

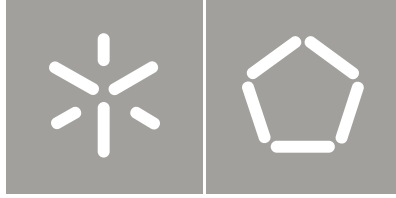


Sérgio Filipe Rodrigues Gomes

Análise da Viabilidade Económica da
Reutilização de Águas Residuais Tratadas
O caso da ETAR do Ave

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Sérgio Filipe Rodrigues Gomes

Análise da Viabilidade Económica da
Reutilização de Águas Residuais Tratadas
O caso da ETAR do Ave

Tese de Mestrado
Engenharia Urbana / Ramo de Hidráulica Ambiental

Trabalho efectuado sob a orientação da
Professora Doutora Maria Manuela Carvalho
de Lemos Lima



AGRADECIMENTOS

A todos os que tornaram possível a concretização desta dissertação expresso aqui os meus mais sinceros agradecimentos:

À Professora Doutora Maria Manuela Carvalho de Lemos Lima, pelo enorme privilégio de ter tido a sua enriquecedora orientação científica.

Aos meus colegas de trabalho e mestrado Ana Campos, João Valente, David Pereira e Miguel Freitas pelo prestimoso auxílio em variados pontos.

À direcção da Associação dos Agricultores de Vila do Conde (AACVC) em particular ao Sr. Rui Amador e ao presidente Carlos Moreira, e à Cooperativa Agrícola Leiteira do Concelho de Póvoa de Varzim, C.R.L., em particular ao Sr. Cunha e a toda a direcção.

Às pessoas que responderam ao inquérito, pela paciência e pelo indispensável contributo.

Aos amigos de todas as horas.

A toda a minha família, irmãos e sobrinhas em especial.

À Daniela, pelo apoio e paciência.

Aos meus pais, por tudo.





RESUMO

As crescentes preocupações relativamente à escassez de água levam à necessidade de uma urgente reflexão sobre as aplicações actuais da água para consumo humano. Há que encontrar fontes de água alternativas para aplicações não potáveis.

A presente dissertação apresenta um estudo de viabilidade da reutilização agrícola de águas residuais tratadas originárias da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) do Ave.

Esta reutilização abrange os concelhos de Vila do Conde e Póvoa do Varzim, razão pela qual se apresenta uma descrição social, demográfica e agrícola destes concelhos. Descreve-se igualmente a ETAR do Ave, caracterizando o seu processo de tratamento de águas residuais, as características e a disponibilidade de caudal do efluente tratado. Para aferir a aceitação social deste projecto foi elaborado e realizado um inquérito aos agricultores destes dois concelhos. É proposta uma solução técnica para o abastecimento de água residual tratada a algumas das freguesias destes concelhos, englobando um reservatório de regularização à saída da ETAR, uma conduta elevatória, reservatórios de regularização a partir dos quais as freguesias são abastecidas graviticamente. Avaliou-se a viabilidade económica da solução estudando três cenários de adesão ao projecto por parte dos agricultores, e efectuando igualmente uma análise de sensibilidade em função da tarifa, da taxa de actualização e do caudal fornecido.

Palavras-chave: Reutilização de águas residuais tratadas; Póvoa de Varzim e Vila do Conde; ETAR do Ave; Viabilidade económica, social e ambiental.





ABSTRACT

The growing concerns about water shortages lead to an urgent need for reflection on current applications of water for human consumption. We must find alternative water sources for non-potable consumption. This dissertation presents a study of the feasibility of agricultural reuse of treated wastewater from the Ave Wastewater Treatment Plant.

The treated wastewater will be reused for agricultural purposes in the districts of Vila do Conde and Póvoa do Varzim, reason why a short social, demographic and agricultural description of these districts is presented. The Ave Wastewater Treatment Plant is described in what concerns the treatment process, the quality and the flow rate availability of the treated wastewater. In order to evaluate the social acceptance of this project a survey was conducted on the farmers of both districts. A technical solution for the treated wastewater supply to the farmers was developed. It included a regularization reservoir at the Wastewater Treatment Plant, an elevation pipeline and regularization reservoirs before the gravitacional water supply to the farmers. The economical evaluation of the Project was made accordingly to three scenarios depending on the farmer's acceptance of the project, and the sensibility of the economical model to different variables, such as the water cost and the flow rate supplied, was studied.

Keywords: Treated Wastewater Reuse, Póvoa de Varzim and Vila do Conde, WWTP Ave, Economic, social and environmental viability.





ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE DE QUADROS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE GÁFICOS	XV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento do tema.....	1
1.2. Objectivos.....	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura da Dissertação	3
2. ESTADO DO CONHECIMENTO	5
2.1. O tratamento de águas residuais	5
2.1.1. O tratamento preliminar	6
2.1.2. O tratamento primário.....	6
2.1.3. O tratamento secundário	7
2.1.4. O tratamento terciário	8
2.2. A reutilização de águas residuais tratadas.....	9
2.2.1. Introdução.....	9
2.2.2. Alterações climáticas e a escassez de água.....	11
2.2.2.1. Portugal.....	13
2.2.2.2. Tipos de reutilização de águas residuais tratadas	16
2.2.2.3. As restrições para a reutilização.....	18
2.2.2.4. Reutilização de águas residuais para a rega agrícola.....	22
2.2.2.5. Restrições Técnicas	23
2.2.2.5.1. Métodos de rega.....	23
2.2.2.5.2. Riscos agronómicos	25
2.2.3. Participação e aceitação da opinião pública.....	26
2.2.4. Questões económicas da utilização de ART	27
2.2.4.1. Custos e Tarifas	28
2.2.4.2. Avaliação e Viabilidade dos Projectos	29
2.2.5. Exemplos de reutilização de águas residuais tratadas.....	31
2.2.5.1. Portugal.....	34



2.3. A legislação aplicável	35
2.3.1. Guia n°14 ERSAR.....	35
2.3.2. Decreto Lei 236/98 (anexo XVI)	36
3. CARACTERIZAÇÃO DOS CONCEHOS DE VILA DO CONDE E PÓVOA DE VARZIM	39
3.1. Localização	39
3.1.1. Póvoa de Varzim	40
3.1.2. Vila do Conde	41
3.2. Caracterização demográfica	42
3.2.1. População por sector de actividade.....	43
3.3. Caracterização Agrícola	44
4. CARACTERIZAÇÃO DA ETAR DO AVE	49
4.1. Dados de base	50
4.2. Descrição do tratamento	51
4.2.1. Fase Líquida.....	52
4.2.2. Fase Sólida.....	57
4.2.3. Fase Gasosa.....	58
4.2.4. Caudais e Controlo analítico.....	60
4.3. A rede de drenagem	63
4.3.1. Frente de Drenagem 10 – Ave.....	64
5. A ACEITAÇÃO SOCIAL DO PROJECTO	67
5.1. Introdução	67
5.2. Inquérito aos agricultores	67
6. DEFINIÇÃO DO SISTEMA E ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÓMICA	79
6.1. Introdução	79
6.2. Cruzamento da oferta e da procura	79
6.2.1. A procura	79
6.2.2. A oferta	82
6.3. Implementação de uma rede de abastecimento	83
6.3.1. Definição das áreas e freguesias.....	83
6.3.2. Definição da rede de abastecimento	85
6.3.3. Definição dos cenários.....	86



6.3.3.1.	Valores dos cenários.....	87
6.3.4.	Dimensionamento da rede de abastecimento	88
6.3.4.1.	Estação Elevatória e Reservatório junto à ETAR	89
6.3.4.2.	Conduta Elevatória	91
6.3.4.3.	Reservatório de ART.....	93
6.3.4.4.	Rede de distribuição	94
6.4.	Estudo de viabilidade económica	97
6.4.1.	Contabilização dos Custos	97
6.4.1.1.	Custos de Investimento Inicial	97
6.4.1.2.	Custos de energia, manutenção e operação.....	98
6.4.2.	Contabilização dos Proveitos; VAL e TIR.....	102
6.4.3.	Resumos dos resultados.....	103
6.4.4.	Análise de sensibilidade	105
6.4.5.	Externalidades e Ambiente.....	107
7.	CONCLUSÕES.....	109
	BIBLIOGRAFIA	113
	ANEXOS	119





ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Percentagens de remoção por etapa de processo (Marecos do Monte, Albuquerque, 2010) ..	9
Quadro 2.2 – Aplicações das águas residuais tratadas e suas condicionantes (Guia Técnico ERSAR -14)...	17
Quadro 2.3 – Microrganismos patogénicos mais recorrentes, veiculados na água (Guia Técnico ERSAR -14)	20
Quadro 2.4 - Profundidade do nível freático (Santos, 2009)	24
Quadro 2.5 - Declives máximos do terreno para rega (Santos, 2009)	25
Quadro 2.6 – Factores que contribuem para a aceitação de projectos de ART (Hartley, 2006 <i>in</i> Silveira, 2008)	27
Quadro 2.7 – Exemplos de projectos de Reutilização de ART (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010) ...	33
Quadro 2.8 – ANEXO XVI (Dec. Lei – 236/98) – Parâmetros de qualidade para águas de rega	36
Quadro 2.9 – Parâmetros de qualidade para águas de rega – NP 4434:2005 (Santos, 2009)	37
Quadro 2.10 – Parâmetros de qualidade para águas de rega – Adaptado de Pereira, 2009; Marecos do Monte, 2010;	38
Quadro 4.1 - Dados de Base de Dimensionamento da Época Baixa (EB) e Época Alta (EA) - ETAR do Ave....	50
Quadro 4.2 - Dados de Base de Dimensionamento da desinfecção	51
Quadro 4.3 – Frentes de Drenagem - Águas do Noroeste	63
Quadro 4.4 – Frentes de Drenagem 10 - Águas do Noroeste.....	65
Quadro 5.1 – Média ponderada do preço gasto por m ³ (inferido do inquérito).....	73
Quadro 6.1 – Consumos de água para rega agrícola na região Entre Douro e Minho (2009)	80
Quadro 6.2 – Consumos de água para rega agrícola nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (PBH - 2000)	80
Quadro 6.3 – Consumos de água para rega agrícola - Vila do Conde e Póvoa de Varzim – estimativas dos agricultores	81
Quadro 6.4 – Consumos de água para rega agrícola - Vila do Conde e Póvoa de Varzim – resumo dos valores médios.....	81
Quadro 6.5 – Agricultores, área disponível e área média por agricultor - Vila do Conde e Póvoa de Varzim (RA - 2009)	82
Quadro 6.6 – Agricultores, área disponível e área média por agricultor - Vila do Conde e Póvoa de Varzim (RA - 2009)	82
Quadro 6.7 – Agricultores e área disponível - Vila do Conde e Póvoa de Varzim (RA - 2009)	84
Quadro 6.8 – Valores diários e anuais de venda de água – Cenário 1	87
Quadro 6.9 – Total de água residual vendida para os 3 cenários (nos 30 anos de projecto)	88
Quadro 6.10 – Simulação dos volumes de caudal ao longo do dia no reservatório da ETAR.....	89
Quadro 6.11 – Cálculo da potência da bomba e valor kw/m ³ para o cenário 1	90
Quadro 6.12 – Simulação dos volumes de caudal ao longo do dia no reservatório da ETAR.....	91
Quadro 6.13 – Simulação dos volumes de caudal ao longo do dia no reservatório principal	93
Quadro 6.14 – Distribuição dos caudais pelos troços definidos (cenário 1)	94
Quadro 6.15 – Dimensionamento das condutas gravíticas (cenário 1)	95
Quadro 6.16 – Resumo do dimensionamento das condutas gravíticas (cenário 1, 2 e 3)	95
Quadro 6.17 – Custos de Investimento inicial (cenário 1).....	98
Quadro 6.18 – Custos Energéticos anuais (cenário 1).....	100



Quadro 6.19 – Custos Energéticos diários ano 30 (cenário 1)	101
Quadro 6.20 – Custos de Investimento totais anuais (cenário 1).....	101
Quadro 6.21 – Custos de Investimento totais anuais (resumo cenário 1, 2 e 3)	102
Quadro 6.22 – Contabilização de proveitos, VAL, TIR e PAYBACK (cenário 1).....	103
Quadro 6.23 – Resumo dos valores de VAL, TIR e Payback (Cenário 1, 2 e 3).....	103
Quadro 6.24 – Resumo dos valores de VAL, TIR e Payback (com financiamento europeu)	104
Quadro 6.25 – Simulação de valores de tarifa com financiamento europeu	104
Quadro 6.26 – Valores de poupança em adubos com a reutilização de ART para rega	108
Quadro 6.27 – Valores do VAL, TIR e Payback com e sem externalidades	108



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fluxograma do tratamento convencional de uma ETAR (Pereira, 2008).....	5
Figura 2.2 – O ciclo urbano da água.....	10
Figura 2.3 – Recursos Hídricos Renováveis <i>per capita</i> (Fonte: FAO).....	12
Figura 2.4 – Rácio Precipitação/Evapotranspiração - PNA.....	14
Figura 2.5 – Estudo para reutilização de ART na rega de campos de Golfe (Martins, 2007).....	34
Figura 3.1 – Portugal Continental e NUT III.....	39
Figura 3.2 – Póvoa de Varzim.....	40
Figura 3.3 – Vila do Conde.....	41
Figura 4.1 – Imagem aérea (cedida pela Àguas do Noroeste).....	49
Figura 4.2 – Esquema da ETAR do Ave.....	52
Figura 4.3 – Elevação Inicial (parafuso).....	53
Figura 4.4 – Elevação Inicial (parafuso).....	53
Figura 4.5 – Tratamento Primário.....	54
Figura 4.6 – Tratamento Primário/Cobertura.....	54
Figura 4.7 – Reactor Biológico.....	55
Figura 4.8 – Reactor Biológico.....	55
Figura 4.9 – Reactor Biológico.....	55
Figura 4.10 – Decantador Secundário.....	56
Figura 4.11 – Decantador Secundário.....	56
Figura 4.12 – Tratamento Terciário.....	56
Figura 4.13 – Microtamisador.....	56
Figura 4.14 –Lâmpadas UV.....	57
Figura 4.15 – Centrífuga.....	58
Figura 4.16 – Silo de lamas.....	58
Figura 4.17 – Gasómetro.....	59
Figura 4.18 – Ventiladores de desodorização.....	59
Figura 4.19 – Rede de Drenagem – FD10.....	65
Figura 6.1 – Implantação do trajecto da rede de abastecimento – Limites de concelho e freguesia de Vila do Conde e Póvoa de Varzim.....	85
Figura 6.2 – Implantação do trajecto da rede de abastecimento e perfil longitudinal da Conduta Elevatória.....	92





ÍNDICE DE GÁFICOS

Gráfico 2.1 – Consumo de Água em Portugal – PNUEA	13
Gráfico 2.2 – Índice de Stress Hídrico, em percentagem na Europa (Silveira, 2008)	15
Gráfico 2.3 – Origem da água em Israel (adaptado, Water Comisson Israel)	32
Gráfico 2.4 – Reutilização de Águas Residuais tratadas em Israel (adaptado, Water Comisson Israel)	33
Gráfico 3.1 – Evolução da população residente nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (1991-2011)	42
Gráfico 3.2 – Distribuição da população activa por sector de actividade - Póvoa de Varzim (2011)	43
Gráfico 3.3 – Distribuição da população activa por sector de actividade – Vila do Conde (2011)	44
Gráfico 3.4 – Percentagem da superfície agrícola na área total dos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (2001)	45
Gráfico 3.5 – Evolução do número de produtores agrícola nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (1989-2009)	46
Gráfico 3.6 – Evolução da superfície agrícola total utilizada (ha) nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (1989-2009)	46
Gráfico 3.7 – Evolução da superfície agrícola média (ha) por exploração agrícola, nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (1989-2009)	47
Gráfico 4.1 – Caudais totais mensais afluentes (m³) ETAR do Ave	60
Gráfico 4.2 – Valores CQO Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)	60
Gráfico 4.3 – Valores CBO₅ Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)	61
Gráfico 4.4 – Valores Sólidos Suspensos Totais (SST) Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)	61
Gráfico 4.5 – Valores pH Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)	62
Gráfico 4.6 – Valores Azoto (N) Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)	62
Gráfico 4.7 – Valores Fósforo (P) Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)	63
Gráfico 5.1 – Distribuição dos inquéritos por Concelho	68
Gráfico 5.2 – Distribuição dos inquéritos por género	69
Gráfico 5.3 – Distribuição dos inquéritos por faixa etária	70
Gráfico 5.4 – Distribuição dos inquéritos por qualificações de ensino	70
Gráfico 5.5 – Distribuição da área agrícola por agricultor	71
Gráfico 5.6 – Distribuição por tipo de cultura praticada	72
Gráfico 5.7 – Distribuição por tipo de captação de água utilizada	72
Gráfico 5.8 – Distribuição por custos mensais com a rega agrícola	73
Gráfico 5.9 – Distribuição dos resultados da pergunta: Sabe o que é uma ETAR?	74
Gráfico 5.10 – Distribuição dos resultados da pergunta: Concorda com a utilização de água residual tratada para a rega agrícola?	75
Gráfico 5.11 – Distribuição dos resultados da pergunta: Coloque por ordem de importância de 1 a 5 (sendo 1 o mais importante e 5 o menos importante)	75
Gráfico 5.12 – Distribuição dos resultados da pergunta: Aceitaria utilizar esta água residual tratada nas suas culturas?	77
Gráfico 6.1 – Caudais totais mensais e média mensal (m³) da ETAR do Ave	83
Gráfico 6.2 – Simulação dos volumes de caudal necessários ao longo do dia no reservatório da ETAR	90
Gráfico 6.3 – Simulação dos volumes de caudal necessários ao longo do dia no reservatório principal	94
Gráfico 6.4 – Período de retorno em função da variação da tarifa	105



Gráfico 6.5 – Período de retorno em função da variação da taxa da actualização	106
Gráfico 6.6 – Período de retorno em função da variação do caudal	106



1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do tema

A escassez de água para consumo humano é um problema que tem vindo a ganhar grandes proporções em todo o Mundo. A sobre-exploração dos recursos hídricos e as recorrentes secas verificadas nos últimos anos estão na origem da escassez hídrica. Esta situação resulta em graves consequências não só ambientais, como também sociais e económicas. Têm, por isso, vindo a ser estudadas um pouco por todo o mundo, origens de água alternativas, tais como a reutilização de águas residuais ou a dessalinização, que contribuirão para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos (Sousa, 2009).

A reutilização de águas residuais tratadas poderá trazer vários benefícios. Em todo o Mundo são produzidas diariamente águas residuais que, depois de sofrerem tratamento adequado, poderão ser uma importante fonte de água e nutrientes para a agricultura, uma origem de água para usos urbanos não potáveis e para usos industriais. Deste modo a necessidade de água potável ficaria reduzida essencialmente ao consumo humano, possibilitando ainda uma maior reutilização de águas residuais tratadas.

Portugal vive hoje intensos problemas de escassez de água potável disponível, de recursos hídricos acessíveis, e de aumento de custos consideráveis na captação e distribuição de água para consumo humano. Se bem que esta situação esteja limitada ao sul do território, a evolução do panorama no nosso país, bem como na Europa e no mundo, mostra a importância de precaver a necessidade, a curto prazo, de se investir em sistemas alternativos de poupança e uso de água.

Associada a esta necessidade está: o avanço tecnológico no tratamento de águas residuais que permite obter um efluente final de melhor qualidade; a crescente aceitação pública da reutilização de água residual e um maior conhecimento dos riscos para a saúde pública envolvidos (Metcalf&Eddy, 2003).



Estão já publicadas legislação e normas orientadoras para a reutilização de águas residuais, com relevo especial para a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), que constitui uma base de trabalho para o desenvolvimento de uma legislação específica, eficaz e incentivadora do recurso a estes sistemas.

É neste contexto que se torna imperioso o estudo da implementação de sistemas de reutilização de águas residuais tratadas, nos mais diversos fins: agrícola, industrial ou usos urbanos.

É com base na caracterização da situação actual, e com as recentes visões pessimistas de curto prazo que apontam para o acentuar dos fenómenos de seca e escassez de água, que nos propomos discutir e estudar a implementação de um sistema de reutilização de águas residuais tratadas, aproveitando esse recurso de água disponível para suprimir necessidades de água da agricultura. O caso particular a estudar será a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) do Ave, em fase de arranque, e a aplicação será nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim, que são servidos por esta infra-estrutura.

A selecção deste caso de estudo justifica-se pelo facto dos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim serem eminentemente caracterizados por dois fenómenos de intensa procura de água: a agricultura (com forte implementação em ambos os concelhos); e o turismo de veraneio. Em ambos os casos, a pressão da procura de água acentua-se nos meses de Verão, levando, não raras vezes, a situações limite de falta de água disponível para consumo humano.

1.2. Objectivos

Pretende-se com o desenvolvimento da dissertação tem o objectivo de avaliar a viabilidade económico-financeira da implementação de um sistema de reutilização de águas residuais tratadas, aplicado a um caso de estudo.

Com a concretização deste objectivo numa primeira fase foram identificados sistemas de recolha e aproveitamento de águas residuais e foi analisado o potencial da reutilização de águas através de recolha bibliográfica relativa à realidade desta temática em vários países. Numa segunda fase foi desenvolvida uma metodologia que possibilita a selecção de uma solução técnica de



reutilização de águas residuais e a análise da sua viabilidade económica, através da sua aplicação a um caso de estudo.

1.3. Metodologia

A reutilização de águas residuais tratadas (ART) foi estudada de maneira a possibilitar o desenvolvimento de uma metodologia de reutilização de ART, passível de aplicação em qualquer tipo de ETAR. Esta metodologia engloba: a definição de uma solução técnica, a análise da sua viabilidade económica, o estudo da aceitação pública (a investigar com recurso a um inquérito) e a quantificação do benefício (incluindo o benefício ambiental) da reutilização de águas residuais tratadas. Esta metodologia de reutilização de águas residuais tratadas foi validada através da sua aplicação a um caso de estudo: a ETAR do Ave e a reutilização das águas residuais tratadas para fins agrícolas nos concelhos de Póvoa de Varzim e Vila do Conde.

