoje, a procura por medidas que promovam a sustentabilidade, nos pilares essenciais: ambiente, economia e sociedade, tem vindo a ser cada vez mais discutido. Posto isto, a presente dissertação teve como principal objetivo avaliar a possibilidade de adotar soluções, na gestão do fecho local do ciclo urbano da água, dando especial foco aos seus custos associados.

A estrutura utilizada consistiu numa revisão de literatura e sistematização de conceitos, soluções para o fecho do ciclo urbano da água e análise de casos, tendo-se selecionado uma área de intervenção bastante urbanizada e pertencente ao concelho de Loures. Na área de intervenção foram executadas três opções, procedendo-se ao dimensionamento das soluções, estimativa de custos e avaliação do desempenho ao nível da economia e ambiente.

Na primeira opção foi criada uma rede de drenagem de águas residuais domésticas de modo a drenar toda a água residual da população residente para uma ETAR, onde é tratada e posteriormente armazenada num reservatório para que possa ser reaproveitada localmente. A segunda opção consiste na divisão da área a intervir em zonas (7 zonas), criando, para cada uma delas, uma rede de drenagem de águas residuais domésticas com destino final uma ETAR compacta que trata a água, permitindo que a água, após tratada, seja reaproveitada em locais estratégicos. Por fim, a opção 3, analisada à micro-escala, consiste na separação das águas cinzas e negras, tratando-as separadamente e reaproveitando-as na zona.

Inicialmente foram determinados os custos relacionados com a construção, manutenção e operação das infraestruturas que constituem as soluções adotadas para cada opção. Durante esta estimativa de custos foram constatadas algumas limitações relativamente aos preços dos equipamentos, do desempenho e da manutenção. Isto deve-se ao facto da falta de informação disponível e fiável referente a este tipo de soluções, levando a que a estimativa dos custos de investimento das opções possa não ser a mais realista.

Uma das limitações encontradas prende-se com o custo médio de energia elétrica adotado para o cálculo dos custos de operação das infraestruturas, uma vez que o valor considerado é o valor para clientes particulares. Para clientes industriais, como as *utilities*, provavelmente conseguem preços bastante mais apelativos que o adotado.

Relativamente à receita para a análise de viabilidade económica estimou-se um preço para a água tratada, proveniente das soluções das opções estudadas, a partir de um preço de água potável. Teoricamente, o preço a considerar deveria ser relativo à disponibilização da água e não ao preço a que a água é vendida, isto porque, apesar de ser um serviço municipalizado, o preço contém variáveis que diferem daquilo que é o custo efetivo de “produzir” e transportar a água até ao consumidor. Exemplo disso é a existência da tabela de escalões, coisa que do lado do “vendedor” (investidor, neste caso) não existe.

Baseado nestes elementos, efetuou-se a implementação e análise de viabilidade económica e contributo sustentável das várias opções de estudo, analisaram-se os resultados e elaborou-se recomendações. As principais conclusões encontradas são que:

- Ambas as opções apresentam viabilidade económica, na medida em que todas elas revelaram uma taxa interna de rentabilidade positiva e um resultado bastante otimista;
- A opção 1, por ter uma TIR igual a 15%, uma receita de mais de 14 milhões de euros e um nível de desempenho ambiental eficiente (A+), é a solução, à partida, mais promissora de todas. Esta opção não compatibiliza os custos fixos associados aos equipamentos que auxiliam o reaproveitamento das águas tratadas. Ou seja, estando o reservatório de armazenamento das ART a uma cota bastante baixa relativamente às cotas das zonas verdes e ruas da área a intervir, irá ser necessário, por exemplo, no caso da rega de espaços verdes, a criação de uma estação elevatória, uma conduta distribuidora de ART e uma rede de rega de ART, aumentando eventualmente os custos de investimento iniciais desta opção e possivelmente tornando a opção 1 menos apelativa a nível económico que a opção 2.
- Na opção 2, apesar de não apresentar uma rentabilidade tão boa como a opção 1 (TIR igual a 7%) mas tendo em conta o referido no ponto anterior, torna-se a opção mais vantajosa a implementar, tanto do ponto de vista económico como ambiental, visto ter o mesmo nível de desempenho que a opção 1. Porém é importante referir que, também nesta solução, não se teve em conta os custos fixos associados às infraestruturas para o possível reaproveitamento das águas na zona. Mas, tendo em conta que nesta solução o tratamento das águas residuais é feito junto dos “bairros”, possibilita que a água tratada possa ser automaticamente utilizada para eventual rega de espaços verde e lavagem de ruas inseridas, ou até mesmo dos próprios “bairros”, não sendo necessário, por exemplo a utilização de estações elevatórias (orgão de elevados custos).
- Relativamente à opção 3, de modo a ser possível a sua comparação com as anteriores opções, aumentou-se 10 vezes mais os custos referentes à análise realizada no capítulo 5.1, obtendo-se os seguintes resultados, TIR igual a 6% e lucro de cerca de 3 milhões de euros. Esta solução apesar de apresentar resultados viáveis em termos económicos, em relação à sustentabilidade, a solução apresenta um contributo sustentável inferior às restantes opções (nível de desempenho C), pelo que, de todas, é a que é menos viável de se executar. Em termos práticos também não é uma solução muito vantajosa, uma vez que a implantação das soluções não seria apropriada em algumas zonas da área a intervir.

Em suma, a ferramenta de avaliação de viabilidade económica e análise do contributo sustentável de projetos, revela-se útil e aplicável para soluções que promovem a sustentabilidade, isto porque constitui uma solução otimizada possível para o estudo levado a cabo. No entanto, ainda existem muitas limitações que se prendem essencialmente com a reduzida quantidade de informação disponível sobre custos, desempenho e manutenção necessária à implementação correta da metodologia.

## 7.2. Recomendações para possíveis trabalhos futuros

À escala urbana, recomenda-se, para estudos similares ao da presente dissertação, a aplicação de uma análise de viabilidade económica da inclusão de medidas sustentáveis na medida em que permite determinar se o projeto é vantajoso ou não de se concretizar.

As recomendações para desenvolvimentos futuros prendem-se não só com o referido acima mas também com a consideração dos custos fixos e investimentos iniciais das soluções de distribuição. Ou seja, considerar na análise os custos totais dos sistemas de rega de zonas verdes e dos equipamentos para a lavagem de ruas, de modo a tornar a análise mais realista.

Recomenda-se também que seja feito um estudo, análise de viabilidade económica e contributo sustentável, utilizando a rede de drenagem já existente uma vez que provavelmente acaba por tornar as soluções ainda mais atrativas.

Para além destas aplicações mais direccionadas para as equipas de projeto, deve-se procurar divulgar e incentivar (fiscalmente, por exemplo) a adoção de medidas mais sustentáveis, nomeadamente, as que necessitam de um maior investimento inicial e que podem condicionar a viabilidade financeira mas não económica dos projetos.

Outro ponto a referir, e já abordado ao longo da dissertação, é a falta de informação no que se refere aos dados necessários. No futuro, recomenda-se que haja uma maior clareza nos preços praticados e uma base de dados mais atualizada e que possa ser consultada mais facilmente.

Assim sendo, aconselha-se que esta informação tenha não só maior quantidade, mas também maior qualidade (fiabilidade) de dados de modo a alargar o conjunto de variáveis a incluir nas análises económicas de projetos, contribuindo para uma análise mais próxima da realidade.

## Bibliografia

- Administração, C. De. (2020). *Relatório de Gestão Ano 2020*. Disponível em: [http://www.simar-louresodivelas.pt/simar\\_pag/anexos/inform\\_gestao/RG\\_%202020\\_26\\_abril-21.pdf](http://www.simar-louresodivelas.pt/simar_pag/anexos/inform_gestao/RG_%202020_26_abril-21.pdf) (Acedido em 1 de Outubro de 2021)
- Águas do Tejo Atlântico - Grupo Águas de Portugal. (2020). *Fábrica de água - Uma Nova Geração de Recursos*. <https://www.aguasdoatejoatlantico.adp.pt/Content/Fabrica-De-Agua>.
- AICEP. (2021). Portugal Global N.º 140. *Revista Portugalglobal*, 1–52. <https://portugalglobal.pt/PT/RevistaPortugalglobal/2021/Documents/revista-140-marco.pdf>
- Angelakis, A. N., Marecos Do Monte, M. H. F., Bontoux, L., & Asano, T. (1999). The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: Need for guidelines. *Water Research*, 33(10), 2201–2217. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00465-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00465-5)
- Alcantara, I. (2021) - *Dia Mundial da Água*. Disponível em: <http://inacioalcantara.blogspot.com/2021/03/dia-mundial-da-agua.html>. Acedido a 17 de Outubro de 2021
- APA. (2001). Programa Nacional para o Uso Eficiente da água. *Lisboa: Instituto Superior de Agronomia*, 201. <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=860>
- APA. (2019). *Guia para a Reutilização de Água - Usos não potáveis. Volume 1*, 25.
- AWWA. *Rules and regulations for design and operation of on-site recycled water facilities. Program South Bay Water Recycling. San Francisco Bay Regional Water Quality Board. 2005*.
- Blog3. (2010). *Quanto se gasta de água por dia no mundo*. Disponível em: <https://buy3.wordpress.com/2010/06/01/quanto-se-gasta-de-agua-por-dia-no-mundo/>. Acedido em 17 de Outubro de 2021.
- Catarino, A. R. F. (2018). *Reutilização de águas residuais tratadas para rega paisagística: O caso de estudo do Parque Tejo*. 1–91.
- CETAMBIO (2000). Disponível online: <http://www.evora.net/cetambio/fitovantag.htm> (acedido em 14 de Outubro 2021)
- CMLoures. (2020a). *Loures - Mapa Interativo*. Disponível em : <https://geoweb1.cm-loures.pt/MuniSIG/Html5Viewer/index.html?viewer=MapaGeral.MapaGeral>. Acedido a 20 de Agosto 2021.
- CMLoures, Município - *O Concelho de Loures, (2020)*. <https://www.cm-loures.pt/Ligacao.aspx?DisplayId=455&CursorId=604>. Acedido a 20 de Agosto de 2021
- Correia, N. A. (2007). *Através Da Internet : Realização De Projectos No 3º Ciclo Do Ensino Básico*. 3.