Assim, a metodologia de investigação adoptada assentou inicialmente numa revisão do estado actual dos conhecimentos relativos a esta temática. Seguidamente foi efectuada a caracterização dos concelhos em estudo, nas suas vertentes de análise territorial, social e demográfica, e analisando igualmente a potencialidade da reutilização de ART nos concelhos.

Foi desenvolvido um inquérito e implementada a sua aplicação junto dos agricultores dos concelhos da Póvoa de Varzim e Vila do Conde. Seguiu-se a análise do caso prático: a ETAR do Ave. Analisaram-se os processos de tratamento desta ETAR e avaliou-se a potencialidade da reutilização da ART. Com base nestes elementos foi possível desenvolver uma solução técnica para o sistema de reutilização de ART. Procedeu-se então à aplicação do modelo de viabilidade económico-financeira do sistema, testando a introdução de variáveis tais como algumas externalidades e benefícios ambientais.

1.4. Estrutura da Dissertação

Para além deste capítulo inicial introdutório, onde se apresentam os objectivos, metodologia e estrutura da dissertação, esta dissertação é constituída por mais seis capítulos. No capítulo 2 apresenta-se uma revisão do estado da arte, com a descrição dos tipos de reutilização de águas



residuais, especialmente na agricultura. Descrevem-se igualmente as variáveis da implementação de um sistema deste género, e identifica-se a legislação nacional e internacional relevante.

No capítulo 3 caracteriza-se a vertente demográfica e agrícola dos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim, onde foi aplicado o caso prático.

No capítulo 4 caracteriza-se a ETAR do Ave e todas as suas componentes do processo de tratamento.

No capítulo 5 descreve-se a forma como se realizaram os inquéritos aos agricultores, com vista à aferição da aceitação social e económica de um projecto de reutilização de águas residuais tratadas.

No capítulo 6 descreve-se o caso de estudo; nomeadamente toda a sua concepção e dimensionamento. Por último apresenta-se a avaliação da viabilidade económica do projecto.

No capítulo 7 resumem-se as principais conclusões da dissertação e apresentam-se sugestões para trabalho futuro.

2. ESTADO DO CONHECIMENTO

Neste capítulo apresentam-se as principais técnicas utilizadas no tratamento de águas residuais, as possibilidades existentes para a reutilização de águas residuais tratadas e por fim uma revisão da legislação aplicável.

2.1.0 tratamento de águas residuais

O tratamento das águas residuais poderá ser efectuado por operações e processos de natureza física, química e biológica, e de cuja combinação resultam vários níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário, terciário e tratamento da fase sólida (Metcalf e Eddy, 2003). Existe assim, uma fase líquida, onde se processa o tratamento do efluente, e uma fase sólida, a partir da qual se tratam os subprodutos do tratamento da fase líquida (figura 2.1).

Os objectivos do tratamento de águas residuais são, de forma simplificada, a separação, tratamento e eliminação das matérias poluentes da água, com vista a uma restituição desta aos meios hídricos, com o menor impacto possível no ecossistema.

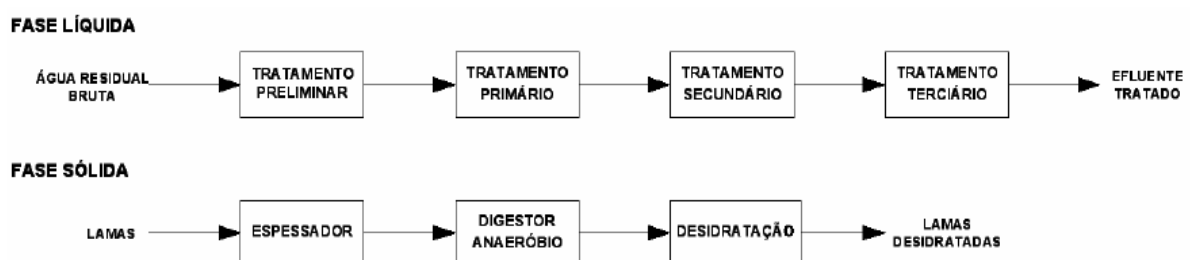


Figura 2.1 – Fluxograma do tratamento convencional de uma ETAR (Pereira, 2008)



2.1.1. O tratamento preliminar

Na primeira etapa de tratamento estão incluídas as operações de gradagem, desarenamento e remoção de gorduras, tendo estas como principal finalidade a protecção dos sistemas mecânicos das ETAR e evitar interferências operacionais provocadas por objectos, que são normalmente arrastados pelas águas residuais.

Segundo Metcalf e Eddy(2003), referência a que se recorre com frequência no texto apresentado a seguir, a gradagem consiste na passagem do efluente num canal onde estão colocadas uma ou mais grades de diferentes tamanhos, que retêm os materiais grosseiros. Os gradados, materiais sólidos recolhidos pelas grades, são o primeiro subproduto gerado pelo tratamento das águas residuais, tendo geralmente como destino final a deposição em aterro sanitário.

A remoção das areias presentes nas águas residuais, desarenamento, processa-se após a gradagem e é efectuada por sedimentação, através de um desarenador. As areias são posteriormente conduzidas para um classificador de areias, onde se processa a sua lavagem, remoção da matéria orgânica existente e a redução do teor de humidade. A remoção de óleos e gorduras está normalmente associada ao processo de desarenamento, sendo estes encaminhados para tratamento apropriado, dada a sua resistência à degradação por via biológica.

2.1.2. O tratamento primário

A etapa seguinte de tratamento refere-se ao tratamento primário, que é efectuada através de uma sedimentação num decantador, promovendo a remoção de sólidos suspensos orgânicos e inorgânicos e a recolha à superfície de escumas e materiais que flutuam (óleos e gorduras) por meio de raspadores. Normalmente a decantação primária permite uma remoção média de 50 a 70% dos sólidos suspensos (SS) sedimentáveis e 25 a 40% da carga bioquímica de oxigénio (CBO_5). Permite, igualmente, a remoção de algum azoto e fósforo orgânico e metais pesados (insolúveis), que pode ser



melhorada através de um processo físico-químico de precipitação/coagulação química, pela adição de coagulantes e polímeros. (Metcalf e Eddy, 2003)

O efluente clarificado resultante deste processo, segue para o tratamento secundário, e os sólidos removidos geram uma lama, denominada lama primária.

2.1.3. O tratamento secundário

Após a decantação primária a carga do efluente em termos de CBO_5 e em sólidos suspensos totais (SST) ainda é normalmente elevada, tendo o tratamento secundário como o principal objectivo a redução dessa carga poluente.

De entre os vários processos disponíveis para o tratamento secundário das águas residuais, os de natureza biológica são os mais utilizados, nomeadamente os filtros percoladores, as lamas activadas e as lagoas de oxidação. Como as águas residuais contêm uma elevada componente biodegradável, esta poderá ser degradada biologicamente através de processos de oxidação, com posterior captura e incorporação dos sólidos suspensos num floco biológico sedimentável. Existe ainda, a possibilidade de remoção de alguns nutrientes como o Azoto (N) e Fósforo (P), potenciais causadores de fenómenos de eutrofização, assim como alguns metais pesados.

Os processos biológicos destinados ao tratamento das águas residuais podem classificar-se em processos de biomassa fixa (microrganismos aderem a um meio de suporte fixo - biofiltros, leitos percoladores e biodiscos) ou de biomassa suspensa (sistema de lamas activadas e lagoas de estabilização). As lamas activadas são o processo de biomassa suspensa mais utilizado, permitindo uma eficiência de remoção de 90 a 95% da carga poluente (CBO_5) da água residual. Trata-se de um processo biológico aeróbio, onde ocorre a mistura por agitação e arejamento da água residual com a biomassa (microrganismos), dando origem à formação de uma lama biológica, que é posteriormente separada da fase líquida por decantação secundária.

Após a decantação das lamas no decantador secundário, o excesso de lamas biológicas é removido através de bombas e encaminhado para posterior tratamento da fase sólida.



2.1.4. O tratamento terciário

O tratamento terciário é uma etapa adicional do processo de tratamento sendo executado como medida de protecção do ambiente, antes da descarga das águas residuais tratadas no meio receptor natural. É também utilizado quando se tem por objectivo a reutilização da água residual tratada, nomeadamente para rega (culturas agrícolas, jardins e campos de golfe), para fins recreativos e para consumo humano.

De acordo com o objectivo de qualidade pretendido, são vários os processos de tratamento terciário disponíveis. Se o objectivo for a remoção ou inactivação de agentes patogénicos, por questões de saúde pública, ou para reutilização da água residual, a desinfecção poderá ser feita através de cloragem, ozonização, ou por radiação Ultra-violeta (UV), sendo que este último ainda tem custos demasiado elevados para ser uma opção viável. Os processos de precipitação química e de tratamento biológico são normalmente utilizados quando se tem como objectivo a remoção de nutrientes em especial o azoto e fósforo.

Mas o tratamento terciário não é só usado para garantir que o efluente final respeita os valores de descarga estabelecidos. O tratamento terciário é também usado para conferir uma qualidade tal ao efluente que permita que este possa ser reutilizado. Cada vez mais, e de forma mais evidente onde a água para abastecimento é mais escassa, as águas residuais começam a ser reutilizadas em usos não potáveis, como por exemplo a irrigação e a rega de jardins, espaços públicos e campos de golfe (Pereira, 2008).

No quadro 2.1 apresentam-se as percentagens de remoção em cada etapa do tratamento numa ETAR.



Remoção do tratamento (%)					
	Primário	Secundário	Terciário	Avançado	Global
CBO	19	74	5	NA	98
SST	40	55	4	NA	99 +
COT	21	64	8	7	99 +
ST	9	10	6	72	97
Turvação	12	74	14	0	99 +
N-NH4	5	52	1	39	96
N-No3	0	0	0	0	0
P-PO	16	28	54	0	98
Arsénio	3	19	30	30	92
Boro	0	0	13	3	17
Cádmio	17	0	67	0	83
Cálcio	3	7	0	88	99
Cloretos	3	0	0	90	94
Crómio	0	32	24	26	83
Cobre	0	33	52	0	83
Ferro	11	59	22	2	94
Chumbo	0	0	93	0	91
Magnésio	1	0	82	13	96
Manganês	4	37	57	0	97
Mercurio	33	33	0	0	67
Níquel	0	33	11	45	89
Selénio	0	16	0	64	80
Prata	0	75	0	0	75
Sódio	3	0	0	91	94
Sulfatos	9	0	0	91	99 +
Zinco	6	64	27	0	97

Quadro 2.1 – Percentagens de remoção por etapa de processo (Marecos do Monte, Albuquerque, 2010)

Existem também uma série de tecnologias que, embora possam ter alguns condicionalismos em termos de custos de instalação, têm dado bastantes garantias de qualidade final da água residual tratada com vista à reutilização, tais como: coagulação e decantação, filtração, membranas, osmose inversa ou oxidação avançada.

2.2.A reutilização de águas residuais tratadas

2.2.1. Introdução

A água na Terra está em constante movimento e o ciclo hidrológico, também conhecido por ciclo natural da água, descreve esse movimento contínuo em que a água, através das suas diferentes fases, circula entre os oceanos, os continentes e a atmosfera. É graças a este ciclo que a água doce é considerada um recurso renovável, característica decisiva para a sua gestão (Pereira, 2008)

A água precipitada sobre os continentes pode tomar vários destinos. Uma parte da precipitação evapora, outra origina escoamento superficial e a restante infiltra-se no solo. O escoamento superficial vai conduzir a água proveniente da precipitação a rios ou lagos, ou mesmo ao mar, onde ocorre

evaporação superficial das massas de água, voltando ao estado de vapor. A água que se infiltra no solo pode voltar à atmosfera por evapotranspiração, ou infiltra-se ou percolando em profundidade pode atingir os aquíferos, constituindo o escoamento subterrâneo (INAG, 2003). A variação da qualidade da água poderá estar associada a questões naturais e à poluição, interferindo no ciclo hidrológico e no ciclo urbano.

No ciclo urbano, (figura 2.2) a água é captada na origem, tratada numa estação de tratamento de água (ETA) ou num ponto de cloração (PC), armazenada e posteriormente distribuída na rede de distribuição de água, chegando aos diversos pontos de consumo (habitações, comércio, indústria, etc.). Depois de utilizada, a água é rejeitada entrando no sistema de drenagem de águas residuais, sendo conduzida a uma ETAR, e posteriormente devolvida ao meio receptor.



Figura 2.2 – O ciclo urbano da água

O ciclo urbano, numa fase inicial, é muito influenciável e sensível à escassez de água e à sua qualidade, sendo que numa fase posterior, a rejeição de águas residuais tratadas é, ela própria, responsável por contribuir para a poluição dos meios hídricos, e não raras vezes interferirá com a qualidade de outras captações (e novos ciclos urbanos) a jusante das suas descargas.

Conclui-se, pois, que o ciclo urbano da água está estritamente dependente do ciclo hidrológico e ambos devem coexistir em perfeito equilíbrio, quer numa vertente quantitativa, quer numa vertente qualitativa. Este deverá ser o primeiro objectivo e o último de qualquer abordagem de gestão de recursos hídricos (Pereira, 2008).



2.2.2. Alterações climáticas e a escassez de água

A escassez da água é hoje reconhecida como uma das maiores ameaças à saúde humana, ao ambiente e à disponibilidade global de alimentos, assim como à paz em várias zonas do globo (Santos, 2001). Actualmente a escassez de água já é uma ameaça à paz mundial, pois muitos países da Ásia e do Médio Oriente disputam os mesmos recursos hídricos.

A necessidade de consumo dos sete mil milhões de habitantes da Terra excede a oferta de água doce disponível e a população mundial continua a crescer. Esta sobre-exploração da água acarreta consequências graves como rupturas nos abastecimentos, diminuição dos caudais fluviais, com valores por vezes inferiores aos designados caudais ecológicos, a destruição dos ecossistemas aquáticos e o aumento da concentração de poluentes.

A gestão da água é um dos problemas maiores no equilíbrio entre as necessidades de água e as disponíveis, mormente a capacidade de reter água das chuvas para a sua utilização de uma forma eficaz, quando ela mais escassear.

Outro dos problemas relacionados com as maiores agressões para a formação de água doce é a ocupação e o uso desordenado do solo. Para agravar ainda mais a situação está previsto oacréscimo de mais de três biliões de pessoas que nascerão neste século, sendo a maioria em países que já têm escassez de água, como Índia, China, Paquistão, países do norte de África, Médio Oriente e muitos outros países cujo nível de stress hídrico pode ser considerado extremo. Da análise da figura2.3 verifica-se a existência das zonas do globo onde há menor disponibilidade de recursos hídricos.

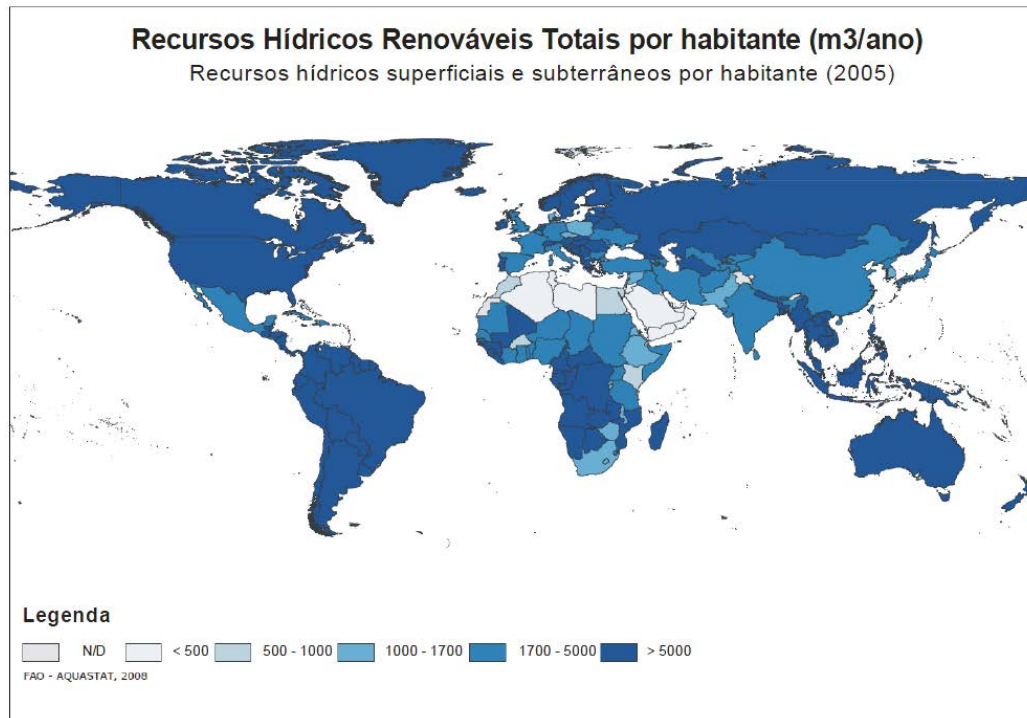


Figura 2.3 – Recursos Hídricos Renováveis *per capita* (Fonte: FAO)

O problema da escassez de água pode ser atribuído aos seguintes factores:

- ✓ Gestão inadequada dos recursos hídricos, que provoca o esgotamento das águas superficiais e subterrâneas.
- ✓ Crescente degradação da qualidade desses mesmos recursos, devido a fontes de poluição agrícola, doméstica e industrial.
- ✓ Descargas directas nos meios hídricos de água residual não tratada, devido à ausência de infra-estruturas de saneamento e tratamento das águas residuais.
- ✓ Extracção desregrada de água de aquíferos naturais para utilização agrícola, industrial e urbana, provocando a degradação da qualidade da água nesses meios, acrescida da contaminação por sais, pesticidas, arsénio natural e outros poluentes.
- ✓ Crescimento populacional exponencial, principalmente nas áreas urbanas dos países em desenvolvimento, provocando uma crescente procura em sítios onde as infra-estruturas não estão dimensionadas para suprir as necessidades, acrescida por vezes da insuficiência dos meios hídricos.

- ✓ Alterações climáticas, com mudanças nos padrões de pluviosidade, e ciclos de cheias e secas por vezes prolongados, que afectam o ciclo da água.

Torna-se imperativo então implementar processos que promovam a eficiência do consumo e aumentar os recursos de água, através de alternativas mais sustentáveis.

Têm surgido várias abordagens em todo o mundo (mais tradicionais ou mais criativas) com enfoque no aumento da eficiência no consumo da água, e onde podemos incluir, com uma importância crescente, a reutilização de águas residuais tratada.

2.2.2.1. Portugal

A incerteza e a necessidade de fazer face à crescente pressão da procura de água na agricultura, indústria e consumo humano (com especial ênfase no turismo), levaram a que Portugal aprovasse em 2001 o Plano Nacional de Utilização Eficiente da Água (PNUEA). Como se observa no gráfico 2.1, a procura de recursos hídricos está muito concentrada na agricultura, e o PNUEA previu uma série de medidas sectoriais consentâneas com o objectivo de procurar a eficácia na utilização da água.

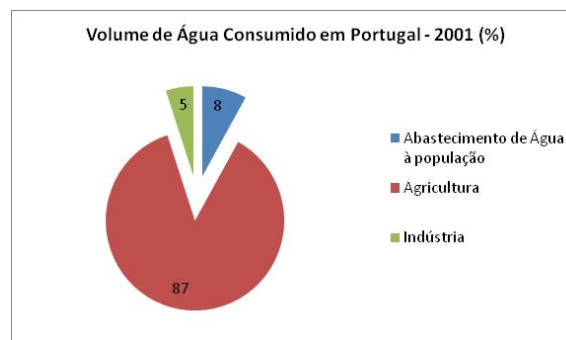


Gráfico 2.1– Consumo de Água em Portugal – PNUEA
(Resolução do Conselho de Ministros n.º 113/2005)

O objectivo é promover o uso eficiente da água em Portugal, nos sectores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de stress hídrico, quer em situação hídrica normal

quer durante períodos de seca. A figura 2.4 apresenta os rácios de precipitação/evapotranspiração em Portugal continental.

Pretende-se que este programa contribua para a consolidação de uma nova cultura da água em Portugal, através do qual este recurso seja crescentemente valorizado, não só pela sua importância para o desenvolvimento humano e económico mas também para a preservação do meio natural, no espírito do conceito de desenvolvimento sustentável (PNUEA - INAG, 2001).

Segundo Pereira (2008) a água é hoje o recurso natural mais estratégico de qualquer país no mundo. A par desta situação, as questões relacionadas com o direito de propriedade, a gestão da água como bem público de livre acesso, a subvalorização do custo da água e a existência de externalidades que não se reflectem no preço praticado, têm sido factores decisivos para um modelo de gestão que não promove a utilização racional e a economia deste recurso, contribuindo para a sua escassez.

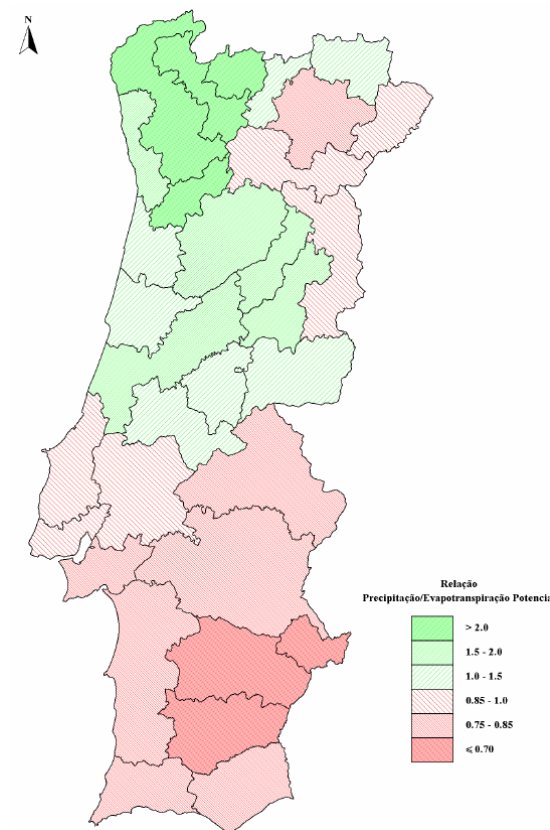


Figura 2.4 – Rácio Precipitação/Evapotranspiração - PNA

A Directiva Quadro da Água (DQA), transposta para a ordem jurídica nacional pela Lei da Água, Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, constitui o desenvolvimento da Política Comunitária para o ambiente, visando a prevenção, protecção e melhoria da qualidade do ambiente, a protecção da saúde humana e a utilização racional e prudente dos recursos naturais. Estabelece os princípios básicos de uma política sustentável da água, apostando na protecção das águas de superfície interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas. Este diploma estabelece ainda o princípio da Região Hidrográfica como unidade principal de planeamento, e o princípio da amortização dos custos dos serviços hídricos, considerando o princípio do poluidor-pagador. A participação e informação do público em geral são também contempladas por contribuírem para um público mais informado e mais consciente das suas acções, tornando-o progressivamente mais sensível às questões ambientais, em particular ao uso sustentável dos recursos hídricos, conduzindo, progressivamente, a uma mudança de hábitos e mentalidades.

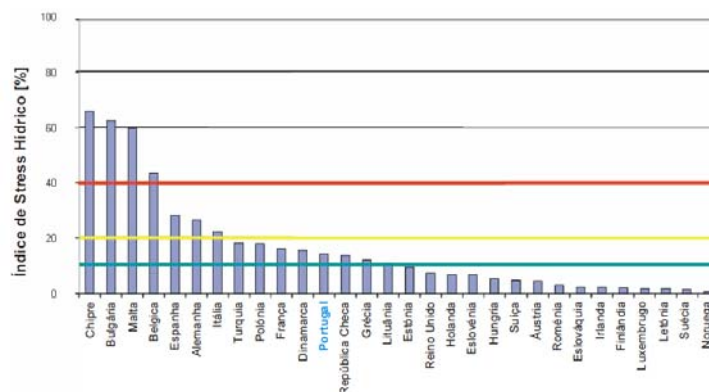


Gráfico 2.2– Índice de Stress Hídrico, em percentagem na Europa (Silveira, 2008)

O gráfico 2.2 demonstra que Portugal se encontra abaixo do nível médio de stress hídrico do conjunto dos países europeus, sendo no entanto de referir que nos encontramos a meio da tabela e muito próximos de ultrapassar essa média, não deixando de ser um alerta para a necessidade de se estudar este fenómeno, e estudar soluções para um futuro próximo.

O uso eficiente da água passa também pela imposição de tarifários condizentes com os custos efectivos do consumo, levando ao desincentivo ao desperdício, sem contudo por em causa o acesso a todos deste bem essencial.



O facto de o utilizador tomar consciência do custo da água, do volume que consome e de cada serviço que lhe é prestado, contribui para uma valorização do recurso e dos serviços prestados, conduzindo a uma atitude mais consciente no seu uso, tendendo para uma maximização da eficiência e uma minimização do desperdício.

Torna-se evidente que a procura de alternativas para as situações limite, stresses pontuais e pressão na procura e consumo, passa pela busca de soluções diferentes. O recurso à reutilização das águas residuais tratadas, tema desta dissertação, passará a ser explanada nos próximos capítulos como uma alternativa válida, e tentaremos ainda, ao longo das próximas páginas, determinar se economicamente viável.

2.2.2.2. Tipos de reutilização de águas residuais tratadas

A utilização de águas residuais tratadas contribui para uma gestão dos recursos hídricos mais sustentável, na medida em que deve aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos e reduzir as descargas poluentes.

A utilização de águas residuais tratadas é praticada preferencialmente para usos que requerem maior procura deste recurso e que sejam compatíveis com a qualidade mais corrente dos efluentes de ETAR. A rega agrícola é o grande domínio de aplicação da reutilização de águas residuais, pois a agricultura consome cerca de 65% dos recursos hídricos utilizados (Asano *et al.*, 2007 *in* Marecos do Monte, Albuquerque, 2010), percentagem que diminui nos países de agricultura mais desenvolvida e aumenta nos restantes. Mas a água é reutilizada para diversas outras finalidades, nomeadamente as seguintes, citadas por ordem decrescente de volume utilizado: a rega paisagística (aplicação na qual se destaca a rega de campos de golfe), a reutilização industrial (principalmente como reciclagem de água de arrefecimento), a recarga de aquíferos, determinados usos recreativos e ambientais, usos urbanos que não obrigam à utilização de água potável e até como reforço de origem de água bruta para produção de água para consumo humano.

A quantidade de água necessária para a agricultura torna-a num domínio favorável de aplicação de águas residuais tratadas, sendo certo que as exigências técnicas e de controlo para a sua aplicação são elevadas.



No quadro 2.2 apresentam-se as diferentes possibilidades de usos da água residual tratada, com a descrição das principais condicionantes.

	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
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
Indústria	Jardins residenciais	Ligações cruzadas com a rede de água potável
	Água de arrefecimento	Aerossóis
	Lavagem de equipamento	Ligações cruzadas com a rede de água potável
	Combate a incêndio	Ligações cruzadas com a rede de água potável
	Construção pesada	Incrustações, corrosão, filmes biológicos
Recarga de Aquíferos	Água de processo	Incrustações, corrosão, filmes biológicos
	Reforço dos aquíferos	Disponibilidade de locais
	Barreira contra a intrusão	Contaminação das águas subterrâneas
	Salina	Aumento teor de SDT
Usos recreativos e ambientais	Armazenamento	Efeitos toxicológicos devidos a compostos orgânicos
	Lagos e lagoas artificiais	Eutrofização
	Reforço do caudal de cursos de água	Ligações cruzadas com a rede de água potável
	Reforço de zonas húmidas	Ligações cruzadas com a rede de água potável
Usos urbanos não potáveis	Neve artificial	Toxicidade para a vida aquática
	Descarga de autodismissões	Ligações cruzadas com a rede de água potável
	Fontes e jogos de água ornamentais	Ligações cruzadas com a rede de água potável
	Lavagem de veículos	Ligações cruzadas com a rede de água potável
	Lavagem de ruas	Ligações cruzadas com a rede de água potável
	Lavagem de contentores de RSU	Incrustações, corrosão, filmes biológicos
	Combate a incêndios	Aceitação pública
	Varrimento de colectores	Aceitação pública
Fusão de neve	Aceitação pública	
Condicionamento de ar	Saúde pública	

Quadro 2.2– Aplicações das águas residuais tratadas e suas condicionantes (Guia Técnico ERSAR -14)

É neste quadro de enorme potencialidade que importa discernir quais as vantagens e desvantagens da reutilização de águas residuais. Do lado das vantagens refere-se que a reutilização de águas residuais tratadas contribui para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos através dos seguintes factores:

- a) contribui para aumentar os recursos hídricos necessários para satisfação das necessidades presentes e futuras para usos mais nobres;



- b) ao reduzir o caudal de águas residuais tratadas descarregado nos meios receptores aquáticos, protege os ecossistemas, reduzindo a quantidade de poluentes lançados no meio.

Quando se refere à reutilização da água como estratégia de combate à escassez de recursos hídricos, trata-se de uma reutilização planeada, na qual as águas residuais são tratadas e utilizadas para uma aplicação que representa um benefício socioeconómico.

Do lado das desvantagens referira-se que as águas residuais, mesmo tratadas, contêm ainda compostos químicos e microrganismos patogénicos, em concentração tanto mais reduzida quanto mais elevado o nível de tratamento. Na maioria das aplicações de reutilização, os riscos sanitários e ambientais decorrentes da presença desses constituintes são considerados praticamente inexistentes, quando estes são controlados adequadamente. Porém, há perigos cujo risco deve ser avaliado. A título de exemplo referem-se os microrganismos patogénicos, que podem provocar doenças nos seres humanos e nos animais, algumas de grande gravidade.

Também certas substâncias, geralmente removidas de forma insuficiente no processo de tratamento, são perigosas para a saúde humana quando ingeridas, e em alguns casos também por contacto com o corpo humano. Para além disto, a reutilização de águas residuais não representa apenas riscos de saúde pública e animal, pois os seus constituintes também podem afectar os sistemas ambientais.

2.2.2.3. As restrições para a reutilização

As águas residuais contêm constituintes químicos e microbiológicos que não são totalmente removidos ou inactivados nas estações de tratamento.

Segundo Marecos do Monte e Albuquerque (2010), livro referido nalgumas passagens seguintes, o residual de alguns desses constituintes presente nos efluentes tratados pode constituir a causa de alguns riscos para a saúde pública e para o ambiente. O controlo desses riscos baseia-se necessariamente no conhecimento da sua proveniência e dos impactos sobre a saúde humana e no ambiente em geral. A presente subsecção tem por objectivo identificar os constituintes químicos e



biológicos com impacto significativo em projectos de reutilização de água, que podem provocar consequências adversas para a saúde pública e avaliar esses efeitos.

É assim importante conhecer as características das águas residuais tratadas para se perceber a dimensão dos riscos, os níveis de tratamento que serão exigidos para cumprir com os parâmetros determinados pela lei e pelas recomendações normativas. Cada ETAR estará inserida em meios muito distintos, com efluentes diferenciados (mais domiciliários ou mais industriais), e também com critério de rejeição do efluente nas águas mais ou menos exigentes.

Na maioria das aplicações de reutilização, os riscos sanitários e ambientais decorrentes da presença desses constituintes são considerados praticamente inexistentes, porque são controlados adequadamente. Porém, há perigos cujo risco deve ser avaliado como sendo as principais vias de transmissão dos microrganismos patogénicos.

O quadro 2.3 refere os diversos perigos existentes nas águas residuais tratadas, bem como as consequências para a saúde pública.



Grupo	Microorganismo patogénico	Doença e sintomas
Bactérias	Campylobacter jejuni	Gastroenterite
	E. coli patogénica	Enterite, diarreia
	Salmonella	Febre tifóide
	S. typhi	Febre paratífóide
	S. paratyphi	Salmoneloses
	Outras espécies	
	Shigella spp.	Desintéria bacilar
	Vibrio. Cholerae	Cólera
Outros vibriões		
Protozoários	Yersinia enterocolitica	Gastroenterite e septicemia
	Balantidium coli	Diarreia, desintéria e úlcera do cólon
	Entamoeba histolytica	Úlcera do cólon, desintéria amibiana e abscesso do fígado
Helminthas	Giardia lamblia	Diarreia e má absorção
	Ancylostoma uodenal	Ancilostomíase
	Ascaris lumbricoides	Ascariíase
	Enterobius vermicularis	Enterobiíase
	Hymenolepis nana	Himenolepiíase
	Necator americanus	Ancilostomíase
	Strongyloides stercoralis	Estrongiloidíase
	Taenis saginata	Teníase
	Taenis solium	
Trichurus trichura	Tricuríase	
Vírus	Enterovírus	
	Poliovírus	Paralisia, meningite acéptica
	Coxsackievírus	A - Paralisia, meningite asséptica, febres, doenças respiratórias
		B - Paralisia, meningite asséptica, pericardites, miocardites, doenças cardíacas congénitas, pleurodinia
	Ecovírus	Infecções respiratórias, meningite asséptica, diarreia, pericardite, miocardite, prurido, febre
	Reovírus	Doenças respiratórias, gastroenterites
	Adenovírus	Conjuntivite aguda, diarreia, doenças respiratórias
	Rotavírus	Gastroenterite infantil
	Virus hepatite A e E	Hepatite A
Calivírus	Gastroenterites, diarreias	

Fonte: [Feachem et al., 1983; Asano et al., 2007]

Quadro 2.3– Microrganismos patogénicos mais recorrentes, veiculados na água (Guia Técnico ERSAR -14)

A avaliação de risco compreende: a caracterização dos efeitos expectáveis na saúde (perigos); a estimativa da probabilidade de ocorrência desses efeitos, que está relacionada com o tipo e intensidade de exposição ao factor de risco; o número de casos afectados por tais efeitos; e a proposta (quando possível) de concentração aceitável do constituinte que induz o risco do perigo acontecer.

A avaliação de risco visa proporcionar informação aos gestores do risco, nomeadamente aos legisladores e reguladores, razão pela qual a avaliação do risco e a sua gestão devem ser realizadas por equipas independentes, como actividades separadas.

A transmissão de microrganismos patogénicos transportados nas águas residuais utilizadas pode processar-se através duas vias, sendo que os contactos directos estão no topo da escala de risco



de contaminação. Existem também outras formas de contacto indirecto, como sendo através de animais contaminados que também devem merecer a mesma atenção e cuidado no tratamento.

Há ainda que ter em atenção o grupo de poluentes emergentes, que podem escapar ao controlo e são ameaças à saúde pública e ambiental:

- ✓ Sais
- ✓ Metais pesados
- ✓ Produtos farmacêuticos
- ✓ Antibióticos veterinários e humanos
- ✓ Produtos industriais e caseiros
- ✓ Hormonas sexuais e esteróides
- ✓ Outros disruptores endócrinos

De referir que a nível ambiental, estão já descritos casos de feminização de peixes machos, possivelmente como resultado da exposição a compostos disruptores endócrinos provenientes das águas residuais (Ferreira et. al., 2004)

Os disruptores endócrinos conhecidos abrangem algumas centenas de compostos, como: hormonas naturais (humanas e animais), hormonas sintéticas (nomeadamente as pílulas anticoncepcionais), produtos cosméticos, pesticidas, produtos de higiene doméstica, produtos químicos industriais, produtos farmacêuticos e alguns metais.

A presença de outros constituintes representa, no entanto, um benefício para certas utilizações. Exemplo disso é a fertilização proporcionada pela reutilização de águas residuais para rega, devido às suas concentrações de azoto e fósforo, benéficas para a agricultura. Assim se conclui que, se o controlo dos parâmetros perigosos que apresentam riscos para a saúde for adequado, então há inúmeras vantagens na reutilização de águas residuais tratadas na rega.

Os desenvolvimentos registados no domínio do tratamento de água permitem, actualmente, a eliminação praticamente completa de qualquer tipo de poluente químico e de microrganismos patogénicos presentes nas águas residuais, possibilitando a produção de água que satisfaça todos os



critérios de qualidade para consumo humano a partir de águas residuais. Na grande maioria das aplicações de reutilização de água não é necessária a produção de água potável e o tratamento complementar para possibilitar a reutilização das águas residuais tratadas consiste na sua desinfecção e tratamento preparatório da desinfecção (essencialmente, redução da turvação). Apesar de determinados processos de tratamento avançado, como a microfiltração, se terem tornado economicamente acessíveis, constitui princípio de boa prática de engenharia procurar que as utilizações de reutilização do efluente de uma ETAR sejam compatíveis com a qualidade desse efluente, depois de submetido a um tratamento complementar de afinação, tão simples e económico quanto possível.

2.2.2.4. Reutilização de águas residuais para a rega agrícola

A qualidade de ART para rega deve satisfazer os requisitos agronómicos e os requisitos de protecção da saúde pública. Do ponto de vista agronómico, a água de rega destina-se a satisfazer as necessidades hídricas das plantas, não devendo ser o veículo de aplicação de substâncias prejudiciais ao seu desenvolvimento (como o excesso de sais dissolvidos, de sódio, de metais pesados ou cloro residual) e podendo transportar substâncias benéficas ao desenvolvimento da planta (como os chamados nutrientes – compostos de azoto e de fósforo –, potássio, zinco, enxofre e boro, por exemplo). A protecção da saúde pública exige que o teor de microrganismos indicadores de contaminação fecal seja compatível com o tipo de exposição humana e animal à rega e aos produtos regados (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Os aspectos de saúde pública a que se deve dar grande atenção centram-se essencialmente na restrição do contacto humano com as águas residuais tratadas, diminuindo em muito os riscos de contaminação, sendo que o contacto a evitar deve ser o directo, mas também o indirecto, por ser considerado potencialmente perigoso em alguns microrganismos patogénicos, dada a resistência de alguns deles.

A crescente utilização de ART no sector agrícola ajuda a promover a agricultura sustentável, a conservação de recursos hídricos e a manutenção da qualidade ambiental. As decisões políticas devem considerar vários aspectos que podem advir da utilização de ART, tais como preços mais baixos



comparando com a água potável, os riscos e benefícios da reutilização de água para uso agrícola (Silveira, 2008).

2.2.2.5. Restrições Técnicas

A rega pode proporcionar o contacto directo dos microrganismos patogénicos com as culturas e assim o tratamento das águas residuais a utilizar na rega deve incluir a desinfecção, tratamento que será indispensável em certas aplicações, como, por exemplo, se as culturas forem destinadas a serem consumidas em cru. Compreende-se assim que o nível de tratamento das águas residuais, o método de rega e o tipo de cultura a regar constituam três variáveis dependentes entre si, com as quais é possível controlar os riscos de saúde pública. Algumas características químicas das águas residuais tratadas, como a salinidade, a sodicidade, os elementos tóxicos, cuja concentração é variável, podem, em certas condições, induzir impactos negativos no biosistema solo-plantas, mas por outro lado existem substâncias já referidas que são proveitosas para os terrenos agrícolas e favorecem a produção nas plantações, os macro e micro nutrientes.

A forma como as populações contactam com as águas de rega, as culturas e solo regados, objectos em contacto com estes últimos (vestuário, alfaias, etc.) assume graus de risco sanitário muito diversos, que se podem reflectir nos padrões de qualidade microbiológica, quer exigindo determinados níveis de remoção de patogénicos, quer preconizando medidas tendentes a minimizar a exposição. As formas de exposição estão relacionadas principalmente com o tipo de culturas irrigadas e o método de rega utilizado.

2.2.2.5.1. Métodos de rega

Mais uma vez em Marecos do Monte e Albuquerque (2010) se refere que os agricultores constituem o grupo exposto a maior risco, visto contactarem estreitamente com o solo e as culturas regadas, bem como com objectos eventualmente atingidos pela água de rega.

Os aerossóis são partículas aquosas em suspensão no ar. A rega por aspersão com águas residuais provoca a formação de aerossóis, que potenciam um risco de saúde pública, visto poderem



conter microrganismos patogénicos, que poderão ser transportados a distância, contaminando as plantas regadas, o vestuário e podendo ser inalados por pessoas e animais. A quantidade de água que é aerossilizada depende essencialmente da pressão de funcionamento e do diâmetro dos aspersores, variando entre 0,1% e 2%, sendo 1% o valor médio.

O método de aplicação das águas residuais no solo pode minimizar e mesmo controlar efeitos negativos, tais como a acumulação de sais na zona radicular, ou provocar outros, como, por exemplo, a contaminação de tudo o que estiver exposto a rega por aspersão.

Existem diversos métodos de rega, que devem ser aplicados de acordo com as circunstâncias locais relativas às culturas a beneficiar, topografia e características do terreno, etc.

Os métodos de rega mais correntes são os métodos de rega por sulcos e por aspersão, e os métodos de rega gota-a-gota e por micro-aspersão.

A selecção do método de rega representa um importante instrumento de controlo dos riscos para a saúde pública decorrentes da rega com águas residuais tratadas.

A rega por aspersão é o método que maior risco de disseminação dos microrganismos patogénicos apresenta, pois a água contacta directamente todas as partes da cultura e o solo, dando ainda origem a aerossóis, os quais podem atingir os agricultores e passantes nas proximidades do campo irrigado.

Método de rega	Processo e tipo de rega	Profundidade do nível freático
Infiltração	Gota-a-gota superficial	1,0m
	Gota-a-gota subterrânea	1,5m
	Rega subterrânea	4,0m
Aspersão	-	3,0m
Escorrimento	Sulcos	4,0m

Quadro 2.4 - Profundidade do nível freático (Santos, 2009)

O nível freático das águas é outro dos aspectos a ter em conta na selecção dos terrenos para a rega com ART. Os critérios são os referidos no quadro 2.4.



Método de rega	Processo e tipo de rega	Declive
Infiltração	Sulcos rectos	3%
	Sulcos de nível	8%
Aspersão	Com equipamento semovente	15%
Escorrimento	Regadeiras de nível	3%
	Regadeiras inclinadas	8%
	Faixas	7%

Quadro 2.5 - Declives máximos do terreno para rega (Santos, 2009)

Também o declive do terreno não deve ser superior a 20%, de forma a prevenir a erosão e a formação de escorrências superficiais. Alguns processos de rega exigem declives muito baixos, devendo nestes casos respeitar-se os valores máximos indicados no quadro 2.5, para se obterem as necessárias condições de segurança.

2.2.2.5.2. Riscos agronómicos

Os problemas relacionados com a qualidade da água utilizada em rega são de tipo e intensidade variáveis, podendo ser modificados tanto por factores naturais, como o solo, o clima e o tipo de cultura, como pelas técnicas culturais adoptadas pelo agricultor, em função do seu conhecimento sobre o tipo de água e seus efeitos (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

A salinidade é o principal risco da reutilização das águas residuais tratadas, quer para a planta quer para o terreno, sendo que as medidas mitigadoras podem ser introduzidas com objectivos de prevenção a médio ou longo prazo.

Segundo Marecos do Monte e Albuquerque (2010), os efeitos deletérios que podem ser induzidos a prazo, mais ou menos longo, sobre o biosistema solo-plantas irrigadas podem ser evitados, ou minimizados, conjugando algumas técnicas relativas a:

- ✓ tipo de rega;
- ✓ drenagem do solo;
- ✓ selecção de culturas.



Estas medidas são as que terão efeito a longo prazo no que respeita à salinidade no solo. A curto prazo podemos referenciar que, em cada ciclo de cultura, podem ser adoptadas medidas que contribuirão para a melhoria da produção sem pressionar a saúde dos solos.

Estas acções são inerentes às técnicas culturais e consistem, por exemplo, num nivelamento cuidadoso do terreno, para possibilitar uma distribuição uniforme da água, numa calendarização adequada das regas, na escolha do método de rega que menos prejudique as culturas e outras técnicas, das quais o agricultor deve possuir o saber ou receber a formação adequada.