- Costanza, R., & Daly, H. E. (2007). Robert Costanza; Herman E. Daly)yes.pdf. *Conservation Biology*, Vol. 6, No. 1. (Mar., 1992), Pp. 37-46. Stable, 6(1), 37–46.
- Covas, D., Cabral, M., Pinheiro, A., Marchionni, V., Antunes, S., Lopes, N., Mamouros, L., & Brôco, N. (2018). *Custos de construção de infraestruturas associadas ao ciclo urbano da água*. Com aplicação informática disponível em: <http://custos.ersar.pt/>
- CYPE (2010). Gerador de Preços. Versão After-Hours. Disponível em: <http://www.geradordeprecos.info/>. Acedido a 1 de Outubro de 2021.
- David, S., & Alves, R. (2017). *de Edifícios Multifamiliares e Serviços*.
- Do, R. I. O., Social, E., Sanit, E., & Civil, E. (2001). *Uso eficiente da água*.
- DR 23/95 (1995). *Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto - Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais*. Diário da República, I Série - B. Lisboa, Portugal.
- EDP. (2019). *Tarifa de Acesso às redes Eletricidade 2019*. 1–4. [https://www.edp.pt/media/1694210/tabelas-de-acesso-as-redes\\_2019v2.pdf](https://www.edp.pt/media/1694210/tabelas-de-acesso-as-redes_2019v2.pdf)
- Gamito, P, e Arsénio, A. *Disponibilidade e qualidade das águas residuais tratadas para rega no Algarve*. Relatório de estágio da unidade curricular de Ciências e Tecnologias Agrárias. Universidade do Algarve. Faro. 1998.
- GIRARDET, Herbert -. *Ciudades*. México: Ed. Gaia, 1989,249 p.
- INE. (n.d.). *População residente (N.º) por local de residência (NUTS - 2013)*. [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0008273](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008273)
- IPQ. *NP 4434 - Reutilização de Águas Residuais Urbanas Tratadas na Rega. Caparica. 2005*.
- IST (2021). *Proposta do Plano de Sustentabilidade Hidrica para o Municipio de Loures.Câmara Municipal de Loures*.
- Khan Academy, (2021). Distribuição da água na Terra. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/5-ano/matria-e-energia-a-gua-na-terra/a-agua-na-terra/a/distribuicao-da-agua-na-terra>. Acedido a 17 de Outubro de 2021
- Leitão, R. I. M. N. (2014). *Sustentabilidade na Gestão do Ciclo Urbano da água: Simulação e Análise de Cenários*. 78. [https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/38456/1/Sustentabilidade na gestao do ciclo urbano da agua\\_Simulacao e analise de cenarios.pdf](https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/38456/1/Sustentabilidade%20na%20gestao%20do%20ciclo%20urbano%20da%20agua_Simulacao%20e%20analise%20de%20cenarios.pdf)
- Magalhães, L. (2018). A Economia Circular no Setor dos Resíduos. *Ingenium - A Engenharia Portuguesa Em Revista*, 34–35.

- Marsalek, J., Jiménez-Cisneros, B. E., Malmquist, P.-A., Karamouz, M., Goldenfum, J., & Chocat, B. (2006). *Urban water cycle processes and interactions; Technical documents in hydrology; Vol.:78; 2006. 78.* <http://www.unesco.org/water/ihp>
- Mendes, A. (2010). *Fito-ETAR: uma eco-tecnologia aplicada ao tratamento de águas residuais: Análise do Comportamento Hidráulico.* 79.
- Mendes, L. (2011). *Análise de custos no ciclo de vida de medidas sustentáveis - Caso de redes prediais e sistemas de tratamento.*
- Messias, M. S. (2012). Análise da viabilidade de reutilização do efluente da ETAR de Beirolas para rega paisagística da área do Parque do Tejo. *Trabalho Final de Mestrado Para Obtenção Do Grau de Mestre Em Engenharia Civil,* 86. <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2136/1/Dissertação.pdf>
- METCALF & EDDY – Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4 a ed. USA : Mcgraw-Hill, 2003. ISBN 0-07-112250-8
- Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. (1995). Decreto-Lei nº 23/95 - Regulamento Geral de Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR). In *Diário da República - 1 Série-B: Vol. N.º 194* (pp. 5284–5319). <https://dre.pt/pesquisa/-/search/488136/details/maximized>
- Monte, H. M.; Albuquerque, A. (2010). *Reutilização de Águas Residuais.* <http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?SubFolderPath=%5CRoot%5CContents%5CSitio%5CMenuPrincipal%5CDocumentacao%5CPublicacoesexternas&Section=MenuPrincipal&FolderPath=%5CRoot%5CContents%5CSitio%5CMenuPrincipal%5CDocumentacao&GenericContentId=0&BookID>
- Nacional, R. R. (2019). Respostas às alterações climáticas. *Rede Rural Nacional, 8,* 64. <http://www.rederural.gov.pt/centro-de-recursos/send/2-agricultura-agroindustria/1715-revista-emrede-n-8-respostas-as-alteracoes-climaticas-agricultura-florestas-e-territorios-rurais>
- Nova Opersan. (2021). As Vantagens de uma Estação de Tratamento Compacta. Disponível em: <http://info.opersan.com.br/as-vantagens-de-uma-esta%C3%A7%C3%A3o-de-tratamento-compacta> Acedido em 14 de Outubro de 2021.
- Of, R., European, T. H. E., & Council, O. F. T. H. E. (2018). Minimum requirement for water reuse. *European Commission, 0169,* 1689–1699.
- Paixão, M. A. (1999). *Águas e esgotos em urbanizações e instalações prediais (2ª Edição ed.).* Amadora: Orion, 1999.
- Peixoto, J. P. (1979). *O ciclo da água em escala global (2ª Edição ed.).* Lisboa: Comissão Nacional do Ambiente.
- Pinheiro, M. D., & Nunes, D. M. (2011). *LiderA Plano - Sistema Voluntário para a Sustentabilidade dos*

*Ambientes Construídos. 0–5.*

PNUEA (2001). *Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água PNUEA – Versão preliminar*. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Instituto da Água, Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, Portugal. Disponível em: [https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/Planos/RelatorioPNUEA\\_uso\\_eficiente\\_agua.pdf](https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/Planos/RelatorioPNUEA_uso_eficiente_agua.pdf)

República Portuguesa - Ambiente. (2017). *Liderar a Transição - Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal: 2017-2020. Resolução Do Conselho de Ministros n.º 190-A / 2017, 1–62.* <https://dre.pt/>

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>

Santos, A., Oliveira, F., Soares, G., Jorge, C., Lima, L., Viegas, M., Corigo, P., Nogueira, P., Cardoso, P., & Quaresma, P. (2018). *Guia Técnico 24 - ERSAR - Uso eficiente de energia nos serviços de águas.* <http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/gt24-eficiencia-energetica.pdf>

Tarifario\_2020 referência.pdf. (n.d.). [https://helpcenter.edp.pt/media/2175/tarifa-de-acesso-as-redes\\_2021.pdf](https://helpcenter.edp.pt/media/2175/tarifa-de-acesso-as-redes_2021.pdf), Acedido em 27 de Setembro 2021.

Thomas, C. (1994). Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources. In *International Affairs* (Vol. 70, Issue 3, pp. 557–557). <https://doi.org/10.2307/2623756>

Tratamento, F. U. S. De. (n.d.). Com a Natureza para a Natureza. Disponível em: [https://www.google.com/search?q=fito-etar+de+fluxo+horizontal+sub-superficial&tbm=isch&ved=2ahUKEwjDzJGt8czzAhVFZRoKHYP\\_CRgQ2-cCegQIABAA&oq=fit&gs\\_lcp=CgNpbWcQARgAMgcllxDvAxAnMgQIABBDMgclABCxAXBDMgQIABBDMgQIABBDMgQIABBDMgUIABCABDIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDoICAAQgAQQsQNQq9AQWlzUEGDD4hBoAHAAeACAAGWIAelCkgEBNJgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scient=img&ei=37JpYYPhJMXKaYP\\_p8AB](https://www.google.com/search?q=fito-etar+de+fluxo+horizontal+sub-superficial&tbm=isch&ved=2ahUKEwjDzJGt8czzAhVFZRoKHYP_CRgQ2-cCegQIABAA&oq=fit&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgcllxDvAxAnMgQIABBDMgclABCxAXBDMgQIABBDMgQIABBDMgQIABBDMgUIABCABDIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDoICAAQgAQQsQNQq9AQWlzUEGDD4hBoAHAAeACAAGWIAelCkgEBNJgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scient=img&ei=37JpYYPhJMXKaYP_p8AB) .Acedido em 13 de Outubro 2021.

Tubofuro. (2021). ETAR compacta Modelo SBR. Disponível em: <https://www.tubofuro.pt/produto/etar-compacta-modelo-sbr/>. Acedido em 13 de Outubro de 2021.