2.2.3. Participação e aceitação da opinião pública

Os projectos de reutilização de águas residuais tratadas constituem ainda práticas inovadoras em muitas regiões, o que, por si só, justifica alguma relutância na sua aceitação pública. Além disso, trata-se de um tipo de projecto susceptível de gerar alguma controvérsia na sociedade, pela origem e características das águas residuais tratadas. A aceitação pública dos projectos de reutilização da água assume assim, naturalmente, uma importância decisiva. A comunicação entre os promotores do projecto e os parceiros interessados é o instrumento que pode sustentar a sua aceitação pública.

Geralmente o público é a favor da utilização de ART, que promove conservação dos recursos hídricos, protege o ambiente, que é economicamente viável. Contudo, à medida que as opções de utilização de ART ficam mais tangíveis, com projectos específicos nas suas comunidades e a probabilidade de contacto humano aumenta, as atitudes mudam e o apoio por parte do público diminui (Hartley, 2006, *in* Silveira, 2008).

A palavra “público” pode ter diferentes significados dentro deste contexto, correspondentes a diversos grupos de pessoas consoante os seus interesses relativamente ao projecto de reutilização, sendo possível identificar as seguintes categorias de público: a) o público em geral; b) o público dos potenciais utilizadores; c) o público dos grupos ambientalistas; d) o público dos funcionários públicos que regulamentam o sector; e) o público dos líderes políticos, académicos e financeiros.

O Quadro 2.6 resume os factores que parecem contribuir para o grau da aceitação pública em relação à reutilização de água residual tratada.

Grau de aceitação pública	
Factores que diminuem o apoio	Factores que diminuem o apoio
Desconfiança das instituições públicas	Consciencialização para a utilização de ART, através de actividades educativas
Receio que a AR não seja correctamente despoluída	Introdução da população nos processos de decisão para a reutilização de águas
Desconfiança na comunidade científica e médica	Qualidade provada da ART em projectos implementados
Dúvida na segurança e independência dos modos de distribuição de água para a comunidade	Preço de tratamento, de tecnologias de distribuição e dos sistemas é razoável
Receio no contacto possível com a ART	Confiança na gestão local dos equipamentos e tecnologias é alto

Quadro 2.6– Factores que contribuem para a aceitação de projectos de ART (Hartley, 2006 *in* Silveira, 2008)

A aceitação de um projecto de reutilização de águas residuais pelo público é um passo fundamental no sucesso da implementação do projecto, já que a reutilização de águas residuais coloca questões de índole diversa, que têm que ser cuidadosamente geridas, entre a quais avultam os aspectos de saúde pública, mas também questões ambientais e económicas, a que ainda se somam questões de objecção psicológica, dada a origem da água reutilizada.

2.2.4. Questões económicas da utilização de ART

A reutilização de Água Residual Tratada é uma possibilidade cada vez mais em aberto, devendo obviamente estar presente no planeamento como possível alternativa na definição das necessidades de águas dos municípios ou áreas concessionadas.

Em Marecos do Monte e Albuquerque(2010) diz-se que a reutilização de ART exige um investimento substancial na construção de infra-estruturas de tratamento, armazenamento e distribuição. Assim, um projecto de utilização de água residual tratada deve, por isso, ter por base um adequado estudo técnico, económico, ambiental e social, salvaguardando as exigências aplicáveis nestes domínios e dando particular atenção à procura potencial como elemento-chave para a sua viabilidade.

O incentivo à conservação da água deve ser feito através da consciencialização de todos para a importância deste bem cada vez mais escasso. Uma das estratégias que tem sido adoptada para encorajar uma contenção na procura de água para consumo humano tem sido o estabelecimento de preços materialmente inferiores para a água residual tratada, quando comparados com os da água



potável. Com efeito, é frequente, numa fase inicial de introdução do serviço de fornecimento de águas residuais tratadas, aliar o estabelecimento de preços apelativos para o serviço de fornecimento de águas residuais tratadas a uma subida simultânea do preço da água para consumo humano.

2.2.4.1. Custos e Tarifas

Importa definir a forma de cálculo, o modelo económico subjacente a um projecto e também de todos os custos associados de concepção de construção e manutenção de um sistema de abastecimento de águas residuais tratadas, tendo em conta que o retorno financeiro e ressarcimento do investimento possa ser um princípio a não ser descurado, não obstante ter em vista a necessidade da tarifa ser atractiva.

Deverão ser distinguidos dois tipos de tarifários: o de saneamento aplicado aos utilizadores que entregam efluentes (suporta custos com a recolha e o tratamento necessário à descarga em meio hídrico) e o de venda de água residual tratada aplicado aos utilizadores que adquirem o produto (suporta custos adicionais provenientes da actividade de produção e distribuição de águas residuais aptas à reutilização).

Os custos a serem suportados pela tarifa a aplicar deverão incorporar os seguintes aspectos:

1. Custos de investimento:

Gerais (necessários para servir todos os utilizadores): relativos às instalações e equipamentos de tratamento necessários para a afinação, o armazenamento, a elevação (é frequentemente necessário realizar a elevação à saída da estação de tratamento) e o transporte comum a todos os utilizadores (quando aplicável).

Específicos para cada utilizador: relativos a infra-estruturas de distribuição dedicadas a um utilizador ou grupo restrito e identificável de utilizadores.

2. Custos de exploração: designadamente com consumíveis, energia, manutenção e reparação, bem como custos de pessoal e administrativos. Não pode ser incorporado no



tarifário de venda de água residual tratada qualquer custo de matéria-prima relativo ao caudal tratado a montante da afinação do tratamento.

3. **Remuneração do capital empregue** (capitais próprios e alheios).

Na proposta da ERSAR (GUIA nº2 e Nº14) também se que as tarifas sejam divididas em parte fixa e variável, sendo a parte fixa respeitante aos custos de investimento e manutenção (conforme o volume máximo contratado com cada utilizador), e a parte variável respeitante ao valor unitário (€/m³) igual para cada utilizador.

Poderá igualmente ser definido uma tarifa para o transporte de água ocasional de meios móveis, e também poderá ser definida uma fórmula de tarifa para a entrada de novos utilizadores.

2.2.4.2. Avaliação e Viabilidade dos Projectos

A análise da viabilidade financeira, resultante da avaliação global do projecto nas suas variadas vertentes económicas, e eventualmente ganhos ambientais e sociais associados (mais dificilmente contabilizáveis), é um processo essencial para garantir a capacidade de retorno dos investimentos.

Um projecto de utilização de águas residuais tratadas considera-se financeiramente viável logo que seja apurado (em resultado de análises de sensibilidade em torno dos factores-chave de incerteza) um elevado grau de probabilidade de recuperação dos investimentos iniciais (incluindo os encargos financeiros decorrentes) e de cobertura dos custos de exploração, de manutenção e administrativos, pelos cash-flows esperados resultantes das tarifas a cobrar aos utilizadores do serviço e, caso existam, de outras receitas (por exemplo, subsídios ao investimento).

Ainda segundo Marecos do Monte e Albuquerque (2010), na análise da viabilidade financeira de um projecto deve atender-se então aos seguintes custos-chave:

- ✓ Tratamento adicional necessário para garantir o cumprimento dos padrões pretendidos de qualidade da água residual tratada para reutilização;



- ✓ Armazenamento e manutenção de pressão para o sistema de distribuição de água residual tratada;
- ✓ Distribuição da água residual tratada;
- ✓ Monitorização da qualidade da água residual tratada;
- ✓ Gestão do relacionamento com os utilizadores do serviço, incluindo apoio técnico.

Para além da análise da viabilidade financeira devemos igualmente fazer uma análise da sensibilidade, nomeadamente através dos seguintes factores:

- ✓ Taxa de efectiva adesão ao serviço de fornecimento de água residual tratada por parte dos potenciais utilizadores, questão interligada com a elasticidade procura-preço deste serviço face a outras origens alternativas (captações próprias, rede pública de abastecimento, etc.);
- ✓ Grau de volatilidade sazonal dos caudais de águas residuais recolhidos nas ETAR;
- ✓ Evolução da procura no sentido de otimizar o grau de utilização da capacidade de tratamento e distribuição que se venha a instalar.

É importante garantir a distribuição mínima dos caudais necessário para rentabilizar o investimento, sem no entanto pôr em causa a vantagem desta tarifa em relação à água para consumo humano. Deverá também ter-se em especial atenção o dimensionamento das infra-estruturas, partindo de estimativas e dados realistas, para que o investimento não seja sobredimensionado, tornando mais difícil o seu retorno financeiro.

Como referido anteriormente, os aspectos qualitativos e os ganhos sociais e ambientais são aspectos importantes numa avaliação de um projecto, conforme refere o Guia n°14 da ERSAR:

- ✓ Contribuição para a redução do uso de reservas de água potável;
- ✓ Origem alternativa para usos não potáveis, nomeadamente em casos de seca extrema;
- ✓ Contribuição para a redução do potencial risco de intrusão salina nos aquíferos subterrâneos;



- ✓ Redução das descargas poluentes, que resulta em efeitos benéficos quanto à qualidade da água dos cursos de água e na diminuição dos custos de tratamento de água para consumo humano em captações a jusante dos pontos de rejeição de efluentes;
- ✓ Melhoria dos ecossistemas e da qualidade da água das praias;
- ✓ Aproveitamento para rega dos nutrientes presentes nas águas residuais tratadas;
- ✓ Contribuição para o adiamento da necessidade de expansão ou de reabilitação nas infra-estruturas de abastecimento de água.

Estas externalidades podem beneficiar a avaliação de um projecto que financeiramente se mostre deficitário e que, incluídos estes pontos, poderão tornar-se viáveis.

2.2.5. Exemplos de reutilização de águas residuais tratadas

A reutilização das águas residuais não tratadas é uma prática tradicional nos países mais desenvolvidos do continente africano e asiático. No entanto, a reutilização de águas residuais tratadas, tem sido efectuada apenas nas regiões mais áridas de países desenvolvidos como a Austrália, Médio Oriente e sudoeste dos Estados Unidos da América.

Segundo Sousa (2009), na Austrália existem actualmente 580 sistemas operativos de reutilização de água residual tratada: 230 implementados no meio urbano (rega de parques, jardins e campos golfe); 80 na indústria e serviços (lavagens e refrigeração); e 270 na agricultura (horticultura, silvicultura, pastagens e viticultura).

Nos EUA, a regulamentação dos principais aspectos relativos ao tratamento das águas residuais e à qualidade da água é feita pela *Environmental Protection Agency* (EPA). Existem vários projectos em muitos estados, como a Florida e a Califórnia, em que a pressão da procura da água para a rega e consumo, a par das condições climáticas, obrigam há muito a apostar na reutilização de ART.

Existem actualmente nos Estados Unidos mais de 1500 infra-estruturas destinadas ao tratamento e reutilização de águas residuais, no entanto apenas 5% são reutilizadas, sendo este valor



estimado em aproximadamente 110.000.000 m³/dia. O Arizona, Califórnia, Flórida e Texas, como estados com maior actividade ao nível da reutilização da água, são responsáveis por cerca de 90 % de utilização deste recurso.

A região do Médio Oriente é outra das zonas do globo onde a pressão na procura de recursos hídricos, e onde a escassez é elevada efaz com que se recorra a projectos de utilização de ART, com Israel na vanguarda da investigação e da sua aplicação. Israel tem uma prática de reutilização de águas residuais muito antiga, o que lhe confere uma experiência muito forte e interessante. Desde 1963 que Israel enfrenta problemas de escassez de água e a reutilização de águas residuais tratadas passou a ser recorrente.

Em 2008, 72% das águas residuais tratadas eram reutilizadas, sendo que apenas os restantes 28% eram devolvidos ao meio hídrico. O gráfico 2.5 mostra-nos as origens da água em Israel. Podemos verificar que a utilização de ART é já a terceira fonte água em quantidade, estando muito próxima da origem de águas superficiais.

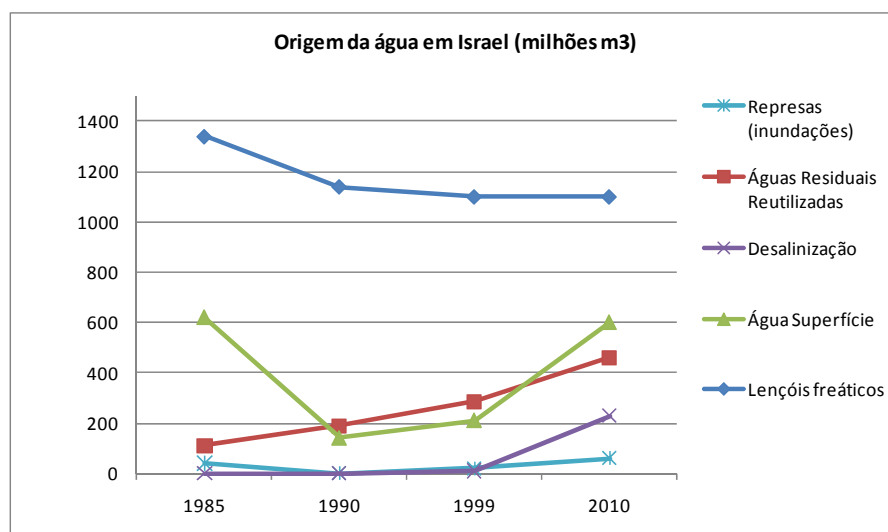


Gráfico 2.3- Origem da água em Israel (adaptado, WaterComisson Israel)

Da análise dos gráficos constata-se que a origem da água utilizada em Israel provém cada vez mais da água residual tratada, e que é na agricultura que existem mais projectos e maior reaproveitamento de ART. Em especial no gráfico 6 podemos verificar que a agricultura se encontra na linha da frente para a reutilização de ART.

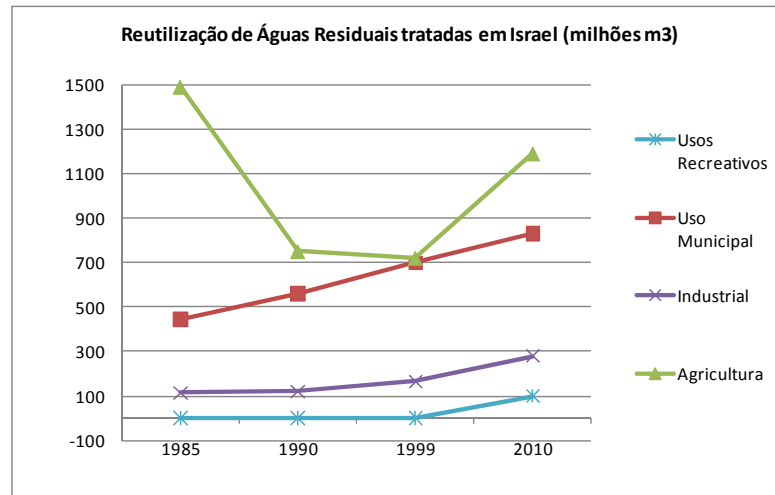


Gráfico 2.4– Reutilização de Águas Residuais tratadas em Israel (adaptado, WaterComisson Israel)

Estima-se que em 2010 havia em Israel projectos de reutilização das águas residuais tratadas que forneciam cerca de 50% da água necessária para a rega na agricultura.

Em Espanha, apesar de a nível nacional não se terem feito grandes progressos, quanto à implementação de projectos de reutilização de ART, têm surgido algumas iniciativas a nível regional. Na Andaluzia, Catalunha e Ilhas Baleares têm sido seguidas as orientações da WHO que incentivam a prática da reutilização das águas residuais (Angelakisetal., 1999, *in* Sousa 2009).

Outros exemplos encontram-se listados no quadro 2.7.

Exemplo de caso	Aplicação
Monterey, Califórnia	1.500 m ³ /d aplicados na rega de hortícolas, num projecto de Investigação e Desenvolvimento (I&D) de 10 anos.
Cidade do México	45 a 300 m ³ /s de águas residuais são reutilizados na rega de 35.000 ha de culturas agrícolas.
Clermont-Ferrand, França	500.000 m ³ /d de efluente secundário afinado em lagoas de maturação e por desinfecção são reutilizados na rega de 750 ha de milho.
Emilia Romagna, Itália	1.250 m ³ /d de efluente do tratamento das águas residuais de Castiglione, Cesena, Casenatico, Cervia e Gatteo são reutilizadas na rega de 400 ha de área agrícola.
Vitoria, País Basco, Espanha	35.000 m ³ /d de águas residuais tratadas são reutilizadas para rega agrícola.
Drarga, Marrocos	As águas residuais de uma população de 10.000 habitantes são tratadas em lagoas de estabilização e reutilizadas para rega agrícola.
Região Dan e Projecto Kishon, Israel	O volume de águas residuais reutilizadas representa 20% da água utilizada na rega agrícola.
Kuwait	10% das águas residuais tratadas (tratamento terciário) são reutilizadas na rega agrícola e paisagística. 25% da área agrícola é regada com água reutilizada.
Taiyuan, China	500.000 m ³ /d de efluente secundário proveniente de 7 ETAR são reutilizados após recarga do aquífero nas lagoas do Rio Fen.
Virginia, Austrália	120.000 m ³ /d de efluente armazenado no solo distribuídos a 250 agricultores para rega agrícola.

Quadro 2.7– Exemplos de projectos de Reutilização de ART (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010)

2.2.5.1. Portugal

Relativamente à reutilização de ART para rega, podemos dizer que algumas regiões de Portugal têm um imenso potencial, pelo registo de stress hídrico médio em que o país se encontra (gráfico 2.2).

Em Portugal existem vários estudos versando a reutilização de ART, sem no entanto ser possível detectar qualquer projecto relativo à rega agrícola, que esteja em prática, em cogitação ou com perspectivas de sair do papel.

Relativamente à reutilização para o fim mais específico da rega paisagística, existem estudos para a tentativa de reutilização de águas residuais tratadas para os campos de golfe, principalmente para a zona do Oeste e do Algarve. O foco do interesse da reutilização da água para rega paisagística em Portugal centra-se actualmente na rega de campos de golfe, com particular destaque nas regiões do Algarve e do Oeste (figura 2.5). Na primeira destas regiões existem 31 campos de golfe, estando prevista a instalação de mais 18 em breve (Martins *et al.*, 2007). A autorização para instalação das novas unidades tem sido condicionada à reutilização dos efluentes das ETAR.

Distribuição geográfica das ETAR abrangidas pelo estudo e empreendimentos de golfe no Algarve (ETAR; Campos de golfe em funcionamento, aprovados ou em construção e pretensões).

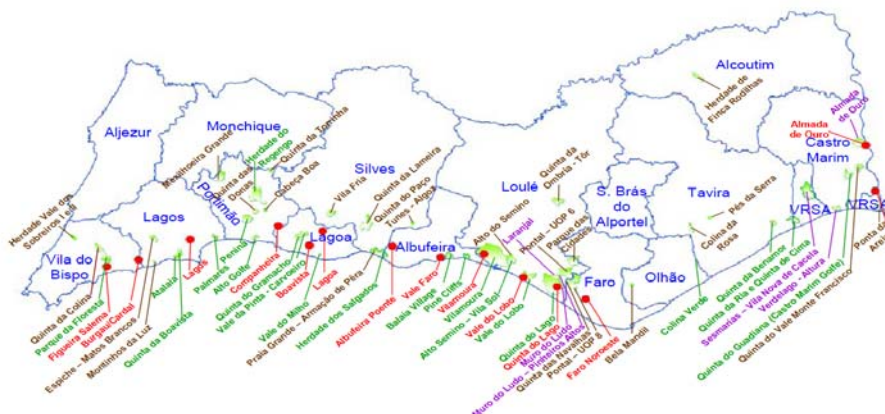


Figura 2.5– Estudo para reutilização de ART na rega de campos de Golfe (Martins, 2007)

É no entanto possível encontrar inúmeras ETAR que, nos seus circuitos hidráulicos internos, fizeram incorporar um sistema de reaproveitamento das águas residuais tratadas, para os mais variados fins, como a rega dos jardins. A ETAR do Ave é um dos exemplos onde é reutilizada a água residual tratada para rega e lavagens diversas.



2.3.A legislação aplicável

O estabelecimento dos requisitos de qualidade das ART destinadas a reutilização constitui uma pedra angular no desenvolvimento de projectos de reutilização, por ser específica dos mesmos, visto que os requisitos relativos a outros aspectos dos projectos, como operações e processos de tratamento de águas residuais, equipamentos, são comuns a outros projectos de engenharia sanitária e ambiental.

Para serem reutilizadas com sucesso, as águas residuais devem ser tratadas de modo a apresentar características de qualidade que satisfaçam a utilização pretendida, minimizando eventuais impactes ambientais adversos e não contribuindo para riscos de saúde das pessoas expostas (trabalhadores dos sistemas de reutilização, utilizadores da água reutilizada e público em geral).

Nas próximas subsecções apresentar-se-ão essencialmente as questões dos parâmetros legais, normativos ou recomendativos para a utilização de ART, dado já terem sido referidos anteriormente os aspectos técnicos necessários para a rega.

2.3.1. Guia nº14 ERSAR

O guia nº 14 da ERSAR (Janeiro de 2010) é a mais recente publicação da Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), depois de já ter publicado o Guia nº2 com a mesma temática, e é um volume muito completo que descreve todas as etapas necessárias à boa implementação de projectos de reutilização de ART.

Este guia resume de uma forma sistematizada toda a informação dispersa em diferentes leis portuguesas, normas, teses, bem como as práticas de outros países.



2.3.2. Decreto Lei 236/98 (anexo XVI)¹

O anexo XVI do decreto lei 236/98 determina os valores máximos recomendados e os valores máximos admissíveis para os parâmetros da rega. O quadro 2.8 apresenta todos os valores do anexo.