UN. (2015). *WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO.*  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>

Unicef, & Inda. (2013). *Relatório Sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio 2015.*  
[https://www.unric.org/pt/images/stories/2015/PDF/MDG2015\\_PT.pdf](https://www.unric.org/pt/images/stories/2015/PDF/MDG2015_PT.pdf)

Urbanas, E. M. Á. (n.d.). *REUTILIZAÇÃO A reutilização da água.* Disponível em:  
[http://lisboaenova.org/images/stories/PontodeEncontro/2016/APRESENTACOES/reuseENOVA\\_2016af.pdf](http://lisboaenova.org/images/stories/PontodeEncontro/2016/APRESENTACOES/reuseENOVA_2016af.pdf). Acedido a 18 de Agosto de 2021.

USGS. (2014). USGS, Science for a changing world. Obtido de How much water is there on, in and above the Earth?: <http://ga.water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html>.

Wikipédia. (2019). *Escassez de água no mundo.* Disponível em:  
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Escassez\\_de\\_%C3%A1gua](https://pt.wikipedia.org/wiki/Escassez_de_%C3%A1gua). Acedido a 17 de Outubro de 2021.

## Anexos

Anexo I - Peças desenhadas

Anexo II - Critérios de conceção e dimensionamento de sistemas de drenagem urbana

Anexo III - Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais doméstica

Anexo IV - Necessidades hídricas da zona a intervir

Anexo V - Exemplos de cálculo dos custos de construção, operação e manutenção

Anexo I.1 - Uso e Ocupação do Solo na Zona de Estudo



Elaboração Cartográfica: Andreia Filipa V. da Silva  
Data: Outubro de 2021



### Legenda

- Área de Intervenção
- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas
- Caixas de Visita
- Localização ETAR Tradicional
- Localização do Reservatório de Armazenamento de ART

DISSERTAÇÃO DE Mestrado Integrado em Engenharia Civil	
ECONOMIA CIRCULAR E O FECHO LOCAL DO CICLO URBANO DA ÁGUA. ANÁLISE DE CASOS	
Andreia Filipa Vasques da Silva	
Opção 1	
DATA: Outubro 2021	ESCALA: 1:5000
Peça Desenhada	1.2



### Legenda

- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas Zona 1
- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas Zona 2
- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas Zona 3
- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas Zona 4
- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas Zona 5
- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas Zona 6
- Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas Zona 7
  
- Caixas de Visita Zona 1
- Caixas de Visita Zona 2
- Caixas de Visita Zona 3
- Caixas de Visita Zona 4
- Caixas de Visita Zona 5
- Caixas de Visita Zona 6
- Caixas de Visita Zona 7
  
- Localização ETAR compacta Zona 1
- Localização ETAR compacta Zona 2
- Localização ETAR compactas Zona 3
- Localização ETAR compacta Zona 4
- Localização ETAR compacta Zona 5
- Localização ETAR compactas Zona 6
- Localização ETAR compacta Zona 7

DISSERTAÇÃO DE Mestrado Integrado em Engenharia Civil	
ECONOMIA CIRCULAR E O FECHO LOCAL DO CICLO URBANO DA ÁGUA. ANÁLISE DE CASOS	
Andreia Filipa Vasques da Silva	
Opção 2	
DATA: Outubro 2021	ESCALA: 1:3000
Peça Desenhada	I,3



### Legenda

- Área de Intervenção
- Coletor de Águas Cinzas
- Coletor de Águas Negras
- Caixa de Visita
- Localização FITO - ETAR
- Localização da Estação Depuradora de Águas Saponáceas

**DISSERTAÇÃO DE Mestrado Integrado em Engenharia Civil**

ECONOMIA CIRCULAR E O FECHO LOCAL DO CICLO URBANO DA ÁGUA.  
ANÁLISE DE CASOS

Andreia Filipa Vasques da Silva

Opção 3 (micro-escala)

DATA: Outubro 2021

ESCALA: 1:450

Peça Desenhada

I,4

## Anexo II - Critérios de conceção e dimensionamento de sistemas de drenagem urbana

### 1. Horizonte de Projeto:

O horizonte de projeto (HP) corresponde ao número de anos durante os quais o sistema ou as estruturas e equipamentos que o constituem devem operar em boas condições. Este deve ser determinado tendo em conta os fatores técnicos, económicos, financeiros e sociais tais como (Paixão,1999):

- Períodos de vida das obras de construção civil e equipamentos;
- Facilidade ou dificuldade de ampliação das infra-estruturas;
- Previsão da evolução da população;
- Funcionamento da instalação nos primeiros anos de exploração;
- Previsão do aumento da taxa de juro durante o período de amortização do investimento ou a capacidade financeira da entidade adjudicante, designadamente em termos de financiamento e das condições do empréstimo.

Segundo ASCE e WPCF (1982), no caso do dimensionamento de emissários e interceptores de relativa importância (com diâmetro superior a 500 mm), o horizonte de projeto deve ser de cinquenta anos, podendo ser, no caso de túneis, superior. Em redes de drenagem de águas residuais em Portugal é corrente considerarem-se horizontes de projeto inferiores, entre trinta a quarenta anos (Paixão,1999).

Para obras de construção civil como, por exemplo, coletores, emissários, interceptores ou obras de instalações de bombagem ou de estações de tratamento de águas residuais (ETAR), o horizonte de projeto deve, em regra, ser de quarenta anos. Para equipamentos electromecânicos deve adaptar-se um horizonte de projeto de vinte anos (Paixão,1999).

Em casos muito particulares, é justificável proceder a estudos específicos de modo a seleccionar-se o HP mais favorável.

### 2. População de Projeto:

A situação demográfica desde o início de funcionamento das infra-estruturas e a sua evolução previsível ao longo da vida útil da obra, até ao ano de horizonte de projeto é indispensável para a elaboração de estudos e projetos de sistemas de águas residuais.

A estimativa da população realiza-se através da consulta de estudos existentes e dados disponíveis, recorrendo-se aos censos populacionais (BGRI) e, quando necessário, aos censos eleitorais, ao número de camas de instalações hoteleiras e turística e planos de desenvolvimento urbanístico (PDM).

Relativamente à estimativa da população servida no ano de horizonte de projeto esta deve incluir não só a população residente mas também a população temporária ou flutuante.

A quantificação da população flutuante e sua evolução é realizada com base numa análise de registos disponíveis e na quantificação das infra-estruturas existentes e condições de ocupação local prevista.

Na falta de elementos de estudo já disponíveis, relativamente à população a servir, é usual a utilização do método geométrico que se traduz pela seguinte expressão (2):

$$P_T = P_0 \times (1 + t_g)^n \quad (2)$$

Sendo,

$P_t$ ,  $P_0$  – população no horizonte de projeto e no ano de referência, respetivamente;

$t_g$  – taxa geométrica de evolução;

$n$  – número de anos.

A taxa geométrica de evolução deve ser determinada a partir dos resultados dos Censos aplicando, eventualmente, o método dos mínimos quadrados.

### 3. Caudais de Cálculo:

O **caudal de ponta de projeto**,  $Q_{pd}$  [ $m^3/s$ ], de um sistema drenagem de águas residuais é calculado pela seguinte expressão (3) (Paixão,1999):

$$Q_{pd} = f_p \times Q_{md} + Q_{inf} + Q_{ind} + Q_{opt} \quad (3)$$

- O **caudal médio diário**, no ano de horizonte de projeto, de águas residuais,  $Q_{md}$  [ $m^3/s$ ], é calculado através da multiplicação da capitação de águas residuais domésticas e da população, ou seja como a expressão (4) (Paixão,1999):

$$Q_{md} = Pop \times Cap \quad (4)$$

A capitação média anual de afluência à rede,  $Cap$  [l/(hab.dia)], é obtida a partir da capitação de abastecimento de água multiplicada pelo fator de afluência.

As capitações de abastecimento de água a considerar no ano de horizonte de projeto não devem ser inferiores aos seguintes valores, em função da dimensão do aglomerado ou aglomerados a servir (Paixão,1999):

- 80 l/(hab.dia) até 1000 habitantes;
- 100 l/(hab.dia) de 1000 a 10 000 habitantes;
- 125 l/(hab.dia) de 10 000 a 20 000 habitantes;
- 150 l/(hab.dia) de 20 000 a 50 000 habitantes;
- 175 l/(hab.dia) acima de 50 000 habitantes.

Dependendo da extensão das zonas verdes agrícolas ou ajardinadas e dos hábitos de vida da população, os fatores de afluência à rede variam entre 0,70 e 0,90.

- O fator de ponta,  $f_p$ , pode estimar-se pela igualdade (5):

$$f_p = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{Pop}} \quad (5)$$



onde,  $Pop$ , é a população a servir.

- Os **caudais de infiltração**,  $Q_{inf}$  [ $m^3/s$ ], provenientes da água existente no solo, estão relacionados com as características hidrogeológicas do solo e do tipo e do estado de conservação da rede de coletores e das juntas. Na falta de dados experimentais locais, pode considerar-se, o valor do caudal de infiltração (Paixão,1999):
  - a) Igual ao caudal médio anual, nas redes de pequenas urbanizações com coletores a jusante até 300 mm de diâmetro;
  - b) Proporcional ao comprimento da rede de coletores e ao seu diâmetro, nas grandes e médias urbanizações. Em urbanizações novas os valores de caudais de infiltração podem ser da ordem de 0,5  $m^3$ /dia, por quilómetro de comprimento da rede pública e por centímetro de diâmetro dos coletores. Em redes com os coletores em mau estado de conservação, aqueles valores podem subir até 4  $m^3$ /dia por quilómetro e por centímetro.
- Os **caudais industriais**,  $Q_{ind}$  [ $m^3/s$ ], são caudais provenientes das atividades industriais, e geralmente são inseridos na rede juntamente com os caudais das águas residuais domésticas (Paixão,1999).