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMR	VMA
Alumínio	mg/l	5,0	20,0
Arsénio	mg/l	0,1	10,0
Bário	mg/l	1,0	
Berílio	mg/l	0,5	1,0
Boro	mg/l	0,3	3,8
Cádmio	mg/l	0,0	0,1
Chumbo	mg/l	5,0	20,0
Cloretos	mg/l	70	-
Cobalto	mg/l	0,05	10
Cobre	mg/l	0,2	5
Crómio Total	mg/l	0,1	20
Estanho	mg/l	2	
Ferro	mg/l	5	
Flúor	mg/l	1	15
Lítio	mg/l	2,5	5,8
Manganês	mg/l	0,2	10
Molibénio	mg/l	0,005	0,05
Níquel	mg/l	0,5	2
Nitratos	mg/l	50	
Salinidade :			
CE	dS/m	1	
SDT	mg/l	640	
SAR	mg/l	8	
Selénio	mg/l	0,02	0,05
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/l	60	
Sulfatos	mg/l	575	
Vanádio	mg/l	0,1	1
Zinco	mg/l	2	10
pH	Escala de Sorensen	6,5 - 8,4	4,5 - 9,0
Coliformes Fecais	/100 ml	100	
Ovos parasitas intestinais	mg/l		1

Quadro 2.8– ANEXO XVI (Dec. Lei – 236/98) – Parâmetros de qualidade para águas de rega

¹ Este diploma foi parcialmente revogado pelo Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro.

2.3.3. NP 4434:2005

A norma portuguesa (NP) 4434:2005 foi elaborada pela subcomissão técnica SC 3 «Reutilização de Águas Residuais» da Comissão Técnica Portuguesa de Normalização CT 90 «Sistemas de Saneamento Básico», por mandato do Instituto Português da Qualidade.

A NP 4434 aplica-se exclusivamente à reutilização de ART na rega de culturas agrícolas, florestais, ornamentais, viveiros, relvados e outros espaços verdes. No que se refere aos requisitos de qualidade agronómica das águas residuais tratadas a utilizar na rega a NP 4434 adoptou os critérios indicados no Anexo XVI do Decreto-lei nº 236/98, de 1 de Agosto, os quais correspondem, de um modo geral, aos padrões recomendados pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO).

Apresentam-se no quadro 2.9 os valores dos parâmetros exigidos para as diferentes utilizações de ART, segundo a norma.

Classes	Tipo de cultura	Coliformes Fecais (NMP ou UFC/100mL)	Ovos de parasitas entéricos (ovos/L)	Esquemas de tratamento adequados
A	Culturas horticolas para consumo em cru	100	1	Secundário→Filtração→Desinfecção ou Terciário→Filtração→Desinfecção
B	Relvados, parques e jardins públicos e relvados para a pratica de desportos, zonas florestadas com fácil acesso para o público	200	1	Secundário→Filtração→Desinfecção ou Terciário→Filtração→Desinfecção
C	Culturas horticolas para consumir cozinhadas, culturas forrageiras e pratenses vinhas e pomares	1000	1	Secundário→Filtração→Desinfecção ou Terciário→Filtração→Desinfecção ou Lagunagem (sistema com 3 ou + lagoas e tr?25 dias)
D	Culturas cerealíferas, culturas horticolas, culturas destinadas à produção de matérias-primas para a as industrias têxtil, de extracção de óleos e essências vegetais e similares, culturas florestais e relvados situados em locais de difícil acesso para o publico ou com acesso controlado	10000	1	Secundário→Lagoas de maturação (tr?10 dias) ou Secundário→Filtração→Desinfecção

Quadro 2.9– Parâmetros de qualidade para águas de rega – NP 4434:2005 (Santos, 2009)



2.3.4. Legislação Internacional

A legislação internacional apresenta muitas variações conforme os diferentes tipos de culturas. A qualidade exigida para a rega de produtos agrícolas de consumo cru (proibida em Portugal) é muito variável, mas o centro da análise deverá ser o da agricultura de pastagem (milho ou forragens) que apresenta menor necessidade de afinação da desinfecção. O quadro 2.10 apresenta um resumo dos parâmetros de qualidade para a rega agrícola, nos diferentes países em que foi possível identificar esses valores.

Parâmetros para a rega agrícola					
	Portugal	Espanha	França	EUA	Israel
Coliformes Fecais (UFC/100 mL)	1000 *	1000	1000	200	10
Ovos helmintas	1 *	-	-	-	-
Ovos nematodos	-	0,1	1	-	-
SST (mg/L)	60 **	35	-	30	10
pH	6,5 - 8,4 **	-	-	6 - 9	6,5 - 8,5
CBO5 (mg/L)	-	-	-	30	10
Turvação (NTU)	-	10	-	2	-
Cloro Residual (mg/L)	1	-	-	1	1

* Valor NP 4434:2005

** Valor anexo XVI - dec. Lei 236/98

Quadro 2.10 – Parâmetros de qualidade para águas de rega – Adaptado de Pereira, 2009; Marecos do Monte, 2010;

3. CARACTERIZAÇÃO DOS CONCELOS DE VILA DO CONDE E PÓVOA DE VARZIM

No presente capítulo apresenta-se uma caracterização dos concelhos da Póvoa de Varzim e de Vila do Conde, relativa a aspectos essenciais para conhecer a realidade e cruciais para as mais diversas tomadas de decisão. São abordados aspectos tais como os demográficos, culturais, ambientais e do território.

3.1. Localização

Os concelhos da Póvoa de Varzim e de Vila do Conde ficam localizados em Portugal [Nomenclatura Unidade Territorial (NUT) I], mais especificamente a Norte (NUT II), e na região do Grande Porto (NUT III) – figura 3.1.

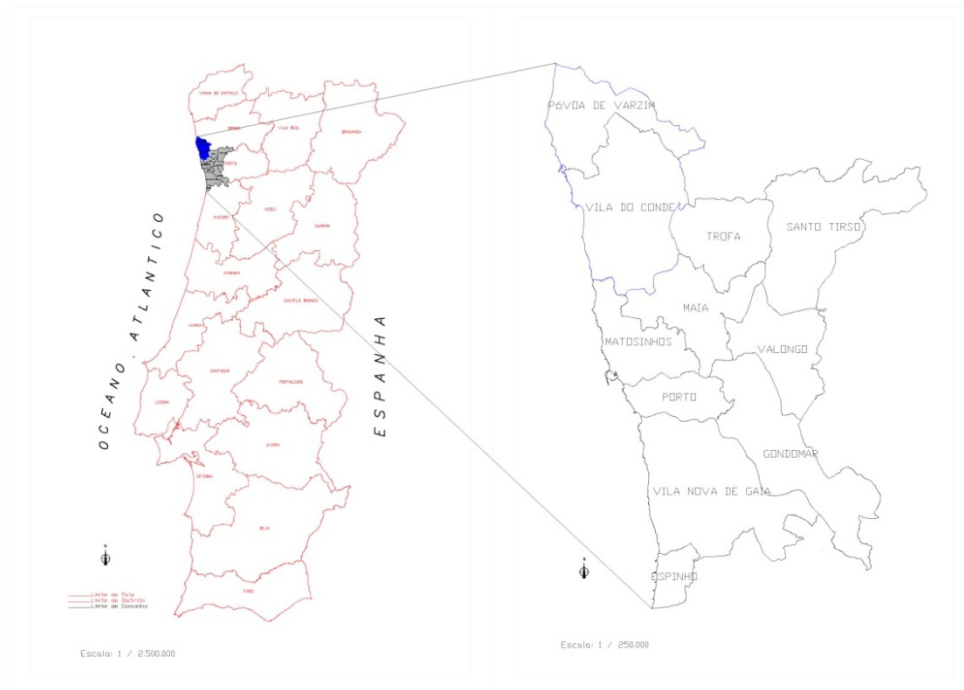


Figura 3.1 – Portugal Continental e NUT III

Ambos os concelhos ficam localizados junto ao mar, e têm características orográficas com predominância de baixas altitudes, e declives pouco acentuados.

3.1.1. Póvoa de Varzim

O Concelho de Póvoa de Varzim pertence ao distrito do Porto e dista aproximadamente 31 Km da sede distrital. Apresenta uma área de 81,94 km², distribuída por um total de 12 freguesias (A-ver-o-Mar, Aguçadoura, Amorim, Argivai, Balasar, Beiriz, Estela, Laúndos, Navais, Póvoa de Varzim, Rates e Terroso), figura 3.2. O concelho faz fronteira com os concelhos de Esposende, Barcelos, Vila Nova de Famalicão e Vila do Conde, sendo banhado a Oeste pelo Oceano Atlântico.

Este concelho encontra-se situado numa zona de terras férteis, com áreas florestais consideráveis, apesar de condicionadas pelas constantes pressões demográficas estivais, com significativas variações de população no verão. Grande parte do território concelhio encontra-se dominado pela bacia hidrográfica do Ave e pelo sistema do rio Este.



Figura 3.2 – Póvoa de Varzim

3.1.2. Vila do Conde

O Concelho de Vila do Conde situa-se a cerca de 28 Km da sede distrital do Porto, confrontando os seus limites com os concelhos de Póvoa de Varzim, de Vila Nova de Famalicão, da Trofa, da Maia e de Matosinhos, sendo banhado a Oeste pelo Oceano Atlântico.

O concelho tem uma superfície territorial de 149,31 Km² (dados do INE), distribuída por 30 freguesias (Arcos, Árvore, Aveleda, Azurara, Bagunte, Canidelo, Fajozes, Ferreiró, Fornelo, Gião, Guilhabreu, Junqueira, Labruge, Macieira da Maia, Malta, Mindelo, Modivas, Mosteiró, Outeiro Maior, Parada, Retorta, Rio Mau, Tougues, Touguinha, Touguinhó, Vairão, Vila Chã, Vila do Conde, Vilar e Vilar de Pinheiro), figura 3.3, que se estendem pelas duas margens do rio Ave.



Figura 3.3 – Vila do Conde



O Concelho de Vila do Conde situa-se a cerca de 28 Km da sede distrital do Porto, confrontando os seus limites com os concelhos de Póvoa de Varzim, de Vila Nova de Famalicão, da Trofa, da Maia e de Matosinhos, sendo banhado a Oeste pelo Oceano Atlântico.

3.2. Caracterização demográfica

A evolução da população afigura-se, a par do território, como um dos factores mais importantes para o planeamento decisório. Nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim a necessidade do acompanhamento da evolução da população, bemcomo dos movimentos estavais onde se verificam flutuações significativas, é igualmente importante.

O gráfico 3.1 apresenta as diferentes tendências de ambos os concelhos, nomeadamente na evolução populacional da última década. Com os dados preliminares dos censos de 2011, é possível perceber que o concelho de Vila do Conde continua com crescimento populacional, estando perto de atingir os 80.000 habitantes, ao passo que o concelho da Póvoa de Varzim mostra uma estagnação ficando com valores ao mesmo nível de 1991.

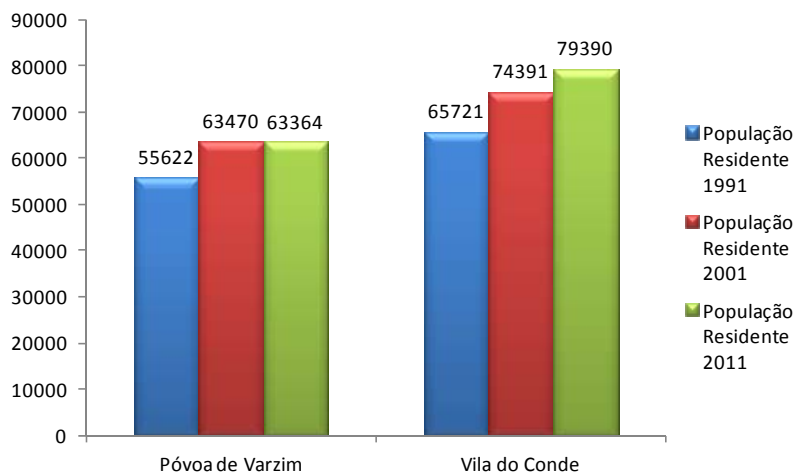


Gráfico 3.1 – Evolução da população residente nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (1991-2011)

A estagnação da evolução da população mostra que qualquer decisão deverá ter em conta esta tendência, sem no entanto menosprezar que a implementação de projectos atractivos pode alterar a situação actual.

3.2.1. População por sector de actividade

As diferentes actividades económicas têm sofrido fortes alterações, nomeadamente, desde o 25 de Abril de 1974, com a passagem de muita mão-de-obra do sector primário para o sector terciário. A deslocação de população activa da agricultura para a actividade dos serviços, foi resultado de uma nova realidade, de um desinteresse pela produção agrícola e pelos atractivos da vida citadina. Esta mudança gradual no país verifica-se igualmente nos concelhos de Vila do Conde e da Póvoa de Varzim, apesar de ainda serem concelhos com uma paisagem agrícola intensa, mas cada vez mais industrializados e com menores necessidades de mão-de-obra, levando a uma diminuição da percentagem de activos no sector agrícola.

No concelho da Póvoa de Varzim, verifica-se que a percentagem da população activa no sector primário é de 9%, sendo claramente o menos significativo e o que tem o menor número de empregos. Analisando o gráfico 3.2 verifica-se que o sector secundário (actividade industrial) tem 42% da população activa, enquanto o sector terciário (serviços) tem a maior percentagem de população activa, 49%. Esta realidade confirma a tendência anteriormente referida, apesar de ainda ser visível que o sector terciário não domina por completo o panorama.

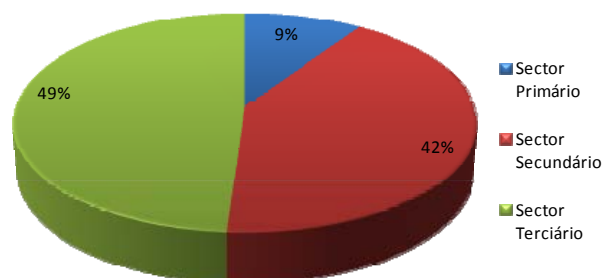


Gráfico 3.2 – Distribuição da população activa por sector de actividade - Póvoa de Varzim (2011)

No concelho de Vila do Conde, verifica-se que a percentagem da população activa no sector primário é igualmente de 9%, sendo claramente o menos significativo e o que tem o menor número de empregos, apesar de ser um concelho com maior população que a Póvoa de Varzim, sendo que em termos absolutos terá maior número de agricultores. O gráfico 3.3 mostra também a distribuição de 49% da população activa no sector secundário, sendo o que concentra o maior número de trabalhadores. No sector terciário trabalham 42% da população activa do concelho de Vila do Conde.

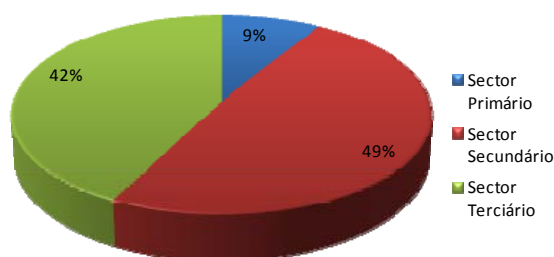


Gráfico 3.3 – Distribuição da população activa por sector de actividade – Vila do Conde (2011)

Esta tendência de distribuição é idêntica nos dois concelhos e deverá manter-se nos próximos tempos apesar de o regresso à agricultura ser uma realidade cada vez mais apoiada, e de continuarem a subsistir os necessários apoios comunitários às explorações. A pressão na procura de água potável pela população irá manter-se ou eventualmente aumentar, pelo já referido aumento populacional. A agravar a situação da procura de água nestes dois concelhos temos a flutuação de população na época alta, sendo que a reutilização da ART para a rega agrícola libertaria os recursos disponíveis para o consumo humano.

3.3. Caracterização Agrícola

A caracterização da agricultura, nas suas variáveis de produção e população, é uma realidade com uma importância crescente e por isso tem lugar a cada dez anos um recenseamento agrícola. Os dados definitivos do mais recente (realizado em 2009), estão disponíveis desde Maio de 2011. Com base nos resultados realizaram-se alguns gráficos com o objectivo de retratar a realidade da agricultura



nos dois concelhos. A evolução das áreas cultivadas ou do número de agricultores, permite ter uma percepção da realidade e da sua tendência, sendo muito importante para o processo de decisão para o estudo em apreço nesta dissertação.

Relativamente às áreas utilizadas na agricultura, apresenta-se no gráfico 3.4 a percentagem da área agrícola em relação à totalidade do território, sendo que em ambos os casos elas são muito próximas. No caso do concelho da Póvoa de Varzim a percentagem de terrenos agrícolas no território é de 40,51%, e em Vila do Conde, essa percentagem atinge os 40,90%. Mais uma vez se refere que o território de Vila do Conde é maior, e em termos absolutos isto representará uma área maior.

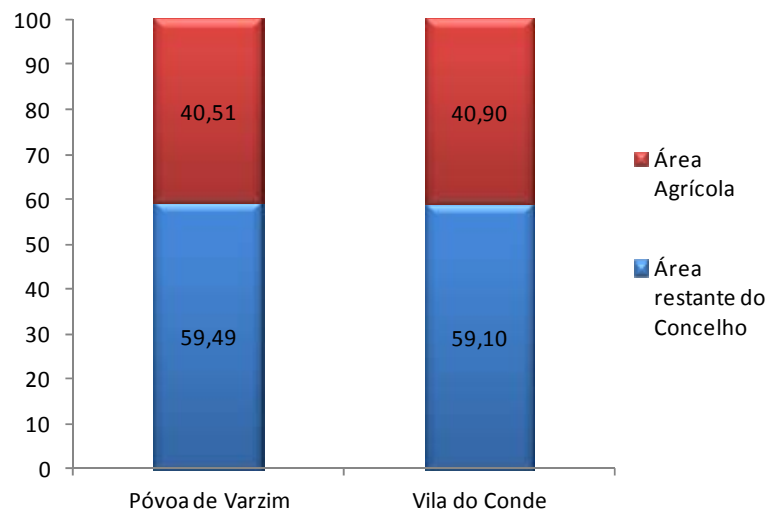


Gráfico 3.4 – Percentagem da superfície agrícola na área total dos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (2001)

O gráfico 3.5 representa a evolução do número de agricultores em ambos os concelhos, desde de 1989 até 2009, contabilizando três recenseamentos agrícolas. A análise ao gráfico permite confirmar a evolução negativa deste indicador, podendo ser concluído que esta diminuição do número de agricultores é muito significativa em ambos os casos, representando um corte de cerca de 50% da mão-de-obra afectada à agricultura. Esta diminuição tão acentuada é verificada nos dois concelhos, onde se pode ver que nos últimos 20 anos se perdeu 50% da mão-de-obra neste sector de actividade.

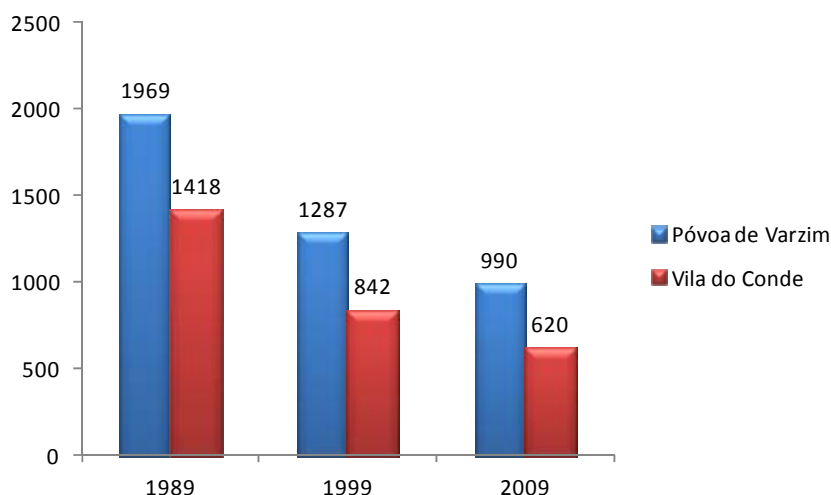


Gráfico 3.5 – Evolução do número de produtores agrícola nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (1989-2009)

Analisando as áreas utilizadas na agricultura, o cenário é bastante diferente. Pela análise do gráfico 3.6 constata-se que a evolução da área utilizada é de diminuição muito ligeira. No caso de Vila do Conde até se nota uma recuperação na última década, depois de uma ligeira perda, e no caso da Póvoa de Varzim a diminuição é mais evidente. Conclui-se que a evolução técnica das explorações permitiu a utilização de menor mão-de-obra para uma área idêntica.

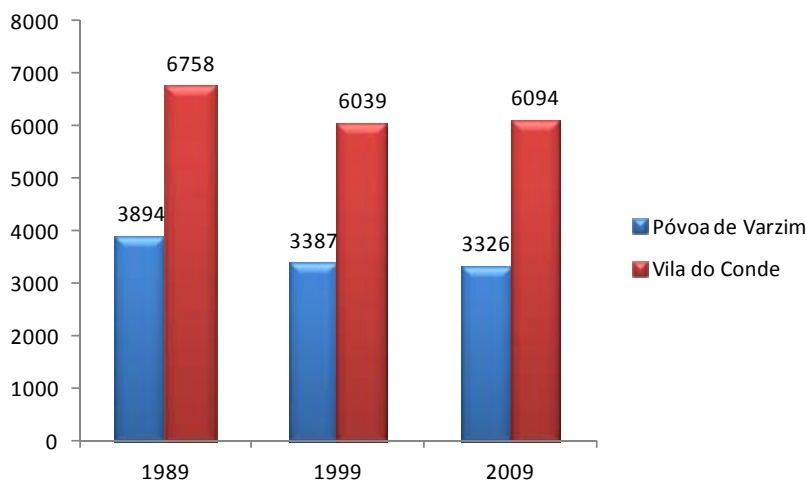


Gráfico 3.6 – Evolução da superfície agrícola total utilizada (ha) nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (1989-2009)

Este indicadores cruzados teriam de ter influência na área agrícola por exploração ou por agricultor. Se a área se mantém estável e o número de agricultores e trabalhadores diminui

drasticamente, o resultado é o do gráfico 3.7, onde se pode verificar o natural aumento da área por exploração agrícola.

No caso de Vila do Conde esse aumento é mais significativo, passando de 4,7 ha por exploração, para 8,9 ha. No concelho da Póvoa de Varzim a área por exploração passou de 2 ha por exploração para 3,2 ha.

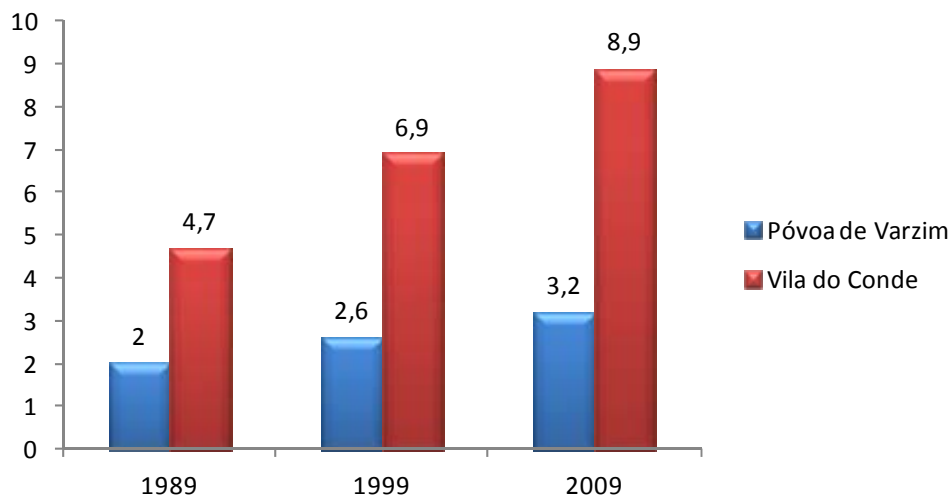


Gráfico 3.7 – Evolução da superfície agrícola média (ha) por exploração agrícola, nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (1989-2009)

Conclui-se que existem dados de estabilidade na área agrícola utilizada ao longo das duas últimas décadas, sendo um sinal de que, apesar da diminuição do número de agricultores e da mão-de-obra, existem condições para um maior aproveitamento da área agrícola utilizada nos próximos anos.



4. CARACTERIZAÇÃO DA ETAR DO AVE

No presente capítulo será feita uma descrição do processo de tratamento da Estação de Tratamento das Águas Residuais do Ave.

A ETAR do Ave, associada à Frente de Drenagem (FD) 10 do Sistema Multimunicipal de Saneamento do Vale do Ave foi dimensionada para 257 557 habitantes equivalentes, para tratar entre 30.500 m³ dia (época baixa) e os 42.900 m³ dia (época alta), no ano horizonte.

A ETAR fica localizada na freguesia de Tougues, do concelho de Vila do Conde (figura 4.1), sendo que irá tratar o efluente dos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim.

A ETAR do Ave baseia-se num tratamento secundário por lamas activadas, concretizado em 3 reactores biológicos, com remoção de azoto, precedidos de decantação primária lamelar. As lamas primárias e as lamas em excesso são sujeitas a um processo de espessamento, seguindo depois para uma etapa de digestão a quente, com aproveitamento de biogás em sistema de co-geração e desidratação mecânica.



Figura 4.1 – Imagem aérea (cedida pela Águas do Noroeste)



No caso em estudo, dadas as características do meio receptor (rio Ave), é feita a desinfecção da totalidade do efluente final da ETAR do Ave nos meses estivais, entre Maio e Setembro. Assim, a nível bacteriológico, o efluente é compatível com os requisitos de qualidade mínima de águas balneares, referidos no Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. No que respeita aos outros parâmetros, o efluente a saída da ETAR cumpra o disposto no Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho.

4.1. Dados de base

O dimensionamento da ETAR foi feito com base em alguns dos números apresentados no quadro 4.1, sendo o ano zero 2010, e o ano horizonte de projecto 2036.

Dados de base			
	EB	EA	
População de dimensionamento no Ano HP	183907	257557	Hab. Eq.
População de dimensionamento no Ano 0	62979	89090	Hab. Eq.
ÁGUAS RESIDUAIS AFLUENTES			
Caudal médio diário	30456	42935	m3/d
Caudal máximo (ponta)	2193	2941	m3/h
CARGAS POLUENTES			
CBO5	10392	14811	kg/d
CQO	24276	33997	kg/d
SST	11656	16811	kg/d
Nkj	2207	3091	kg/d
P-total	332	464	kg/d

Quadro 4.1 - Dados de Base de Dimensionamento da Época Baixa (EB) e Época Alta (EA) - ETAR do Ave.

O dimensionamento da desinfecção é também um dado importante de registo, dado ser a base para a definição do critério de reutilização, e do tipo de uso. No quadro 4.2, apresentam-se os valores de dimensionamento da microtamisação e da desinfecção UV.



Dados de base		
MICROTAMISAÇÃO (2)		
Caudal Ponta	3234	m ³ /h
SST entrada	40	mg/l
SST entrada	< 20	mg/l
DESINFECÇÃO UV's		
Caudal Ponta	3234	m ³ /h
Coliformes Fecias à entrada da desinfeção	4,00E+06	NMP/ 100 ml
Coliformes Fecias na descarga final	< 2000	NMP/ 100 ml
REUTILIZAÇÃO EFLUENTE TRATADO		
Consumos máximos	460	m ³ /h
Coliformes Fecais à entrada da desinfeção	2,00E+03	NMP/ 100 ml
Coliformes Fecias na água tratada	< 100	NMP/ 100 ml

Quadro 4.2 - Dados de Base de Dimensionamento da desinfeção

4.2. Descrição do tratamento

O processo de tratamento adoptado para a ETAR do Ave assenta, essencialmente, numa degradação aeróbia da carga orgânica num sistema de lamas activadas, em reactores com a configuração de uma vala de oxidação de geometria circular com funcionamento paralelo, com decantação primária a montante e com sistema de co-geração.

A ETAR contempla as seguintes fases principais:

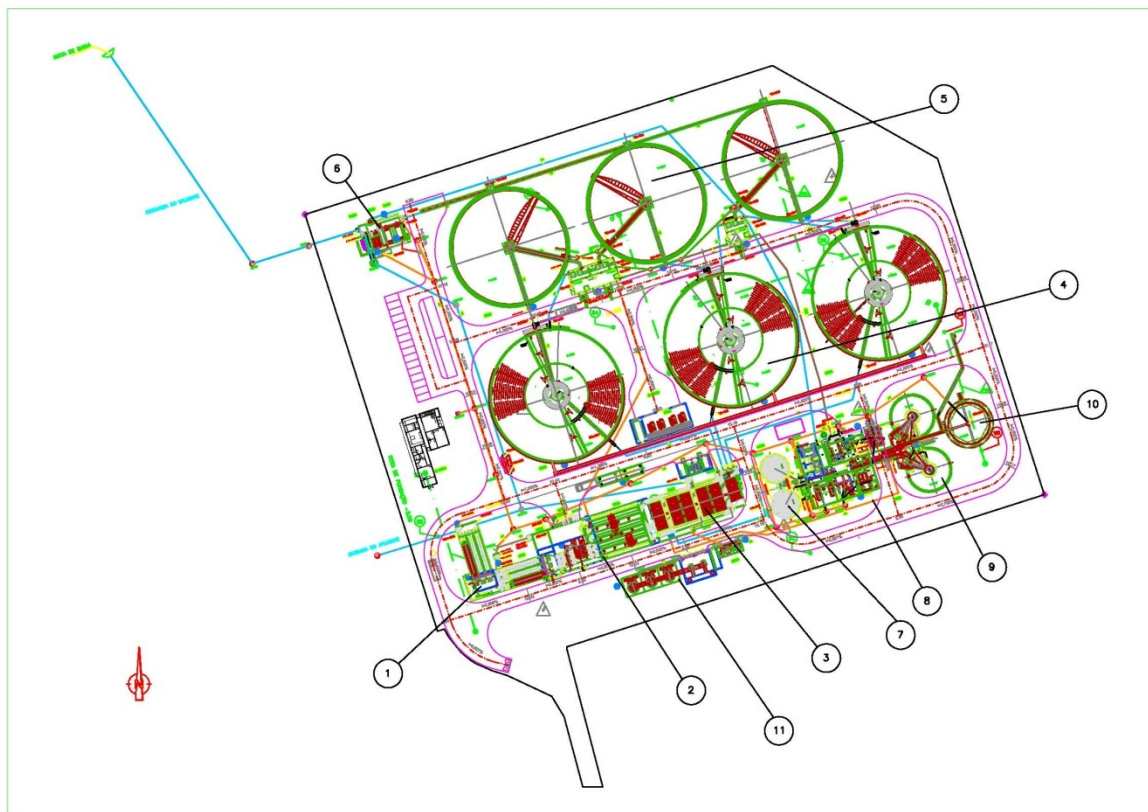


Figura 4.2 – Esquema da ETAR do Ave

Legenda Esquema da ETAR do Ave	
Fase Líquida	Fase Sólida
1 – Elevação Inicial	7 – Espessamento Lamas Primárias
2 – Tratamento Preliminar	8 – Tratamento Lamas
3 – Tratamento Primário	9 – Digestão Anaeróbia
4 – Reactor Biológico	Fase Gasosa
5 – Decantação Secundária	10 - Gasómetro
6 – Tratamento Terciário	11 - Desodorização

4.2.1. Fase Líquida

1. **Elevação Inicial:** A elevação inicial é feita com recurso a dois parafusos de Arquimedes com variador de velocidade - dois estágios de dois (+ um) parafusos.



Figura 4.3 – Elevação Inicial (parafuso)



Figura 4.4 – Elevação Inicial (parafuso)

2. **Tratamento Preliminar:** Após a elevação inicial, o tratamento preliminar com a operação de gradagem mecânica grossa, seguida da gradagem mecânica fina, associadas a parafusos transportadores e compactadores.

A remoção de areias, óleos e gorduras é levada a efeito em três órgãos de desenvolvimento longitudinal, com remoção de flutuantes por insuflação de ar e de areias por *air-lift*.

O tratamento preliminar é complementado com uma estação compacta de lamas de fossas sépticas com gradagem fina e desarenamento.

Estas etapas estão no interior do edifício, para confinamento e tratamento dos odores gerados.

3. **Tratamento Primário:** O tratamento primário realiza-se em três decantadores lamelares de planta quadrada, para separar e concentrar os sólidos sedimentáveis. As lamelas permitem aumentar a área de decantação sem que aumente a volumetria dos órgãos.

Os decantadores primários estão tapados por cobertura amovível, sendo esta etapa sujeita a desodorização. O caudal do efluente clarificado é medido em caudalímetro electromagnético de DN700.



Figura 4.5 – Tratamento Primário



Figura 4.6 – Tratamento Primário/Cobertura

4. **Reactor Biológico:** Após a decantação primária, as águas residuais são tratadas em três reactores biológicos, cada um deles com a seguinte compartimentação:

- Zona Anóxica – Privilegia o desenvolvimento das bactérias floculantes em detrimento de bactérias filamentosas, prevenindo os fenómenos de *bulking*.
- Zona de Pré-desnitrificação – Promove a conversão biológica dos nitratos em azoto atmosférico, essencial à redução dos compostos azotados.
- Zona de Arejamento – Onde ocorre a degradação da matéria orgânica e a nitrificação dos compostos da amónia.



Figura 4.7 – Reactor Biológico

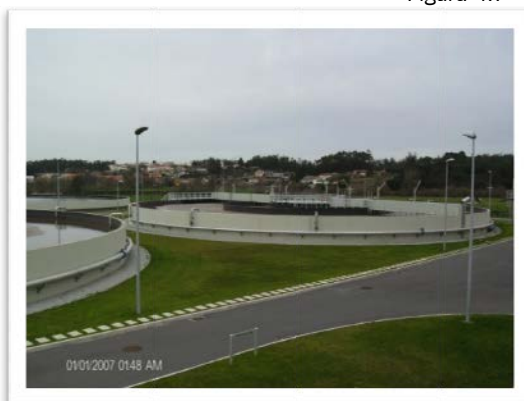


Figura 4.8 – Reactor Biológico

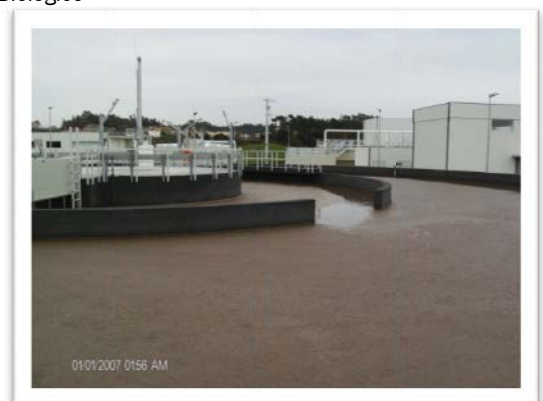


Figura 4.9 – Reactor Biológico

5. **Decantação Secundária:** Os decantadores secundários promovem a separação da fase líquida da fase sólida. Na fase líquida o efluente segue para o tratamento terciário, e na fase sólida, as lamas mais densas decantam e retornam ao respectivo reactor biológico, com o intuito de manter uma concentração de lamas activadas adequada ao tratamento das águas residuais.



Figura 4.10 – Decantador Secundário



Figura 4.11 – Decantador Secundário

6. **Tratamento Terciário:** O efluente proveniente dos decantadores secundários é sujeito a filtração em dois microtamisadores para redução dos sólidos em suspensão, sendo posteriormente desinfectado por radiação ultravioleta de baixa pressão. Parte do efluente desinfectado é reaproveitado na ETAR (com um tratamento mais afinado).



Figura 4.12 – Tratamento Terciário



Figura 4.13 – Microtamisador



Figura 4.14 –Lâmpadas UV

4.2.2. Fase Sólida

7. **Espessamento de Lamas Primárias:** As lamas provenientes dos decantadores primários são espessadas em espessadores gravíticos equipados com uma grade interior de espessamento, de funcionamento contínuo com raspador de fundo. As lamas espessadas nestes órgãos são enviadas (juntamente com as lamas em excesso espessadas) aos digestores anaeróbios.

8. **Tratamento de Lamas:** As lamas em excesso são extraídas a partir dos poços de recirculação de lamas e são espessadas mecanicamente com dois tambores de espessamento, equipados com floculador dinâmico.
As lamas digeridas nos digestores anaeróbios são desidratadas em duas centrífugas de alto rendimento com adição de polímero em linha.

As lamas desidratadas são recolhidas com um parafuso transportador e são misturadas com cal, sendo posteriormente bombeadas para dois silos de lamas equipados com medidor de nível.

Estas etapas estão no interior do edifício, para confinamento e tratamento de odores.

9. **Digestão Anaeróbia:** As lamas mistas (primárias e secundárias) espessadas são estabilizadas por digestão anaeróbia em sistema de alta carga e regime mesolítico a 35°C. A fracção volátil das lamas é parcialmente convertida em biogás.



Figura 4.15 – Centrifuga



Figura 4.16 – Silo de lamas

4.2.3. Fase Gasosa

10. **Gasómetro:** O biogás produzido na digestão anaeróbia é armazenado no gasómetro de dupla membrana e de baixa pressão.



Figura 4.17 – Gasómetro

11. **Desodorização:** A desodorização permite o tratamento de odores gerados no tratamento preliminar, tratamento primário e tratamento de lamas. O ar é aspirado por um (mais um) ventilador centrífugo (com possibilidade de variação de velocidade) e é sujeito a lavagem química em três estágios no interior de torres com circulação dos fluidos em contracorrente.



Figura 4.18 – Ventiladores de desodorização

4.2.4. Caudais e Controlo analítico

Os caudais tratados nesta fase de arranque da ETAR do Ave, são igualmente os caudais disponíveis neste momento para um possível arranque de um projecto de reutilização. O gráfico 4.1 mostra-nos os caudais mensais tratados.

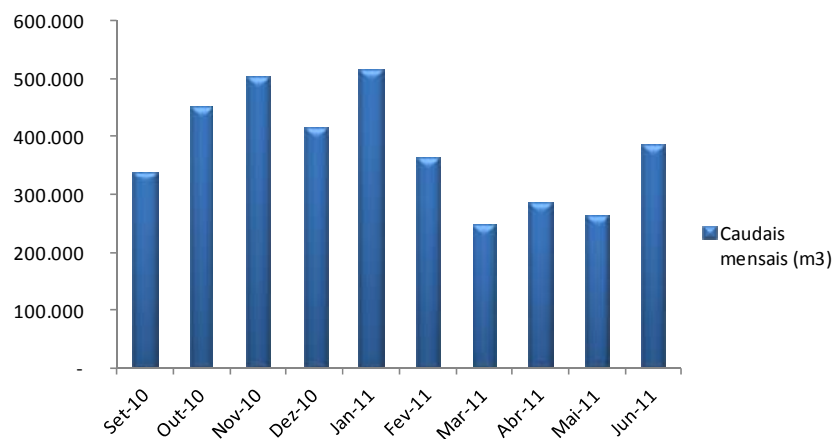


Gráfico 4.1 – Caudais totais mensais afluentes (m³) ETAR do Ave

O controlo da qualidade da água residual à saída é também um instrumento essencial para a garantia do cumprimento dos requisitos estabelecidos pela licença de descarga.

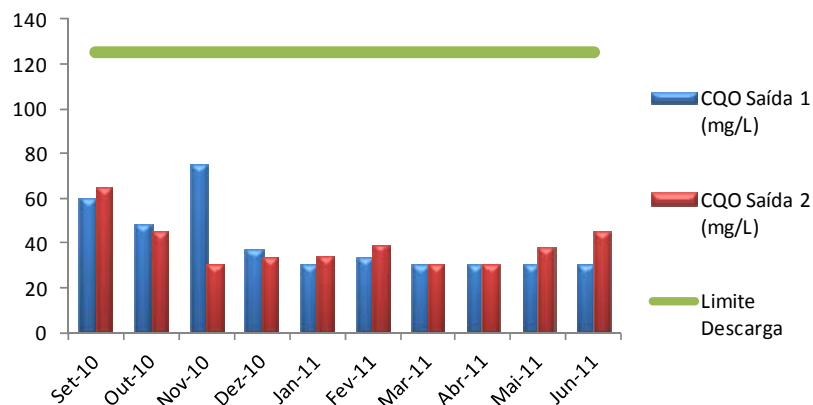


Gráfico 4.2 – Valores CQO Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)

O gráfico 4.2 apresenta os valores de Carência Química de Oxigênio (CQO) do efluente de saída da ETAR do Ave. Todos os resultados estão dentro dos valores limite.

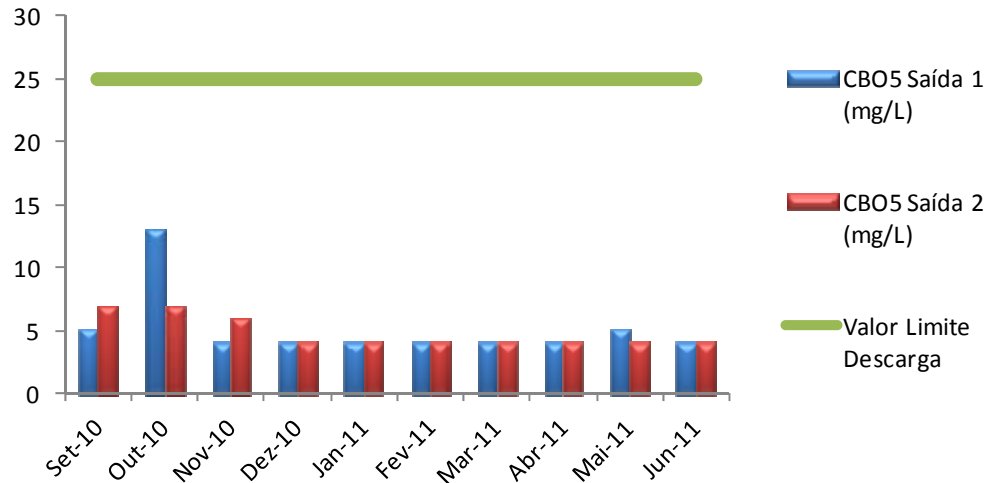


Gráfico 4.3 – Valores CBO₅ Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)

O gráfico 4.3 apresenta os valores de Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO₅) a cinco dias, do efluente de saída da ETAR do Ave. Consta-se igualmente o cumprimento dos valores de descarga. O gráfico 4.4 apresenta os resultados da análise aos Sólidos Suspensos Totais, revelando o cumprimento dos valores limite estabelecidos.

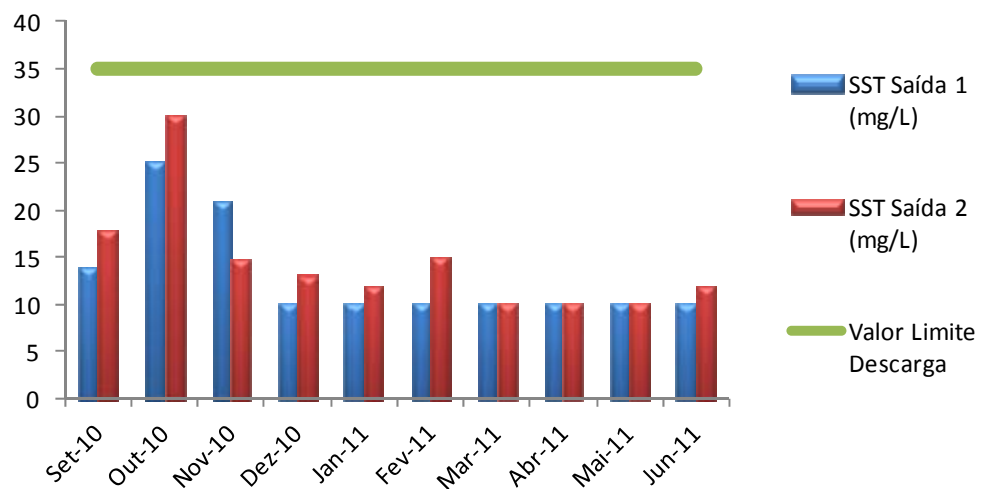


Gráfico 4.4 – Valores Sólidos Suspensos Totais (SST) Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)

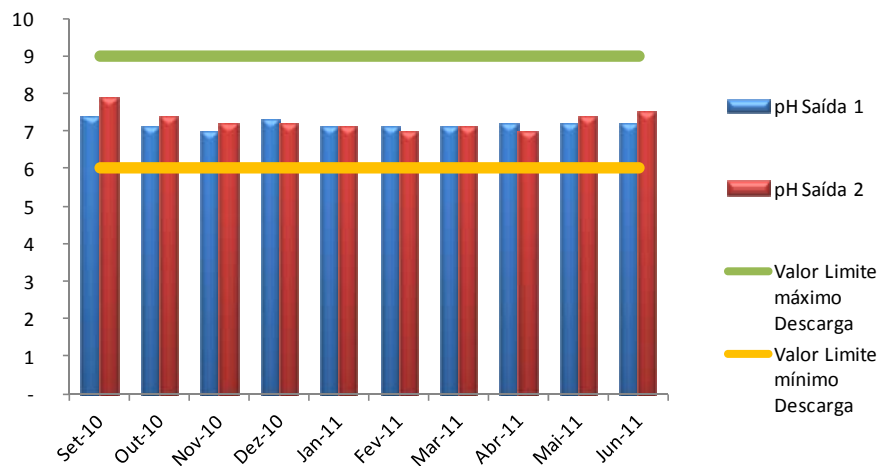


Gráfico 4.5 – Valores pH Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)

O gráfico 4.5 apresenta os valores de pH do efluente de saída da ETAR do Ave. Todos os resultados mostram que os valores estão dentro do intervalo estabelecido. O gráfico 4.6 apresenta os resultados da análise ao Azoto (N), revelando o incumprimento dos valores limite no mês de Dezembro de 2010. Este incumprimento foi temporário e corrigido depois do arranque, entrando numa gama de valores muito abaixo do estabelecido na licença de descarga.