Segundo o referido no Decreto Regulamentar nº23/95, na estimativa dos caudais de águas residuais domésticas com ligações industriais é indispensável aceder à informação relacionada ao inventário e caracterização das indústrias a ligar/ligadas ao sistema, com o intuito de se conhecerem os caudais rejeitados, as suas características físicas, químicas e bacteriológicas ao longo do tempo.

Assim sendo, todos os consumidores especiais, que impliquem consumos de água significativos, devem ser analisados separadamente com o objetivo de estimar os respetivos caudais de águas residuais industriais.

Na Tabela II. 1 encontram-se os valores referentes a consumos de água industriais e comerciais.

*Tabela II. 1 - Consumos de água industriais e comerciais.*

Tipo de estabelecimento	Consumo	
	Valor	Unidade
Adegas	5	l/litro de produto
Lacticínios	4 – 12	l/kg de produto
Matadouros (animais de grande porte)	300	l/cabeça
Matadouros (animais de médio porte)	150	l/cabeça
Estações de serviço	150	l/(veículo.dia)
Padarias	0,6	l/kg de farinha
Pensões (sem cozinha nem lavandaria)	120	l/(hóspede.dia)
Restaurantes	25	l/refeição

Na Tabela II. 2, apresentam-se valores orientadores relativos a consumos de água para diferentes tipo de animais.

Tabela II. 2 - Consumo por animal

Tipo de animal	Capitação [l/(animal.dia)]
Vacas leiteiras	75
Cavalos, mulas e burros	40
Porcos	10
Cabras e ovelhas	8
Perús	0,75
Galinhas	0,40

Os volumes de água rejeitados no sistema, no âmbito da actividade industrial, podem ser elevados quando comparados com os caudais domésticos transportados. Esta razão leva a que, por vezes, se dimensionem tanques de retenção, de modo a que se amortecem as descargas industriais antes do lançamento no sistema municipal. Em certas circunstâncias, pode justificar-se o controlo das descargas industriais, de forma a que elas só se verifiquem em períodos determinados (em regra, à noite), correspondentes ao escoamento de caudais reduzidos nos colectores da rede.

- **Os caudais de origem pluvial,  $Q_{opl}$  [m<sup>3</sup>/s],** teoricamente, não devem afluir a uma rede separativa doméstica. No entanto, é frequente, sobretudo em redes extensas e antigas, verificar-se a existência de contribuição pluvial (Paixão, 1999).

A contribuição pluvial na rede separativa doméstica ocorre devido aos seguintes fatores:

- Ligação errónea de coletores pluviais da rede pública ou das redes prediais ao sistema separativo doméstico;
- Mistura de caudais pluviais com domésticos nas redes prediais (parcial ou totalmente) sendo estas ligadas ao sistema público separativo doméstico;
- entrada das águas pluviais através das tampas das câmaras de visita de colectores domésticos;
- entrada da água de linhas de água em situação de cheia, particularmente através de colectores de descarga de emergência da rede separativa doméstica não equipados com válvulas de retenção, ou através de colectores domésticos que se encontram danificados.

A afluência das águas pluviais direta à rede doméstica pode, em alguns casos, constituir uma contribuição bastante significativa, em termos de caudal de ponta, podendo atingir valores de 10 a 15 vezes o caudal de ponta de tempo seco.

Em Portugal, no caso de grandes sistemas de drenagem de águas residuais operados por empresas do Grupo Águas de Portugal, a contribuição pluvial direta anual (excluindo infiltração) ronda os 20 a 30% do caudal médio de água residual.

#### 4. Critérios de dimensionamento hidráulico-sanitário:

No dimensionamento hidráulico-sanitário da rede de coletores deve-se ter em atenção minimizar os custos globais do sistema por meio de uma criteriosa combinação de diâmetros, inclinações e profundidades de assentamento dos coletores. Deve-se ter em conta as seguintes critérios de dimensionamento definidos no Decreto Regular de nº23/95:

- Diâmetro nominal mínimo admitido nas águas residuais é de 200 mm;
- As inclinações dos coletores não devem ser superiores a 15,00% nem inferiores a 0,3%;
- As velocidades de escoamento para assegurar o perfeito funcionamento dos órgãos de transporte de águas residuais domésticas deverão ser limitadas. Assim, a velocidade mínima de escoamento será de 0,60 m/s e a velocidade máxima, limitada a 3,00 m/s para o caudal do ano horizonte de projeto;
- A altura máxima da lâmina líquida nos cloetores de águas residuais domésticas para a situação de caudal de ponto no ano horizonte de projeto não deverá ultrapassar os seguintes limites:
  - Coletores de diâmetro nominal inferior ou igual a 500 mm – 50% da sua altura
  - Coletores de diâmetro nominal superior a 500 mm – 75% da sua altura
  - Os limites preconizados para a altura da lâmina líquida garantem condições adequadas de ventilação dos coletores que, em conjunto com o estabelecimento de velocidades de escoamento adequadas e outras disposições construtivas, permitirão o controlo da septicidade;
- A tensão de arrastamento deve ser superior a 2,00 N/m<sup>2</sup> de modo a garantir as condições de autolimpeza;
- O recobrimento mínimo dos coletores, medido entre o seu extradorso e o pavimento da via pública, será de 1,00 m. Para recobrimentos inferiores a este valor, em situações como sejam travessias sob rios ou ribeiras ou outros casos excepcionais, os coletores serão protegidos por envolvimento de betão;
- O material da tubagem dos coletores de águas residuais geralmente são em PVC corrugado, de classe de rigidez SN8, dentro da gama de diâmetros nominais existentes;
- Outros requisitos que deverão, ainda, ser obedecidos são:
  - Em termos de sequência de secções, não é admissível a redução da secção útil dos coletores de montante para jusante;
  - As caixas de visita são instaladas de 60 em 60 m, nas mudanças de direção, nas mudanças de inclinação e nas mudanças de secção;
  - Por forma a garantir a continuidade da veia líquida, nas alterações de diâmetro, deverá existir sempre concordância da geratriz superior interior dos coletores.
- Para o dimensionamento dos coletores considera-se que o escoamento se processa em regime uniforme, sendo aplicável a fórmula de Manning-Strickler (PVC corrugado o  $K_s=125 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ).

Anexo III - Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais doméstica

Tabela III. 1 – Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais domésticas (zona 2) para o ano HP