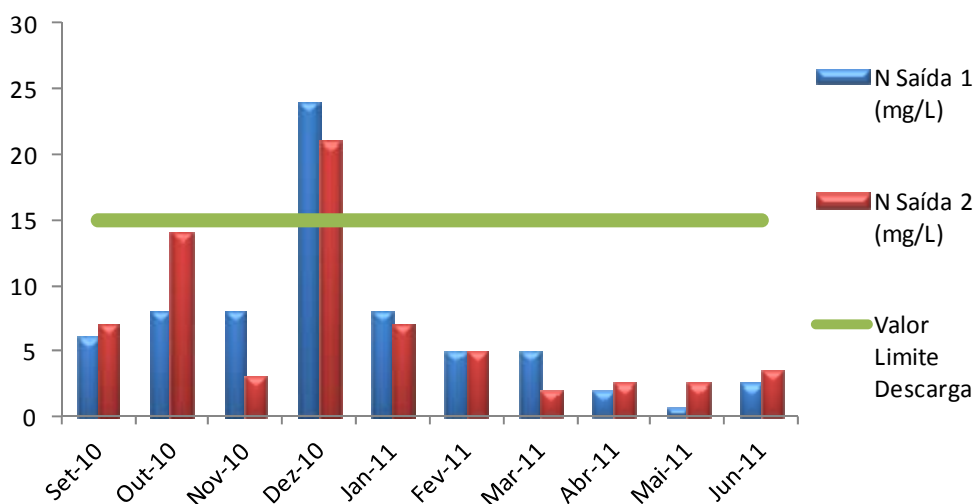


Gráfico 4.6 – Valores Azoto (N) Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)

O gráfico 4.7 apresenta os valores de Fósforo (P) à saída da ETAR. Os resultados revelam o cumprimento em todas as análises efectuadas desde o início.

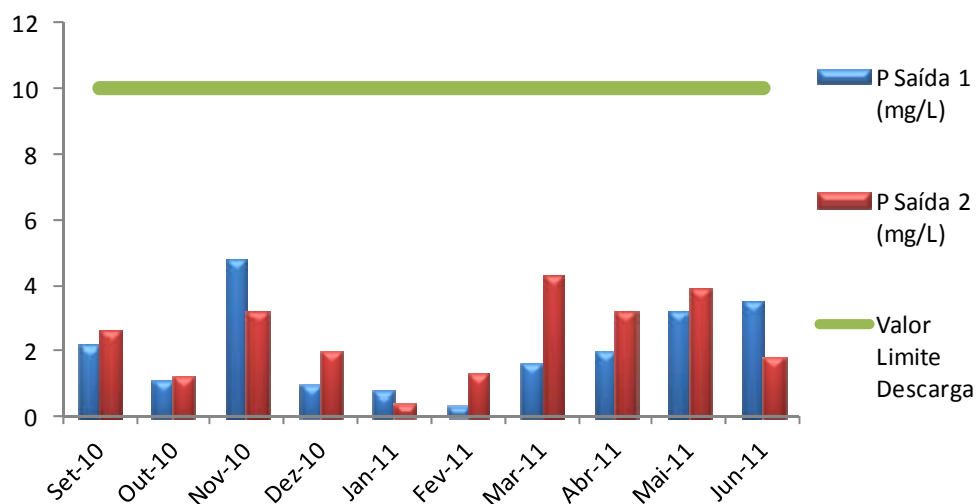


Gráfico 4.7 – Valores Fósforo (P) Saída - ETAR do AVE (2 análises mensais)

4.3.A rede de drenagem

O Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Vale do Ave, criado inicialmente com o objectivo de reparar um conjunto de ineficiências e deficiências detectadas no Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave – SIDVA e permitir uma oferta de água para consumo público adequada, apresenta-se constituído por 15 Frentes de Drenagem e em seguida referem-se os respectivos Subsistemas (quadro 4.3).

Frente de Drenagem 1 – Mosteiro	Frente de Drenagem 9 – Agra
Frente de Drenagem 2 – Santo Emilião	Frente de Drenagem 10 – Baixo Ave
Frente de Drenagem 3 – Serzedo	Frente de Drenagem 11 – Baixo Cávado
Frente de Drenagem 4 – Lordelo / Aves	Frente de Drenagem 12 – Alto Cávado
Frente de Drenagem 5 – Serzedelo	Frente de Drenagem 13 – Tâmega/Basto
Frente de Drenagem 6 – Rabada	Frente Drenagem 14 – Tâmega/Amarante
Frente de Drenagem 7 – Água Longa	Frente de Drenagem 15 – Sousa
Frente de Drenagem 8 – Penices	

Quadro 4.3 – Frentes de Drenagem - Águas do Noroeste



Com a criação do Sistema Multimunicipal, as três frentes de drenagem que integravam o SIDVA passaram a fazer parte de um conjunto de 9 frentes de drenagem a construir/reabilitar/ampliar que actualmente totalizam um conjunto de 15 frentes de drenagem, localizadas em vinte municípios do Alto, Médio e Baixo Ave (Vieira do Minho, Póvoa de Lanhoso, Fafe, Guimarães, Vizela, Santo Tirso, Vila Nova de Famalicão, Trofa, Vila de Conde e Póvoa de Varzim), do Alto e Baixo Cávado (Esposende, Vila Verde, Terras de Bouro e Amares), do Tâmega/Basto (Cabeceiras de Basto, Celorico de Basto e Mondim de Basto), do Tâmega/Amarante (Amarante) e do Sousa (Felgueiras e Lousada).

Por intermédio da implementação do Sistema Multimunicipal, os municípios envolvidos passam a dispor de uma correcta e adequada drenagem, tratamento e posterior rejeição dos efluentes e da progressiva redução dos custos através da racionalidade e eficácia dos meios utilizados nas suas diversas fases, desde a captação até ao abastecimento e desde a recolha até à rejeição final nas linhas de água.

4.3.1. Frente de Drenagem 10 – Ave

A Frente de Drenagem 10 corresponde a dois subsistemas de drenagem, o subsistema de Matosinhos, que irá drenar o efluente para a ETAR de Matosinhos, e o subsistema do Ave, que irá drenar e encaminhar o efluente para a ETAR do AVE (figura 4.19). Esta última, sobre a qual incidirá o nosso estudo prático, tem uma importância preponderante na Frente de Drenagem 10 pela quantidade de efluente que tratará: 257 557 habitantes-equivalentes.

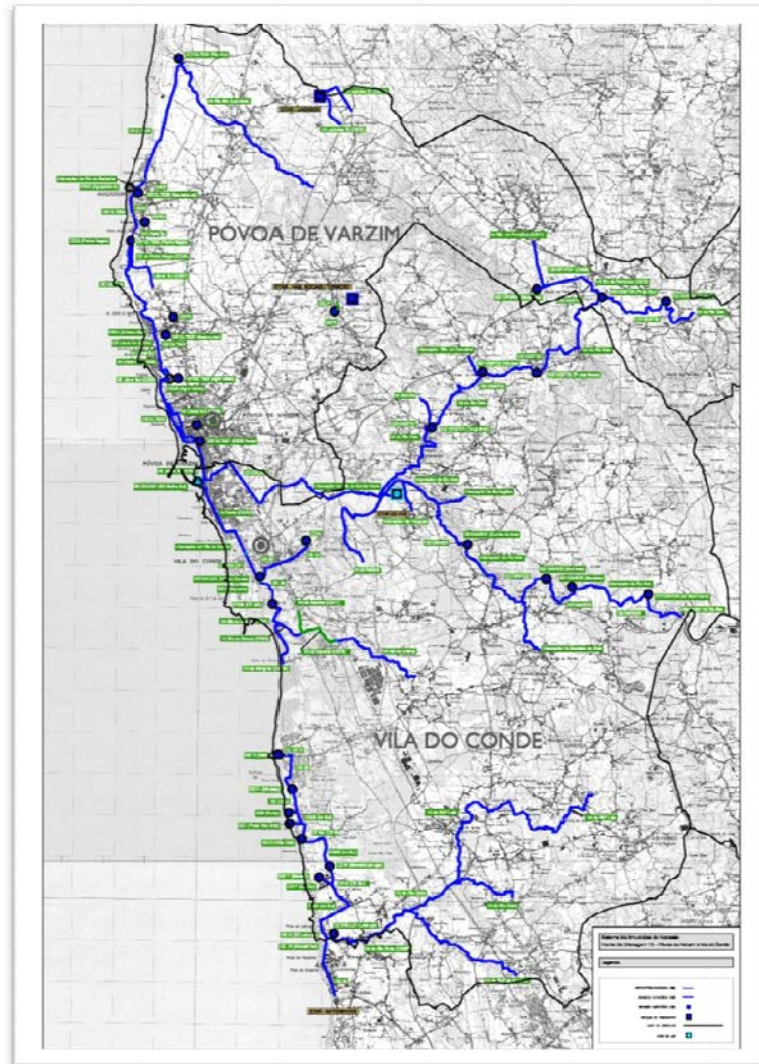


Figura 4.19 – Rede de Drenagem – FD10

A Frente de Drenagem 10 será constituída por um conjunto de infra-estruturas, descritas no quadro 4.4.

Frente de Drenagem 10		
Condutas Gravíticas	74.735	km
Condutas Elevatórias	22.123	km
Estações Elevatórias	30	
ETAR	3	

Quadro 4.4 – Frentes de Drenagem 10 - Águas do Noroeste



Das infra-estruturas referidas no quadro 4.4, salienta-se que grande parte do investimento continua em fase de desenvolvimento, sendo a previsão da sua conclusão prevista para o final de 2013. Este investimento implicou a integração de alguns quilómetros de condutas existentes – algumas delas reabilitadas – e a construção de novas, com o objectivo de cobrir 98% da população, cumprindo o estipulado no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR).



5. A aceitação social do Projecto

Neste capítulo será feita a descrição do trabalho realizado para a realização de um inquérito aos agricultores de Vila do Conde e Póvoa de Varzim. Será igualmente feita a apresentação dos resultados obtidos bem como uma análise global da aceitação social deste projecto.

5.1. Introdução

A aceitação de um projecto desta envergadura implica necessariamente a sua aceitação social, quer pelos potenciais utilizadores (clientes), quer pelo cidadão comum que poderá estar exposto ao contacto com a água reutilizada. Aliás, tem sido prática cada vez mais comum, a abertura à discussão pública dos projectos mais importantes para os cidadãos.

A vertente mais importante a aferir neste projecto seria o estudo da aceitação dos agricultores como consumidores ou clientes desta água residual, o que, aliado a uma vertente económica viável, ajudaria a perceber o grau de aceitação deste projecto de reutilização de ART.

Outra das vantagens será perceber o nível de aceitação de um projecto de reutilização e ponderar as implicações nos diferentes cenários possíveis. A aceitação permite averiguar a possibilidade de uma maior ou menor adesão a um sistema, dando maior segurança na previsão de cenários, pessimistas ou optimistas, suportando de forma mais inequívoca uma decisão de implementação do projecto, quer nos clientes, quer na população em geral.

5.2. Inquérito aos agricultores

O método escolhido foi o do inquérito presencial, em alguns casos com a minha presença, e nos outros com a presença de representantes das associações escolhidas para auxílio na execução dos inquéritos.

O modelo do inquérito foi concebido em especial para esta dissertação (anexo 1) e as respostas podem ser consultadas no quadro apresentado no anexo 2.

Noutras dissertações também se recorreu a esta técnica para aferir a aceitação social do projecto, sendo que apenas diferem no número de inquéritos. Foi encontrado em Alves (2008) e Santos (2008) esta forma de aferição da opinião da população abrangida.

Depois de contactados os responsáveis de duas associações de agricultores de ambos os concelhos, a Associação dos Agricultores de Vila do Conde (AACVC) e a Cooperativa Agrícola Leiteira do Concelho de Póvoa de Varzim, C.R.L., foi facilmente perceptível que seria difícil conseguir resposta aos inquéritos por carta, e o porta-a-porta poderia ser muito dispendioso. Com a anuência das associações, e a sua prestimosa colaboração, foi possível ter os inquéritos durante dois meses em espaços onde alguns agricultores estariam presentes, e os colaboradores das associações ajudaram no preenchimento dos inquéritos.

Segundo dados do INE, os recentes dados publicados do Recenseamento Agrícola (RA) feito em 2009, mostram que existem na Póvoa de Varzim 990 agricultores, e em Vila do Conde, 620 agricultores. A amostra não foi definida previamente mas facilmente se percebeu que a maior quantidade de agricultores na Póvoa de Varzim permitiu uma maior recolha de inquéritos neste concelho.

A distribuição da resposta aos inquéritos, por concelho, foi de 44 na Póvoa de Varzim, e de 21 em Vila do Conde, conforme é apresentado no gráfico 5.1. Em percentagem a distribuição corresponde a 68% do Concelho da Póvoa de Varzim, e 32% do Concelho de Vila do Conde.

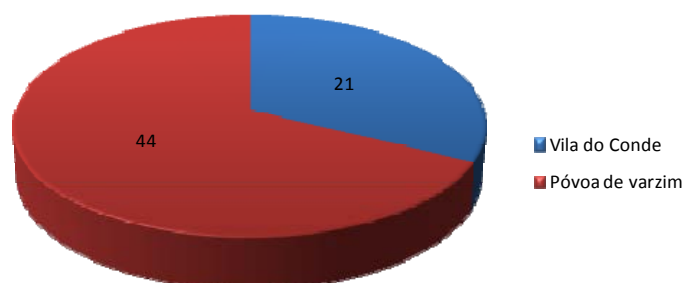


Gráfico 5.1– Distribuição dos inquéritos por Concelho

Refira-se que em Santos (2008) foram realizados 43 inquéritos e em Alves (2008) foram realizados 110 inquéritos. Em ambos os casos foi mais acessível esta realização dado ter sido feita à população em geral, e neste caso foi realizado aos agricultores, sendo um universo muito mais restrito.

No que concerne à distribuição dos inquéritos por género, o gráfico 5.2, apresenta a preponderância do sexo masculino, sendo que em percentagem o sexo masculino corresponde a 83% da amostra, e o sexo feminino corresponde a 17% do total das respostas. De resto, a predominância do sexo masculino na agricultura corresponde ao esperado, conforme demonstram os resultados do RA de 2009.

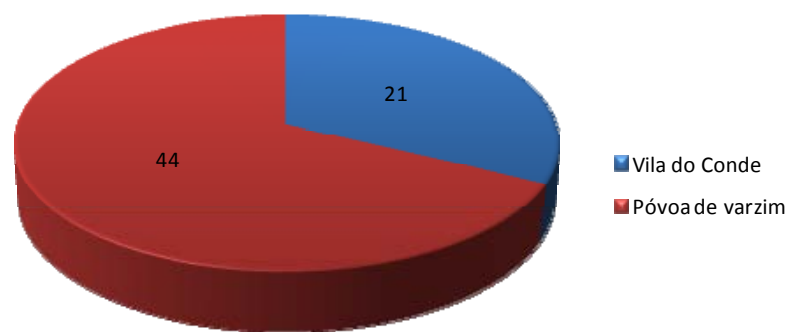


Gráfico 5.2– Distribuição dos inquéritos por género

A análise à distribuição da idade dos inquiridos, permite perceber que a maior parte dos agricultores tem entre 40 e 60 anos (representando 62% da amostra). O gráfico 5.3 mostra que existe alguma juventude com actividade na agricultura (entre os 20 e os 40 anos), cuja representação se cifra em 26%. Os mais velhos, com idade superior a 60 anos, apesar de serem poucos, ainda representam cerca de 12%.

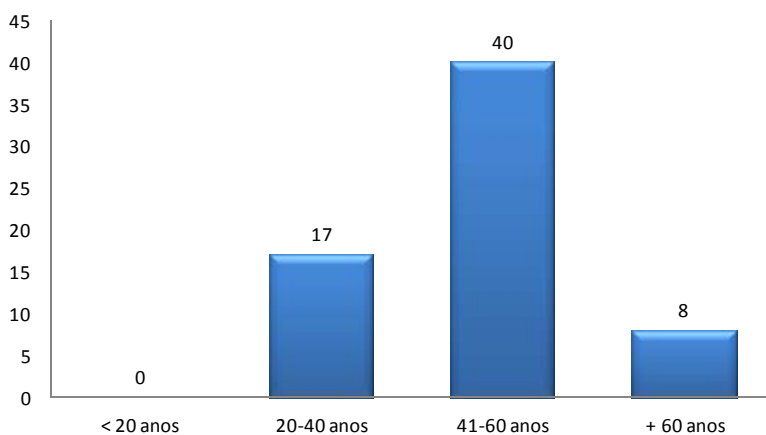


Gráfico 5.3– Distribuição dos inquiridos por faixa etária

Outra vertente questionada foi a formação e as qualificações dos inquiridos. Pelo gráfico 5.4 verifica-se que as qualificações são baixas para a maioria dos agricultores, sendo no entanto de perceber que existem alguns licenciados na amostra. A maior fatia tem o 6º ano de escolaridade (38%) e com o 4º ano são 28% da amostra. Se a estes juntarmos os qualificados ao nível do 9º ano (23%), percebemos que 89% da população agrícola tem menos do 9º ano. Sobram 11% de inquiridos com o 12º ano ou com licenciatura.

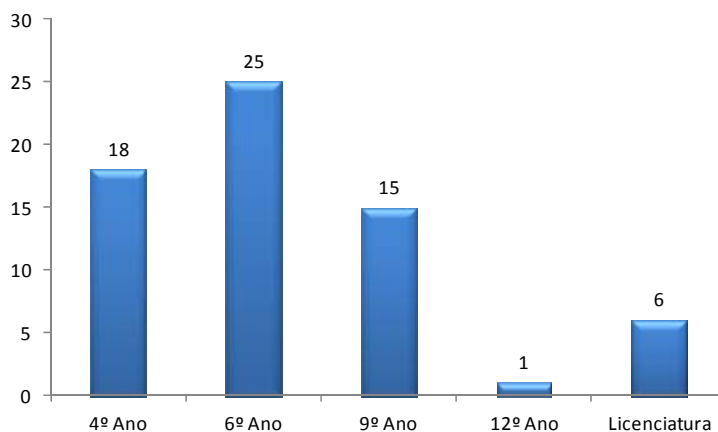


Gráfico 5.4– Distribuição dos inquiridos por qualificações de ensino

Uma das questões colocadas no inquérito (gráfico 5.5) teve como objectivo identificar a área média que cada agricultor tem para a sua prática agrícola. Pela distribuição é evidente que a esmagadora maioria dos agricultores tem uma área de cultivo com mais de 5 ha, sendo que em percentagem isso representa 74% da amostra. A segunda opção, entre 2 e 5 ha, representa cerca de



14%, o que confirma a tendência de que há cada vez menos agricultores, mas com maior área de cultivo. As duas outras opções mostram que pequenas áreas de cultivo (entre 0 e 2 ha) são quase residuais, sendo que ambas (< 1ha; 1 a 2 ha) representam 6% cada uma.

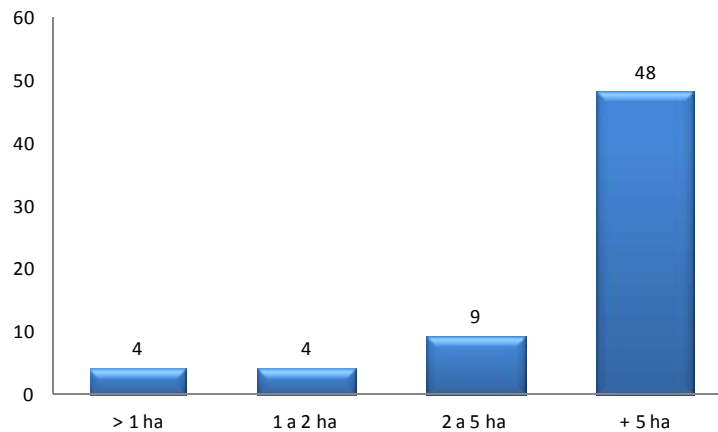


Gráfico 5.5- Distribuição da área agrícola por agricultor

O inquérito realizado aos agricultores continha também uma questão sobre o tipo de cultura praticado pelos inquiridos. Esta resposta não era fechada e alguns dos agricultores produzem mais que uma das hipóteses apresentadas.

Pela análise ao gráfico 5.6 constata-se que a esmagadora maioria dos agricultores produz milho/erva para forragens, sendo justificável pelo enorme efectivo de animais produtores de leite alimentados com estas forragens na região. Em percentagem o milho/erva representa 69% do tipo de culturas. Em segundo lugar, o tipo de cultura mais representada foi os produtos hortícolas, sendo por um lado uma espécie de complemento à actividade principal, e por outro a actividade que predomina nas parcelas mais pequenas de terreno. Em percentagem representa 25% da amostra. O residual (árvores de fruto e estufas), representam apenas 5% da área de cultivo em actividade.