Troço	Material	DN	SN	D <sub>i</sub> (m)	Q <sub>Ano HP</sub> (l/s)	Cota de soleira a montante (m)	Cota de soleira a jusante (m)	L (m)	i <sub>terreno</sub> (m/m)	i <sub>terreno</sub> (%)	i <sub>coletor</sub> (m/m)	i <sub>min</sub> (m/m)	i <sub>min</sub> (%)	i <sub>adotado coletor</sub> (m/m)	Condições hidráulicas de escoamento, Q=Q <sub>HP</sub>										
															Q <sub>sc</sub> (l/s)	θ <sub>n</sub>	θ <sub>n+1</sub>	Δθ	h (m)	h/D	Rh (m)	S (m <sup>2</sup> )	V <sub>real</sub> (m/s)	V <sub>sc</sub> (m/s)	t (N/m <sup>2</sup> )
10 - 9	PVC corrug	200	8	0,18	0,14	67,30	66,00	38,87	0,07	7,20	0,03	0,01	0,55	0,03	75,80	0,72	0,72	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,56	2,91	1,24
9 - 8	PVC corrug	200	8	0,18	0,31	64,60	63,50	32,34	0,09	8,66	0,03	0,01	0,55	0,03	76,44	0,87	0,87	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,72	2,94	1,83
8.1 - 8	PVC corrug	200	8	0,18	0,14	64,70	63,50	34,30	0,06	5,54	0,03	0,01	0,55	0,03	77,52	0,72	0,72	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,57	2,98	1,31
8 - 7	PVC corrug	200	8	0,18	0,51	61,00	60,20	45,13	0,05	4,65	0,02	0,01	0,55	0,02	55,18	1,06	1,06	0,00	0,01	0,07	0,01	0,00	0,67	2,12	1,39
7.1 - 7	PVC corrug	200	8	0,18	0,17	62,10	60,20	54,83	0,06	5,84	0,03	0,01	0,55	0,03	77,15	0,75	0,75	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,60	2,97	1,41
7 - 6	PVC corrug	200	8	0,18	0,82	60,20	58,50	50,00	0,06	5,80	0,03	0,01	0,55	0,03	76,42	1,09	1,09	0,00	0,01	0,07	0,01	0,00	0,96	2,94	2,85
6 - 5	PVC corrug	200	8	0,18	0,89	58,50	50,00	56,45	0,11	10,81	0,15	0,01	0,55	0,01	30,72	1,40	1,39	0,00	0,02	0,12	0,01	0,00	0,52	1,18	0,72
5 - 4	PVC corrug	200	8	0,18	0,99	50,00	48,90	40,00	0,09	8,75	0,03	0,01	0,55	0,03	68,73	1,18	1,18	0,00	0,02	0,08	0,01	0,00	0,95	2,64	2,64
4 - 3	PVC corrug	200	8	0,18	1,12	46,00	44,60	40,97	0,10	10,50	0,03	0,01	0,55	0,03	76,62	1,18	1,18	0,00	0,02	0,08	0,01	0,00	1,06	2,95	3,30
3.5 - 3.4	PVC corrug	200	8	0,18	0,14	58,30	57,10	40,53	0,08	8,14	0,03	0,01	0,55	0,03	71,31	0,73	0,73	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,53	2,74	1,13
3.4 - 3.3	PVC corrug	200	8	0,18	0,20	57,10	51,50	36,34	0,09	8,53	0,15	0,01	0,55	0,01	30,72	0,98	0,98	0,00	0,01	0,06	0,01	0,00	0,34	1,18	0,37
3.3 - 3.2	PVC corrug	200	8	0,18	0,44	51,60	50,10	45,00	0,09	8,89	0,03	0,01	0,55	0,03	75,67	0,95	0,95	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,79	2,91	2,12
3.2 - 3.1	PVC corrug	200	8	0,18	0,58	50,10	44,40	37,64	0,09	8,50	0,15	0,01	0,55	0,01	30,72	1,26	1,26	0,00	0,02	0,10	0,01	0,00	0,46	1,18	0,60
3.1 - 3	PVC corrug	200	8	0,18	0,58	46,20	44,60	46,84	0,06	6,19	0,03	0,01	0,55	0,03	76,60	1,01	1,01	0,00	0,01	0,06	0,01	0,00	0,87	2,95	2,45
3 - 2	PVC corrug	200	8	0,18	1,70	43,10	41,50	50,71	0,06	5,52	0,03	0,01	0,55	0,03	73,62	1,32	1,32	0,00	0,02	0,11	0,01	0,00	1,17	2,83	3,75
2.3 - 2.2	PVC corrug	200	8	0,18	0,24	51,90	49,90	57,23	0,09	9,26	0,03	0,01	0,55	0,03	77,48	0,81	0,81	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,67	2,98	1,66
2.2 - 2.1	PVC corrug	200	8	0,18	0,34	46,10	44,70	42,49	0,12	12,00	0,03	0,01	0,55	0,03	75,23	0,89	0,89	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,73	2,89	1,86
2.1 - 2	PVC corrug	200	8	0,18	0,41	44,70	41,50	19,28	0,16	15,56	0,17	0,01	0,55	0,01	30,72	1,15	1,15	0,00	0,01	0,08	0,01	0,00	0,41	1,18	0,51
2 - 1	PVC corrug	200	8	0,18	2,11	41,50	40,50	53,50	0,02	1,87	0,02	0,01	0,55	0,02	56,66	1,49	1,49	0,00	0,02	0,13	0,02	0,00	1,04	2,18	2,75
1.3.3 - 1.3.2	PVC corrug	200	8	0,18	0,17	56,70	55,30	50,50	0,01	1,19	0,03	0,01	0,55	0,03	69,01	0,77	0,77	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,56	2,65	1,19
1.3.2 - 1.3	PVC corrug	200	8	0,18	0,37	56,50	55,00	44,71	0,07	7,16	0,03	0,01	0,55	0,03	75,91	0,91	0,91	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,76	2,92	1,97
1.3.1 - 1.3	PVC corrug	200	8	0,18	0,37	55,50	54,00	58,01	0,01	0,86	0,03	0,01	0,55	0,03	66,65	0,94	0,94	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,69	2,56	1,62
1.3 - 1.2	PVC corrug	200	8	0,18	0,89	54,00	52,80	43,45	0,07	6,90	0,03	0,01	0,55	0,03	68,87	1,14	1,14	0,00	0,01	0,08	0,01	0,00	0,92	2,65	2,52
1.2 - 1.1	PVC corrug	200	8	0,18	1,02	52,80	47,30	36,52	0,12	11,50	0,15	0,01	0,55	0,01	30,72	1,45	1,45	0,00	0,02	0,13	0,01	0,00	0,55	1,18	0,77
1.1 - 1	PVC corrug	200	8	0,18	1,12	41,50	40,50	56,30	0,13	13,32	0,02	0,01	0,55	0,02	55,24	1,28	1,28	0,00	0,02	0,10	0,01	0,00	0,85	2,12	1,99
1 - 0	PVC corrug	200	8	0,18	3,24	40,50	34,20	36,59	0,17	17,22	0,17	0,01	0,55	0,01	30,72	1,95	1,95	0,00	0,04	0,22	0,02	0,00	0,77	1,18	1,28
14 - 13	PVC corrug	200	8	0,18	0,07	48,70	46,90	58,91	0,03	3,06	0,03	0,01	0,55	0,03	72,45	0,62	0,61	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,44	2,79	0,84
13 - 12	PVC corrug	200	8	0,18	0,14	46,90	45,50	58,40	0,02	2,40	0,02	0,01	0,55	0,02	64,17	0,74	0,74	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,49	2,47	0,96
12 - 11	PVC corrug	200	8	0,18	0,14	44,70	43,10	45,90	0,05	5,23	0,03	0,01	0,55	0,03	77,38	0,71	0,71	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,56	2,98	1,28
11 - 0	PVC corrug	200	8	0,18	0,14	41,80	34,20	50,65	0,17	16,98	0,15	0,01	0,55	0,01	30,72	0,89	0,89	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,30	1,18	0,31
0 - ETAR COMP	PVC corrug	200	8	0,18	3,37	33,70	32,90	32,33	0,05	4,95	0,02	0,01	0,55	0,02	65,20	1,62	1,62	0,00	0,03	0,15	0,02	0,00	1,32	2,51	4,21

Tabela III. 2 – Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais domésticas (zona 3) para o ano HP

Troço	Material	DN	SN	D <sub>i</sub> (m)	Q <sub>Ano HP</sub> (l/s)	Cota de soleira a montante (m)	Cota de soleira a jusante (m)	L (m)	i <sub>terreno</sub> (m/m)	i <sub>terreno</sub> (%)	i <sub>coletor</sub> (m/m)	i <sub>min</sub> (m/m)	i <sub>min</sub> (%)	i <sub>adotado</sub> coletor(m/m)	Condições hidráulicas de escoamento, Q=Q <sub>HP</sub>										
															Q <sub>sc</sub> (l/s)	θ <sub>n</sub>	θ <sub>n+1</sub>	Δθ	h (m)	h/D	Rh (m)	S (m <sup>2</sup> )	V <sub>real</sub> (m/s)	V <sub>sc</sub> (m/s)	t (N/m <sup>2</sup> )
12 - 11	PVC corrug	200	8	0,18	0,95	50,30	49,60	51,71	0,01	1,35	0,01	0,01	0,55	0,01	48,22	1,27	1,27	0,00	0,02	0,10	0,01	0,00	0,73	1,85	1,50
11 - 10	PVC corrug	200	8	0,18	1,28	49,60	49,30	38,05	0,01	0,79	0,02	0,01	0,55	0,01	36,80	1,46	1,46	0,00	0,02	0,13	0,02	0,00	0,66	1,42	1,13
10 - 9	PVC corrug	200	8	0,18	1,50	49,30	49,80	45,81	-0,01	-1,09	-0,01	0,01	0,55	0,01	30,72	1,59	1,59	0,00	0,03	0,15	0,02	0,00	0,61	1,18	0,91
9 - 8	PVC corrug	200	8	0,18	1,72	49,80	52,30	30,33	-0,08	-8,24	-0,08	0,01	0,55	0,01	30,72	1,65	1,65	0,00	0,03	0,16	0,02	0,00	0,64	1,18	0,97
8 - 7	PVC corrug	200	8	0,18	1,93	52,30	53,10	38,88	-0,02	-2,06	-0,02	0,01	0,55	0,01	30,72	1,70	1,70	0,00	0,03	0,17	0,02	0,00	0,66	1,18	1,02
7.4 - 7.3	PVC corrug	200	8	0,18	0,44	55,20	54,80	34,95	0,01	1,14	0,01	0,01	0,55	0,01	44,34	1,07	1,07	0,00	0,01	0,07	0,01	0,00	0,54	1,71	0,92
7.3 - 7.2	PVC corrug	200	8	0,18	0,87	54,80	54,81	32,90	-0,02	-1,52	0,00	0,01	0,55	0,01	30,72	1,39	1,39	0,00	0,02	0,12	0,01	0,00	0,52	1,18	0,72
7.2 - 7.1	PVC corrug	200	8	0,18	0,87	54,81	56,50	39,51	-0,04	-4,30	-0,04	0,01	0,55	0,01	30,72	1,39	1,39	0,00	0,02	0,12	0,01	0,00	0,52	1,18	0,72
7.1 - 7	PVC corrug	200	8	0,18	1,42	54,20	53,10	32,74	0,12	11,91	0,03	0,01	0,55	0,03	75,97	1,25	1,25	0,00	0,02	0,10	0,01	0,00	1,13	2,92	3,62
7 - 6	PVC corrug	200	8	0,18	3,35	50,60	50,30	22,21	0,13	12,61	0,01	0,01	0,55	0,01	48,17	1,75	1,75	0,00	0,03	0,18	0,02	0,00	1,06	1,85	2,63
6.1 - 6	PVC corrug	200	8	0,18	0,30	50,50	50,30	49,90	0,00	0,40	0,00	0,01	0,55	0,01	30,72	1,07	1,07	0,00	0,01	0,07	0,01	0,00	0,38	1,18	0,44
6 - 5	PVC corrug	200	8	0,18	3,65	48,00	47,80	25,18	0,10	9,93	0,01	0,01	0,55	0,01	36,94	1,92	1,92	0,00	0,04	0,21	0,02	0,00	0,91	1,42	1,80
5.5 - 5.4	PVC corrug	200	8	0,18	0,68	44,80	44,30	59,01	0,01	0,85	0,01	0,01	0,55	0,01	38,15	1,24	1,24	0,00	0,02	0,09	0,01	0,00	0,56	1,47	0,90
5.4 - 5.3	PVC corrug	200	8	0,18	1,01	44,30	43,80	43,50	0,01	1,15	0,01	0,01	0,55	0,01	44,43	1,31	1,31	0,00	0,02	0,10	0,01	0,00	0,70	1,71	1,35
5.3 - 5.2	PVC corrug	200	8	0,18	1,23	43,80	44,50	38,58	-0,02	-1,81	-0,02	0,01	0,55	0,01	30,72	1,51	1,51	0,00	0,03	0,14	0,02	0,00	0,58	1,18	0,83
5.2 - 5.1	PVC corrug	200	8	0,18	1,23	44,50	45,80	48,91	-0,03	-2,66	-0,03	0,01	0,55	0,01	30,72	1,51	1,51	0,00	0,03	0,14	0,02	0,00	0,58	1,18	0,83
5.1 - 5	PVC corrug	200	8	0,18	1,23	45,80	47,80	49,54	-0,04	-4,04	-0,04	0,01	0,55	0,01	30,72	1,51	1,51	0,00	0,03	0,14	0,02	0,00	0,58	1,18	0,83
5 - 4	PVC corrug	200	8	0,18	4,88	45,30	45,00	22,01	0,13	12,72	0,01	0,01	0,55	0,01	48,38	1,93	1,93	0,00	0,04	0,22	0,02	0,00	1,19	1,86	3,12
4.6 - 4.5	PVC corrug	200	8	0,18	0,68	40,30	39,80	43,38	0,01	1,15	0,01	0,01	0,55	0,01	44,50	1,19	1,19	0,00	0,02	0,09	0,01	0,00	0,63	1,71	1,14
4.5 - 4.4	PVC corrug	200	8	0,18	1,01	39,80	38,80	33,96	0,03	2,94	0,03	0,01	0,55	0,03	71,12	1,17	1,17	0,00	0,02	0,08	0,01	0,00	0,98	2,73	2,80
4.4 - 4.3	PVC corrug	200	8	0,18	1,34	38,80	38,80	32,84	0,00	0,00	0,00	0,01	0,55	0,01	30,72	1,55	1,55	0,00	0,03	0,14	0,02	0,00	0,59	1,18	0,87
4.3 - 4.2	PVC corrug	200	8	0,18	1,55	38,80	39,80	35,38	-0,03	-2,83	-0,03	0,01	0,55	0,01	30,72	1,61	1,61	0,00	0,03	0,15	0,02	0,00	0,62	1,18	0,93
4.2 - 4.1	PVC corrug	200	8	0,18	1,58	39,80	42,30	21,10	-0,12	-11,85	-0,12	0,01	0,55	0,01	30,72	1,61	1,61	0,00	0,03	0,15	0,02	0,00	0,62	1,18	0,93
4.1 - 4	PVC corrug	200	8	0,18	1,58	42,30	45,00	20,45	-0,13	-13,20	-0,13	0,01	0,55	0,01	30,72	1,61	1,61	0,00	0,03	0,15	0,02	0,00	0,62	1,18	0,93
4 - 3	PVC corrug	200	8	0,18	6,57	45,00	44,20	35,80	0,02	2,23	0,02	0,01	0,55	0,02	61,96	1,95	1,95	0,00	0,04	0,22	0,02	0,00	1,55	2,38	5,23
3 - 2	PVC corrug	200	8	0,18	6,65	42,90	42,80	27,74	0,05	5,05	0,00	0,01	0,55	0,01	30,72	2,39	2,39	0,00	0,06	0,32	0,03	0,01	0,94	1,18	1,75
2 - 1	PVC corrug	200	8	0,18	6,70	41,30	41,30	16,27	0,09	9,22	0,00	0,01	0,55	0,01	30,72	2,39	2,39	0,00	0,06	0,32	0,03	0,01	0,95	1,18	1,75
1 - 0	PVC corrug	200	8	0,18	6,73	39,00	39,30	16,85	0,12	11,87	-0,02	0,01	0,55	0,01	30,72	2,40	2,40	0,00	0,06	0,32	0,03	0,01	0,95	1,18	1,76
0- ETAR compacta	PVC corrug	200	8	0,18	6,73	37,00	37,10	24,08	0,09	9,14	-0,00	0,01	0,55	0,01	30,72	2,40	2,40	0,00	0,06	0,32	0,03	0,01	0,95	1,18	1,76

Tabela III. 3 - Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais domésticas (zona 6) para o ano HP

Troço	Material	DN	SN	D <sub>i</sub> (m)	Q <sub>Ano HP</sub> (l/s)	Cota de soleira a montante (m)	Cota de soleira a jusante (m)	L (m)	i <sub>terreno</sub> (m/m)	i <sub>terreno</sub> (%)	i <sub>coletor</sub> (m/m)	i <sub>min</sub> (m/m)	i <sub>min</sub> (%)	i <sub>adotado</sub> coletor(m/m)	Condições hidráulicas de escoamento, Q=Q <sub>HP</sub>										
															Q <sub>sc</sub> (l/s)	θ <sub>n</sub>	θ <sub>n+1</sub>	Δθ	h (m)	h/D	Rh (m)	S (m <sup>2</sup> )	V <sub>real</sub> (m/s)	V <sub>sc</sub> (m/s)	t (N/m <sup>2</sup> )
13 - 12	PVC corrug	200	8	0,18	0,75	84,60	82,80	56,20	0,05	4,63	0,03	0,01	0,55	0,03	74,18	1,08	1,08	0,00	0,01	0,07	0,01	0,00	0,92	2,85	2,61
12 - 11	PVC corrug	200	8	0,18	1,05	81,00	79,30	49,70	0,07	7,04	0,03	0,01	0,55	0,03	76,65	1,16	1,16	0,00	0,01	0,08	0,01	0,00	1,04	2,95	3,20
11.1 - 11	PVC corrug	200	8	0,18	0,82	81,00	79,30	58,47	0,08	7,70	0,03	0,01	0,55	0,03	70,67	1,11	1,11	0,00	0,01	0,08	0,01	0,00	0,91	2,72	2,52
11 - 10	PVC corrug	200	8	0,18	1,87	78,50	77,70	23,94	0,07	6,68	0,03	0,01	0,55	0,03	75,77	1,34	1,34	0,00	0,02	0,11	0,01	0,00	1,23	2,91	4,08
10 - 9	PVC corrug	200	8	0,18	2,17	77,70	76,80	43,31	0,02	2,08	0,02	0,01	0,55	0,02	59,74	1,48	1,48	0,00	0,02	0,13	0,01	0,00	1,09	2,30	3,02
9 - 8	PVC corrug	200	8	0,18	2,96	76,80	77,10	33,74	-0,01	-0,89	-0,01	0,01	0,55	0,01	30,72	1,90	1,90	0,00	0,04	0,21	0,02	0,00	0,75	1,18	1,23
8 - 7	PVC corrug	200	8	0,18	3,26	77,10	79,80	31,16	-0,09	-8,67	-0,09	0,01	0,55	0,01	30,72	1,95	1,95	0,00	0,04	0,22	0,02	0,00	0,77	1,18	1,29
7.4 - 7.3	PVC corrug	200	8	0,18	0,27	85,30	84,20	37,92	0,06	6,33	0,03	0,01	0,55	0,03	70,59	0,86	0,86	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,65	2,71	1,54
7.3 - 7.2	PVC corrug	200	8	0,18	0,55	83,40	83,20	11,96	0,08	8,36	0,02	0,01	0,55	0,02	53,59	1,08	1,08	0,00	0,01	0,07	0,01	0,00	0,67	2,06	1,37
7.2 - 7.1	PVC corrug	200	8	0,18	0,55	82,10	81,20	27,42	0,07	7,29	0,03	0,01	0,55	0,03	75,09	1,00	1,00	0,00	0,01	0,06	0,01	0,00	0,84	2,89	2,30
7.1 - 7	PVC corrug	200	8	0,18	0,55	80,60	79,80	25,13	0,06	5,57	0,03	0,01	0,55	0,03	73,95	1,00	1,00	0,00	0,01	0,06	0,01	0,00	0,83	2,84	2,25
7 - 6	PVC corrug	200	8	0,18	3,80	79,80	79,50	37,28	0,01	0,80	0,01	0,01	0,55	0,01	37,18	1,93	1,93	0,00	0,04	0,22	0,02	0,00	0,92	1,43	1,85
6.1 - 6	PVC corrug	200	8	0,18	0,19	80,80	79,50	40,47	0,08	8,15	0,03	0,01	0,55	0,03	74,28	0,78	0,78	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,61	2,86	1,41
6 - 5	PVC corrug	200	8	0,18	4,07	79,50	81,10	48,76	-0,03	-3,28	-0,03	0,01	0,55	0,01	30,72	2,08	2,08	0,00	0,04	0,25	0,03	0,00	0,82	1,18	1,42
5 - 4	PVC corrug	200	8	0,18	4,17	81,10	80,80	21,92	0,01	1,37	0,01	0,01	0,55	0,01	48,49	1,85	1,85	0,00	0,04	0,20	0,02	0,00	1,14	1,86	2,92
4 - 3	PVC corrug	200	8	0,18	4,46	80,80	82,40	55,36	-0,03	-2,89	-0,03	0,01	0,55	0,01	30,72	2,13	2,13	0,00	0,05	0,26	0,03	0,01	0,84	1,18	1,47
3 - 2	PVC corrug	200	8	0,18	4,74	82,40	81,80	50,56	0,01	1,19	0,01	0,01	0,55	0,01	45,15	1,95	1,95	0,00	0,04	0,22	0,02	0,00	1,13	1,74	2,77
2 - 1	PVC corrug	200	8	0,18	4,93	81,30	81,30	38,75	0,01	1,29	0,00	0,01	0,55	0,01	30,72	2,19	2,19	0,00	0,05	0,27	0,03	0,01	0,87	1,18	1,54
1 - 0	PVC corrug	200	8	0,18	4,93	81,00	79,80	35,68	0,04	4,20	0,03	0,01	0,55	0,03	76,01	1,71	1,71	0,00	0,03	0,17	0,02	0,00	1,65	2,92	6,34
21 - 20	PVC corrug	200	8	0,18	0,20	91,30	90,30	30,71	0,02	1,63	0,03	0,01	0,55	0,03	74,79	0,79	0,79	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,62	2,88	1,46
20 - 19	PVC corrug	200	8	0,18	0,25	89,00	88,20	29,73	0,08	8,41	0,03	0,01	0,55	0,03	67,99	0,84	0,84	0,00	0,01	0,04	0,01	0,00	0,62	2,61	1,37
19 - 18	PVC corrug	200	8	0,18	0,25	90,30	88,30	58,50	0,06	5,81	0,03	0,01	0,55	0,03	76,63	0,82	0,82	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,67	2,95	1,66
18.1 - 18	PVC corrug	200	8	0,18	0,07	88,50	87,80	50,66	0,01	0,99	0,01	0,01	0,55	0,01	48,72	0,67	0,67	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,33	1,87	0,46
18 - 17	PVC corrug	200	8	0,18	0,35	88,00	87,30	49,08	0,01	1,02	0,01	0,01	0,55	0,01	49,49	0,99	0,99	0,00	0,01	0,06	0,01	0,00	0,55	1,90	0,99
17 - 16	PVC corrug	200	8	0,18	0,35	87,50	86,60	57,40	0,00	0,35	0,02	0,01	0,55	0,02	51,90	0,98	0,98	0,00	0,01	0,06	0,01	0,00	0,57	2,00	1,07
16 - 15	PVC corrug	200	8	0,18	0,35	87,30	86,40	57,26	0,00	0,35	0,02	0,01	0,55	0,02	51,96	0,98	0,98	0,00	0,01	0,06	0,01	0,00	0,57	2,00	1,07
15.4 - 15.3	PVC corrug	200	8	0,18	0,04	90,50	89,80	37,08	0,02	1,89	0,02	0,01	0,55	0,02	56,94	0,58	0,58	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,32	2,19	0,46
15.2 - 15.2	PVC corrug	200	8	0,18	0,04	89,80	88,80	41,00	0,02	2,44	0,02	0,01	0,55	0,02	64,73	0,56	0,56	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,35	2,49	0,56
15.2 - 15.1	PVC corrug	200	8	0,18	0,05	88,80	87,10	52,77	0,02	1,90	0,03	0,01	0,55	0,03	74,39	0,58	0,58	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,42	2,86	0,80
15.1 - 15	PVC corrug	200	8	0,18	0,10	88,00	86,40	49,26	0,02	1,83	0,03	0,01	0,55	0,03	74,70	0,66	0,66	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,49	2,87	1,04
15 - 14	PVC corrug	200	8	0,18	0,46	84,60	83,00	51,81	0,08	7,53	0,03	0,01	0,55	0,03	72,84	0,96	0,96	0,00	0,01	0,06	0,01	0,00	0,78	2,80	2,04
14.3 - 14.1	PVC corrug	200	8	0,18	0,05	85,05	84,80	37,82	0,06	5,69	0,01	0,01	0,55	0,01	33,70	0,67	0,68	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,23	1,30	0,22
14.2 - 14.1	PVC corrug	200	8	0,18	0,07	83,80	84,80	44,82	-0,02	-2,23	-0,02	0,01	0,55	0,01	30,72	0,75	0,75	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,24	1,18	0,23
14.1 - 14	PVC corrug	200	8	0,18	0,08	84,00	83,00	50,43	0,04	3,57	0,02	0,01	0,55	0,02	58,36	0,68	0,68	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,40	2,24	0,66
14 - 0	PVC corrug	200	8	0,18	0,55	81,70	79,80	53,93	0,06	5,93	0,04	0,01	0,55	0,04	77,79	0,99	0,99	0,00	0,01	0,06	0,01	0,00	0,86	2,99	2,43
0 - ETAR compacta	PVC corrug	200	8	0,18	5,48	79,00	78,80	11,93	0,08	8,38	0,02	0,01	0,55	0,02	53,67	1,93	1,93	0,00	0,04	0,22	0,02	0,00	1,33	2,06	3,86

**Considerações:**

Para as redes de drenagem de águas residuais domésticas, tratando-se de redes com pequenos caudais afluentes nos coletores, a inclinação mínima necessária para verificar a velocidade mínima na rede iria conduzir a profundidades muito elevadas, pelo que optou-se por não garantir essa velocidade em alguns troços.

Assim, para esses troços, será necessário prever uma manutenção mais cuidada, onde se deverá proceder a descargas periódicas de água nas câmaras de visita de mais a montante, para varrimento do caudal sólido sedimentado devido ao défice de poder de transporte do escoamento nos coletores, conforme previsto no RGSPDADAR.

Tendo em conta que se trata de uma rede cujos coletores são gravíticos e com escoamento em superfície livre, a implantação de estações de bombagem e a extensão do transporte em condutas em pressão é dispensada. Este critério conduz diretamente a um aumento de fiabilidade do sistema e a uma considerável redução nos custos de manutenção e exploração.

## Anexo IV - Necessidades hídricas da zona a intervir

Tabela IV. 1 – Dados para o cálculo do caudal necessário

Caudal necessário para lavagem de ruas (para 150 dias)	0,02	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Caudal necessário para rega (para 150 dias ao ano, época do verão)	3,50	l/m <sup>2</sup> /dia

Tabela IV. 2 - Caudal necessário para lavagem de ruas

Lavagem de Ruas				
Ruas	Comp. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Caudal necessário (m <sup>3</sup> /dia)
Rua 25 de Abril	256	6	1536	26,11
Rua 11 de Março	224	6	1344	22,85
Rua Norte	275	6	1650	28,05
Rua dos Vencedores	335	6	2010	34,17
Rua do Parque	203	6	1218	20,71
Rua do Divino Espírito Santo	129	6	774	13,16
Rua Principal	455	6	2730	46,41
Rua Anaia	118	6	708	12,04
Rua do Sol Nascente	276	6	1656	28,15
Rua da Primavera	100	6	600	10,20
Rua das Flores	360	6	2160	36,72
Rua Bernardo Santareno	142	6	852	14,48
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
Calçada da Fonte	60,8	6	364,8	6,20
Rua de Bombaim	266	6	1596	27,13
Rua Salgueiros	80,6	6	483,6	8,22
Rua Jorge de Barros	111	6	666	11,32
Rua da Primavera	216	6	1296	22,03
Av. Santa Iria	733	6	4398	74,77
Rua das Marinhas do Tejo	1121	6	6726	114,34
Rua até ETAR opção 1	331	6	1986	33,76
			<b>TOTAL</b>	<b>1 734,88</b>

Tabela IV. 3 - Caudal necessário para rega de espaços verdes

Rega de Zonas Verdes		
Descrição	Área (m <sup>2</sup> )	Caudal necessário (m <sup>3</sup> /dia)
Matos	476 637,29	1 668,23
Pastagens	23 803,53	83,31
Culturas Permanentes: vinhas, pomares.	117 095,79	409,84
Florestas	24 618,54	86,16
Espaços vazios em tecido edificado	114 203,70	399,71
Áreas agrícolas heterogéneas	11 843,84	41,45
<b>Total</b>		<b>2 688,71</b>

Tabela IV. 4 - Total de Volume de água depurada para lavagem de ruas e rega

	m <sup>3</sup>
Volume para lavagem de ruas	34 697,65
Volume para rega	403 306,42
<b>Total de volume necessário</b>	<b>438 004,06</b>



Anexo V - Exemplos de cálculo dos custos de construção, operação e manutenção

Tabela V. 1 – Custos de construção da zona 2 (rede de drenagem e ETAR compacta – Opção 2)

CUSTO DE CONSTRUÇÃO DA ZONA 2 DA OPÇÃO 2							
CAPÍTULO ARTIGO	DESIGNAÇÃO	UNIDADES	Quantidades		Preços		
			Parciais	Totais	Unitários	Totais	
<b>GRUPO A</b>	<b>REDE DE DRENAGEM</b>						
A.1	TRABALHOS PREPARATÓRIOS	(1)				TOTAL	348,75 €
A.2	PAVIMENTOS	(1)				TOTAL	26 073,92 €
A.3	MOVIMENTO DE TERRAS	(1)				TOTAL	48 493,45 €
A.4	TUBAGEM E ACESSÓRIOS						
A.4.1	Fornecimento e assentamento de tubo para saneamento de PVC de parede dupla, a exterior corrugada e a interior lisa, cor telha RAL 8023, diâmetro nominal 200 mm, diâmetro exterior 200 mm, diâmetro interior 182 mm, rigidez anelar nominal 8 kN/m <sup>2</sup> , segundo NP EN 13476-1, coeficiente de fluência inferior a 2, comprimento nominal 6 m, união por copa com junta elástica de EPDM.	(2)	mL	1 394,72	1 395	15,85 €	22 110,75 €
						TOTAL	22 110,75 €
A.5	CAIXAS DE VISITA	(1)				TOTAL	16 279,89 €
A.6	DIVERSOS	(1)				TOTAL	3 200,50 €
<b>TOTAL do Custo de Construção da rede de drenagem de águas residuais domésticas</b>							<b>116 507,26 €</b>
<b>GRUPO B</b>	<b>ETAR compacta</b>						
B.1	Custo total de construção da implementação de caixa de gradagem de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV), de 1315x855x580 mm, com boca de entrada e de saída, de 200 mm de diâmetro, tampa, grelha de sólidos de grandes dimensões, cesta extraível e ancinho, para pré-tratamento de águas residuais.	(2)	un		1		898,47 €
B.2	Custo total de construção da implementação de Caudalímetro Parshall, por ultra-sons, de entre 0,32 e 19 m <sup>3</sup> /h de caudal, de 635.2x167.1x229 mm.	(2)	un		1		4 315,85 €
B.3	Custo total de construção da implementação de Estação depuradora biológica de águas residuais, tecnologia VFL, capacidade para 750 utilizadores (população equivalente), carga média de matéria orgânica contaminante (CBO <sub>5</sub> ) de 45 kg/dia e caudal máximo de água depurada de 112500 l/dia, equipada com estação de bombagem, três reatores biológicos tipo AT, três compressores e um depósito de lamas, segundo NP EN 12566-3.	(2)	un		1		197 306,87 €
<b>TOTAL do Custo de Construção da ETAR compacta</b>							<b>202 521,19 €</b>
<b>CUSTO TOTAL DE CONSTRUÇÃO PARA A ZONA 2</b>							<b>319 028,45 €</b>

**Considerações:**

- (1) Os preços unitários foram fornecidos por empresas, tendo sido o preço total calculado tendo em conta os dados da zona 2.
- (2) Preços retirados de CYPE – Gerador de Preços.

Tabela V. 2 - Custos de operação da Rede de drenagem de águas residuais domésticas para a Zona 2 (opção 2)

<b>Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas</b>			
<b>Ano</b>	<b>Taxa de saneamento</b>	<b>Custo act.</b>	<b>Custos act. acumulados</b>
	<b>€</b>	<b>€</b>	<b>€</b>
0	-	-	-
1	35 731,85	33 709,30	33 709,30
2	35 731,85	31 801,22	65 510,52
3	35 731,85	30 001,15	95 511,67
4	35 731,85	28 302,97	123 814,65
5	35 731,85	26 700,92	150 515,57
6	35 731,85	25 189,55	175 705,11
7	35 731,85	23 763,72	199 468,84
8	35 731,85	22 418,61	221 887,44
9	35 731,85	21 149,63	243 037,07
10	35 731,85	19 952,48	262 989,55
11	35 731,85	18 823,09	281 812,65
12	35 731,85	17 757,64	299 570,29
13	35 731,85	16 752,49	316 322,77
14	35 731,85	15 804,23	332 127,01
15	35 731,85	14 909,65	347 036,66
16	35 731,85	14 065,71	361 102,37
17	35 731,85	13 269,54	374 371,91
18	35 731,85	12 518,43	386 890,34
19	35 731,85	11 809,84	398 700,19
20	35 731,85	11 141,36	409 841,55
21	35 731,85	10 510,72	420 352,27
22	35 731,85	9 915,77	430 268,04
23	35 731,85	9 354,50	439 622,54
24	35 731,85	8 825,00	448 447,54
25	35 731,85	8 325,47	456 773,01
		<b>Total</b>	456 773,01

<b>Taxa de atualização</b>
6%

Tabela V. 3 - Cálculos auxiliares aos custos de operação da rede de drenagem Zona 2 (opção 2)

Habitantes da Zona 2 no ano HP	604
Capitação de abastecimento de água (m <sup>3</sup> /hab.dia)	0,180
Fator afluência	0,80
Capitação de águas residuais domésticas (m <sup>3</sup> /hab.dia)	0,144
Caudal diário das águas residuais da zona m <sup>3</sup> /dia	87,02
Caudal anual das águas residuais da zona m <sup>3</sup> /ano	31 761,65
Saneamento (90% do 2.º Escalão de consumo SIMAR) (Tarifario_2020, n.d.)	1,13
Custo anual de saneamento (€)	35 731,85

Tabela V. 4 - Custos de Operação da ETAR compacta a implementar na Zona 2 (opção 2)

Ano	ETAR compacta		
	Custo de Energia €	Custo act. €	Custos act. acumulados €
0	-	-	-
1	19 322,64	18 228,91	18 228,91
2	19 322,64	17 197,08	35 425,99
3	19 322,64	16 223,66	51 649,66
4	19 322,64	15 305,34	66 955,00
5	19 322,64	14 439,00	81 394,00
6	19 322,64	13 621,70	95 015,70
7	19 322,64	12 850,66	107 866,36
8	19 322,64	12 123,27	119 989,63
9	19 322,64	11 437,04	131 426,67
10	19 322,64	10 789,66	142 216,34
11	19 322,64	10 178,93	152 395,26
12	19 322,64	9 602,76	161 998,02
13	19 322,64	9 059,21	171 057,23
14	19 322,64	8 546,42	179 603,66
15	19 322,64	8 062,66	187 666,32
16	19 322,64	7 606,29	195 272,61
17	19 322,64	7 175,74	202 448,35
18	19 322,64	6 769,57	209 217,92
19	19 322,64	6 386,38	215 604,30
20	19 322,64	6 024,89	221 629,19
21	19 322,64	5 683,86	227 313,05
22	19 322,64	5 362,13	232 675,19
23	19 322,64	5 058,62	237 733,80
24	19 322,64	4 772,28	242 506,08
25	19 322,64	4 502,15	247 008,23
		<b>Total</b>	247 008,23

Taxa de atualização
6%

Tabela V. 5 - Cálculos auxiliares aos custos de operação da ETAR compacta Zona 2 (opção 2)

Energia consumida pela ETAR compacta (kWh/m <sup>3</sup> ) (Mendes, 2011)	7,740
Volume anual de água residual doméstica da Zona 2 (m <sup>3</sup> )	31 761,648
Energia anual consumida no tratamento global da ETAR compacta (kWh)	245 835,154
Custo médio de energia elétrica para tarifa simples (€/kWh) (EDP, 2019)	0,079
Custo anual de energia da ETAR compacta (€)	19 322,643

Tabela V. 6 - Custos de manutenção da Rede de drenagem de águas residuais domésticas Zona 2 (opção 2)

Rede de Drenagem de Águas Residuais Domésticas						
Ano	Manutenção leve coletores €	Manutenção leve caixas de visita €	Manutenção pesado €	Manutenção total €	Custo act. €	Custos act. acumulados €
0	-	-	-	-	-	-
1	336,13	9,32		345,45	325,90	325,90
2	336,13	9,32		345,45	307,45	633,35
3	336,13	9,32		345,45	290,05	923,40
4	336,13	9,32		345,45	273,63	1 197,03
5	336,13	9,32		345,45	258,14	1 455,17
6	336,13	9,32		345,45	243,53	1 698,70
7	336,13	9,32		345,45	229,75	1 928,44
8	336,13	9,32		345,45	216,74	2 145,18
9	336,13	9,32		345,45	204,47	2 349,66
10	672,25	9,32		681,58	380,59	2 730,25
11	336,13	9,32		345,45	181,98	2 912,23
12	336,13	9,32		345,45	171,68	3 083,91
13	336,13	9,32		345,45	161,96	3 245,87
14	336,13	9,32		345,45	152,79	3 398,66
15	336,13	9,32	9 604,03	9 949,48	4 151,57	7 550,23
16	336,13	9,32		345,45	135,99	7 686,22
17	336,13	9,32		345,45	128,29	7 814,50
18	336,13	9,32		345,45	121,03	7 935,53
19	336,13	9,32		345,45	114,18	8 049,71
20	672,25	9,32		681,58	212,52	8 262,23
21	336,13	9,32		345,45	101,62	8 363,84
22	336,13	9,32		345,45	95,86	8 459,71
23	336,13	9,32		345,45	90,44	8 550,15
24	336,13	9,32		345,45	85,32	8 635,47
25	336,13	9,32		345,45	80,49	8 715,96
					<b>Total</b>	8 715,96

<b>Taxa de atualização</b>
6%

**Considerações:**

- (1) Manutenção leve do coletor corresponde à manutenção do coletor considerando os valores do CYPE – Gerador de preços. Esta manutenção foi considerada para 10% do comprimento total da rede de drenagem e corresponde à descarga de água para varrimento do caudal sólido sedimentado devido ao défice do poder de transporte do escoamento nos coletores.
- (2) Manutenção leve das caixas de visita corresponde à manutenção da caixa considerando os valores do CYPE – Gerador de preços.
- (3) Manutenção pesada corresponde à manutenção de 20% do comprimento da rede de drenagem e engloba o possível desentupimento ou até mesmo substituição dos coletores da rede de drenagem ao ano 15 (aproximadamente metade do período de análise)

Tabela V. 7 – Custos de Manutenção da ETAR compacta para a Zona 2 (opção 2)

Ano	ETAR compacta		
	Manutenção €	Custo act. €	Custos act. acumulados €
0	-	-	-
1	81 469,39	76 857,92	76 857,92
2	81 469,39	72 507,47	149 365,38
3	81 469,39	68 403,27	217 768,65
4	81 469,39	64 531,39	282 300,04
5	81 469,39	60 878,67	343 178,71
6	81 469,39	57 432,71	400 611,41
7	81 469,39	54 181,80	454 793,21
8	81 469,39	51 114,90	505 908,11
9	81 469,39	48 221,61	554 129,72
10	81 469,39	45 492,08	599 621,80
11	81 469,39	42 917,06	642 538,86
12	81 469,39	40 487,79	683 026,65
13	81 469,39	38 196,03	721 222,68
14	81 469,39	36 033,99	757 256,67
15	81 469,39	33 994,33	791 251,00
16	81 469,39	32 070,12	823 321,12
17	81 469,39	30 254,83	853 575,96
18	81 469,39	28 542,29	882 118,25
19	81 469,39	26 926,69	909 044,94
20	81 469,39	25 402,54	934 447,49
21	81 469,39	23 964,66	958 412,15
22	81 469,39	22 608,17	981 020,32
23	81 469,39	21 328,46	1 002 348,78
24	81 469,39	20 121,19	1 022 469,97
25	81 469,39	18 982,26	1 041 452,23
		<b>Total</b>	1 041 452,23

<b>Taxa de atualização</b>
6%

**Considerações:**

- (1) Manutenção corresponde à manutenção da caixa de gradagem, do caudalímetro Parshall e da própria ETAR compacta, considerando os valores do CYPE- Gerador de Preços.