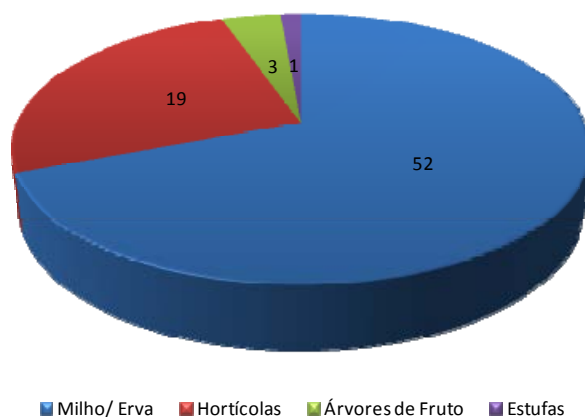


Gráfico 5.6– Distribuição por tipo de cultura praticada

A pergunta seguinte do inquérito,questionou o tipo de captações de água utilizadas, sendo certo que as diferentes formas de rega encerram tarifários diversos, seja pelo volume de água utilizada, seja pela energia necessária à boa irrigação das enormes áreas que atrás referimos.

Pela análise do gráfico 5.7 observa-se que, na sua maioria, os agricultores utilizam furos para a rega das suas culturas, com uma percentagem de 47%. Refira-se que neste caso também a origem da fonte de água necessária para a rega, pode ser mais do que uma. A segunda opção mais utilizada para a rega, é o poço, com 23% dos inquiridos a utilizarem esta técnica. A captação de água do rio com 19%, e a rede pública de abastecimento com 11%, completam as formas utilizadas de aceso à água para a rega agrícola.

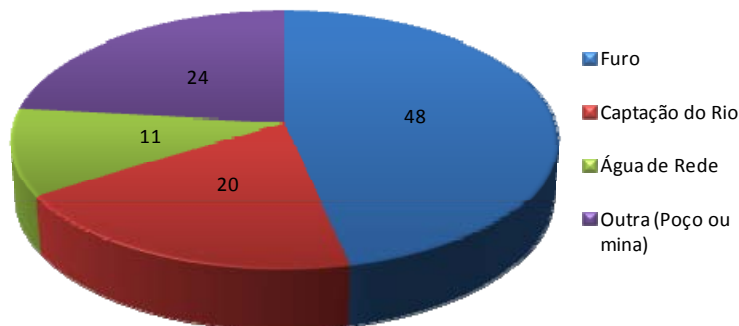


Gráfico 5.7– Distribuição por tipo de captação de água utilizada

A pergunta seguinte teve o intuito de perceber os custos médios mensais que cada utilizador teria em com a rega agrícola. A questão não teve o êxito pretendido porque 41% dos utilizadores não tem ideia de quanto gasta com a rega.

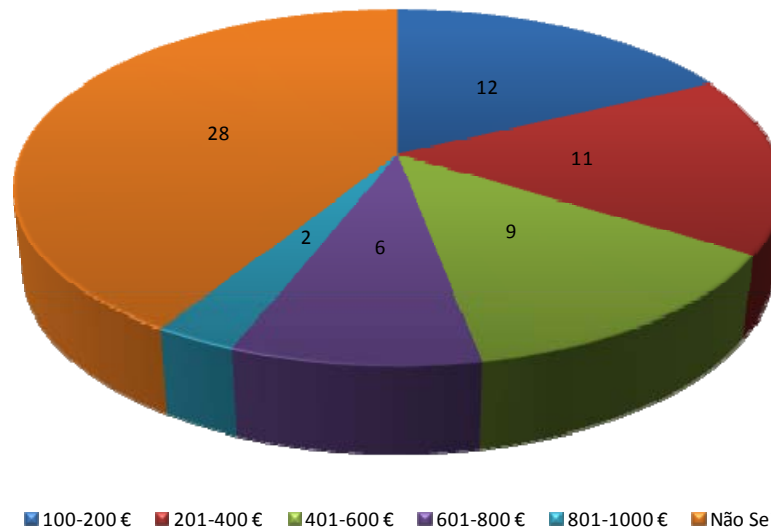


Gráfico 5.8– Distribuição por custos mensais com a rega agrícola

O gráfico 5.8 apresenta os valores referidos nas respostas e eles foram distribuídos entre os 100 e os 200 euros (18%), entre os 201 e os 400 (16%), entre os 401 e os 600 euros (13%), entre os 601 e os 800 (9%) e entre os 801 e os 1000 euros (3%). Em termos de média ponderada, o valor ronda os 390 euros, o que poderá ser um valor de referência para o estudo da tarifa e dos custos suportados pelos agricultores. Se tivermos em consideração um consumo de 7 m³/ha/dia., e uma área de 5 ha, isso dará uma média ponderada de 0,3714 € / m³, sendo certo que o aumento da área diminui o custo por m³. O quadro 5.1 apresenta os valores com consumos de rega diferentes, inferidos pelos dados do inquérito

custo de 390 € mensais		
ha	Consumo 7 m ³ /ha/dia	média ponderada preço m ³
5	1050	0,371428571
6	1260	0,309523810
7	1470	0,265306122
8	1680	0,232142857
9	1890	0,206349206
10	2100	0,185714286

Quadro 5.1 – Média ponderada do preço gasto por m³ (inferido do inquérito)

Depois de algumas perguntas mais quantitativas, o inquérito introduzia 4 perguntas qualitativas para aferir o grau de conhecimento da matéria em estudo.

As respostas obtidas na questão “Sabe o que é uma ETAR?”, foram na sua maioria positivas. Temos assim que 45 das respostas correspondem a 69% do total, e apenas 12 respostas foram negativas (19%). As respostas de dúvida foram dadas por 8 inquiridos a responderem que conheciam mal (12%).

Constata-se que o conhecimento geral é satisfatório, sendo de acreditar que as respostas sobre estas matérias apresentam um grau de credibilidade aceitável, dando boa base para a análise das mesmas.

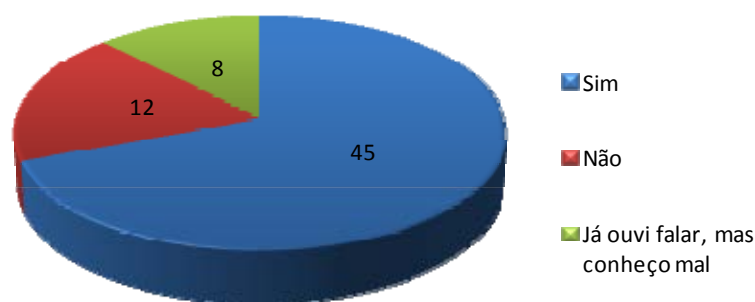


Gráfico 5.9– Distribuição dos resultados da pergunta: Sabe o que é uma ETAR?

O gráfico 5.10 mostra, por sua vez, a questão da aceitação da reutilização da água residual tratada para a rega na agricultura, numa perspectiva geral, e não numa perspectiva de utilização pessoal. Na pergunta “Concorda com a utilização de água residual tratada para a rega agrícola?” o número de respostas afirmativas à reutilização da água residual tratada foi de 44 inquiridos (68% do total das respostas), enquanto a resposta negativa à sua reutilização foi de 13 inquiridos, representando 20% da amostra. A dúvida em alguns inquiridos (8 respostas), ficam-se pelos 12%, sendo no entanto de registar a necessidade de um maior esclarecimento, para que todos os potenciais clientes/utilizadores possam estar mais abertos a uma adesão.

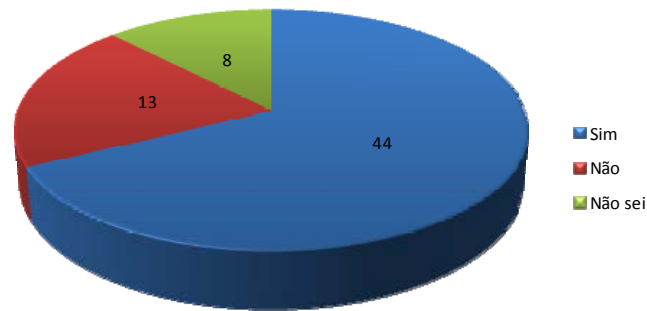


Gráfico 5.10– Distribuição dos resultados da pergunta: Concorda com a utilização de água residual tratada para a rega agrícola?

A questão seguinte foi colocada para perceber as prioridades que cada inquirido dá na perspectiva da implementação de um sistema deste tipo, e foi pedido ao inquirido “Coloque por ordem de importância de 1 a 5 (sendo que 1 o mais importante)”.

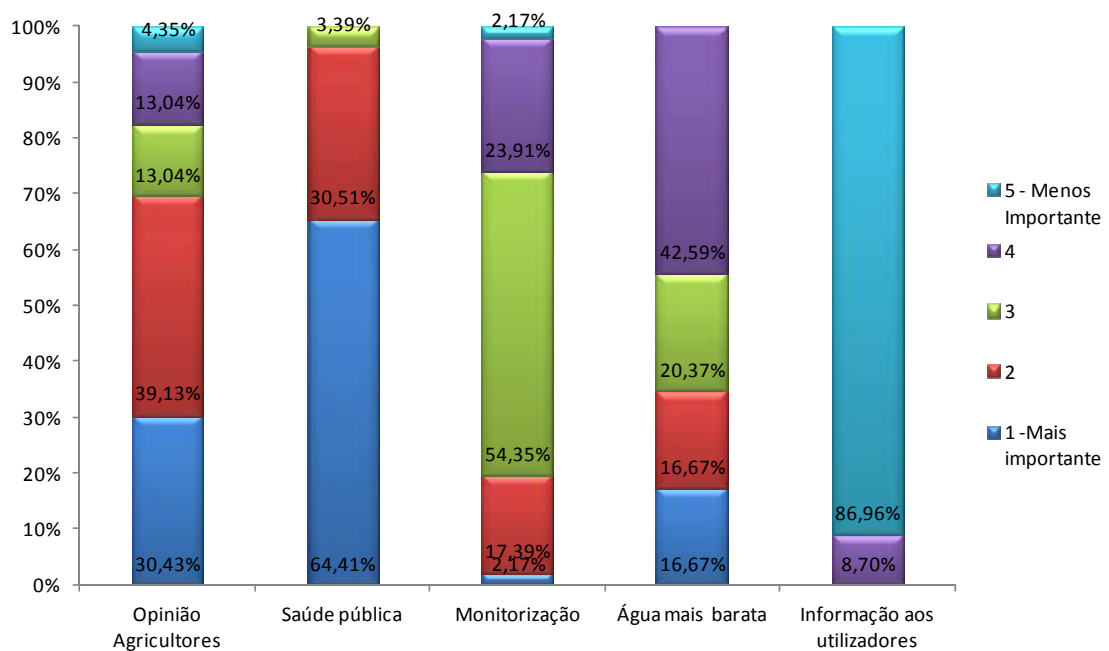


Gráfico 5.11– Distribuição dos resultados da pergunta: Coloque por ordem de importância de 1 a 5 (sendo 1 o mais importante e 5 o menos importante)



O gráfico 5.11 foi construído com o intuito de perceber, em cada item referido, qual o grau de importância que é dado aos referidos item, com uma escala de 1 a 5, sendo o valor 1 o mais importante, indo até 5 de forma descendente na sua importância.

Pela análise do gráfico 5.11 constata-se que o ponto que tem mais importância (hierarquia **1**) para os inquiridos é claramente a saúde pública, tendo sido referido por 64, 41% dos inquiridos. Em segundo lugar aparece a opinião dos agricultores (30,43% das opiniões) como sendo o mais importante e só em terceiro lugar aparece a água mais barata como sendo o mais importante para os inquiridos na aplicação de um projecto deste género. Deve registar-se esta questão que poderá ser importante aquando da análise dos cenários de previsão de adesão dos clientes ao projecto.

As respostas com o número **2** (hierarquia de importância) foram mais referidas no item opinião dos agricultores (39,13%), na saúde pública (30, 51%), na monitorização (17,39%) e na água mais barata (16,67%).

Quanto às respostas da hierarquia de importância **3**, a grande fatia vai para a monitorização, mostrando alguma preocupação com a necessidade de acompanhamento do projecto, não podendo deixar de se dizer que esta está de certa forma ligada à saúde pública, pelo seu papel de vigilância do cumprimento dos parâmetros estabelecidos por lei. A água mais barata (20,37%) e a opinião dos agricultores (13,04%) completam a fatia de respostas com o grau de importância **3**.

Para as respostas de importância **4** na hierarquia das respostas, temos como maior número de sinalizações a água mais barata (42,59%), seguido da monitorização (23,91%) e da opinião dos agricultores (13,04%). Mais uma vez percebemos que a água mais barata aparece num patamar inferior dos factores de decisão quando os inquiridos avaliam a implementação de um projecto de reutilização de águas residuais tratadas.

Para finalizar a análise desta questão, e pela análise do gráfico, constata-se que o número de respostas de nível de importância **5**, (as de menor importância) foram na sua esmagadora maioria para a informação aos utilizadores, com 86,96% das respostas. Apesar de tudo parece ser necessário algum esclarecimento sobre este tipo de projecto, bem como a necessidade de informação periódica ao longo da vida do projecto (no caso da sua aplicação).

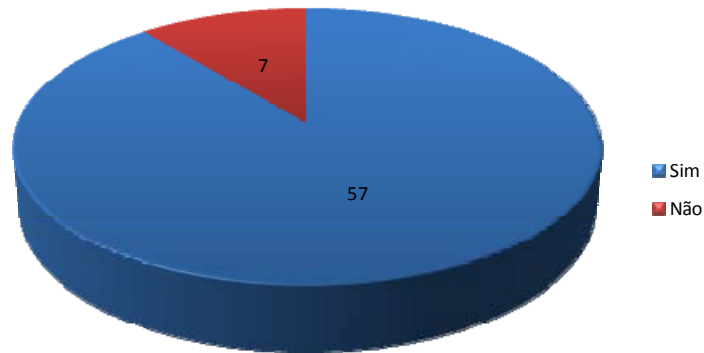


Gráfico 5.12– Distribuição dos resultados da pergunta: Aceitaria utilizar esta água residual tratada nas suas culturas?

A última questão colocada neste inquérito foi elaborada numa perspectiva de aferição da aceitação pessoal da reutilização da água residual, e não apenas em termos gerais e teóricos. A pergunta era “Aceitaria utilizar esta água residual tratada nas suas culturas?”

Pela análise do gráfico 5.12 constata-se que a reutilização de águas residuais tratadas na rega agrícola é muito bem aceite pela maioria dos inquiridos com 57 respostas positivas, 89% do total da amostra. Com uma resposta negativa podemos assinalar 7 inquiridos, ou seja 11% do total.

Embora esta questão seja mais taxativa, é clara a tendência para a aceitação da reutilização das águas residuais, pese embora a saúde pública, a auscultação da opinião dos agricultores na implementação de um projecto deste tipo, e a baixa tarifa da água, sejam também aspectos sobre os quais os agricultores colocam ênfase na hora de uma possível decisão.





6. DEFINIÇÃO DO SISTEMA E ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÓMICA

Neste capítulo apresenta-se a descrição de um estudo de aplicação prática de um possível sistema de reutilização de águas residuais tratadas, aplicado à ETAR do Ave, servindo os municípios de Vila do Conde e Póvoa de Varzim.

Para além da descrição de todo o sistema necessário à aplicação de um projecto desta índole, descreve-se de seguida um modelo económico e um tarifário com vista à aferição da viabilidade económica deste projecto, incluindo o estudo de vários cenários e a introdução de benefícios directos e indirectos (externalidades) ao projecto.

6.1. Introdução

Para o desenvolvimento deste sistema de abastecimento foi feito um cruzamento entre a procura e oferta definindo ambos os limites. Foi desenhada uma rede de abastecimento com o objectivo de servir uma área abrangente, tendo em conta 3 cenários de venda da ART, procurando uma optimização da rede. Por fim foi feita uma análise económica de cada cenário e uma análise de sensibilidade ao cenário mais provável.

6.2. Cruzamento da oferta e da procura

6.2.1. A procura

Centrando o estudo numa reutilização de água residual para aplicação à agricultura, o primeiro passo é definir qual o tipo de cultura mais utilizado nos dois concelhos, e qual o caudal médio diário necessário para abastecer uma determinada área.

Para chegar a estes valores, optou-se por considerar como principal cultura o milho e/ou forragens pois o inquérito aos agricultores demonstra essa enorme preponderância de cultura. Nesse



sentido, e para que o valor médio fosse o mais próximo possível da realidade, procurou-se estimar este valor através de três fontes de informação, o recenseamento agrícola de 2009, o Plano de Bacia Hidrográfica do Ave e a experiência dos agricultores. Apresenta-se de seguida a análise de acordo com cada uma destas fontes de informação.

a) Recenseamento agrícola 2009

A informação dos caudais utilizados é relativa à região de Entre Douro e Minho, tendo-se recorrido a este valor por não existirem os dados desagregados por concelho. Os valores apresentados no quadro 6.1, para este caso, são anuais, e foram divididos para se atingir o valor diário de consumo de água (m³), por hectare. Assim o valor estimado foi de 7,08 m³/ha/dia.

Dados Recenseamento Agrícola - 2009	Área (ha)	Água Consumida (m ³)
Região Entre Douro e Minho	211.154	545.383.494

Quadro 6.1 – Consumos de água para rega agrícola na região Entre Douro e Minho (2009)

b) Plano da Bacia Hidrográfica do Ave

Uma segunda fonte utilizada para recolha de dados para a determinação do caudal médio necessário para a rega agrícola, foi o estudo da Administração da Região Hidrográfica do Norte, I.P., (ARH-N). O Plano da Bacia Hidrográfica do Ave refere os consumos de água de rega por concelho desta região. O quadro 6.2 mostra a média de consumo por cada concelho em estudo, Vila do Conde e Póvoa de Varzim. Assim o valor estimado foi de 5,22 m³/ha/dia para a Póvoa de Varzim, e de 2,59 m³/ha/dia para o concelho de Vila do Conde.

Plano da Bacia Hidrográfica Ave	Área (ha)	Água Consumida (m ³)	m ³ /ha/ano	m ³ /ha/dia
Vila do Conde	5.862	11.165.320	1904,69	5,22
Póvoa de Varzim	904	855290	946,12	2,59

Quadro 6.2 – Consumos de água para rega agrícola nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim (PBH - 2000)



c) Experiência prática dos agricultores

Para uma maior aproximação à realidade dos consumos de rega para a agricultura, considerou-se mais um valor médio adicional, desta vez o estimado pelos agricultores. Estes valores são de referência pela experiência dos agricultores.

Opinião/Gasto Agricultores		Área (ha)	Água Consumida (m ³) Época de 5 meses (cultivo do milho)	m ³ /ha/dia (150 dias - 5 meses)	Média
Valor ideal (400 m ³ /ha/mês) - Cultivo de Milho	Vila do Conde	5.862	2.000	13,33	10
	Póvoa de Varzim	904	2.000	13,33	
Valor mínimo (200 m ³ /ha/mês) - Cultivo de Milho	Vila do Conde	5.862	1.000	6,67	
	Póvoa de Varzim	904	1.000	6,67	

Quadro 6.3 – Consumos de água para rega agrícola - Vila do Conde e Póvoa de Varzim – estimativas dos agricultores

O quadro 6.3 mostra que os valores ideais para a rega, e os valores mínimos, dado que a variabilidade da disponibilidade de água não permite, por vezes, regar com as quantidades ideais.

O valor médio final apresentado no quadro 6.4 e tendo em conta todos os anteriormente referidos, é de cerca de 7 m³/ha/dia, valor este que será a base dos cálculos e estimativas de consumos posteriores.

RESUMO	Póvoa de Varzim	Vila do Conde
1º Cálculo	7,08	7,08
2º Cálculo	5,22	2,59
3º Cálculo (média)	10,00	10,00
Média	7,43	6,56
Média Final	6,99	

Quadro 6.4 – Consumos de água para rega agrícola - Vila do Conde e Póvoa de Varzim – resumo dos valores médios

A procura completa-se com o número de agricultores e com a área disponível. No que concerne ao número de agricultores existe uma grande diferença entre os concelhos da Póvoa de



Varzim e de Vila do Conde, sendo que o primeiro tem o maior número de agricultores, e o segundo apresenta uma maior área disponível para a rega. Estas variáveis cruzadas redundam num valor superior de área média por agricultor no concelho de Vila do Conde, conforme se pode verificar no quadro 6.5.

	Agricultores	Área total disponível (ha)	Área Média por Agricultor (ha)
Póvoa de Varzim	990	3326	3,36
Vila do Conde	620	6094	9,83
Total	1610	9420	-

Quadro 6.5 – Agricultores, área disponível e área média por agricultor - Vila do Conde e Póvoa de Varzim (RA - 2009)

A área será fundamental para a escolha das freguesias a irrigar neste projecto, assim como a proximidade ao local de origem da água residual tratada (ETAR do Ave), para se obter a maior área irrigável, com o menor custo no abastecimento.

6.2.2. A oferta

Como indicado no capítulo 4 (na secção 4.1) a ETAR do Ave terá disponíveis no ano horizonte de projecto, caudais de água tratada da ordem dos 30.500 m³ na época baixa, e de cerca de 42.900 m³ na época alta. Assim, encontra-se definido à partida o limite máximo de utilização para o projecto de 30 anos.

Necessidades (mínimas, médias e máximas)	Disponibilidade da ETAR (Ano horizonte de projecto)	
	Época Baixa (m3)	Época Alta (m3)
	30.500	42.900
Área passível de rega (ha)		
5 m3/ha/dia	6400	8580
7 m3/ha/dia	4571	6129
10 m3/ha/dia	3200	4290

Quadro 6.6 – Agricultores, área disponível e área média por agricultor - Vila do Conde e Póvoa de Varzim (RA - 2009)



O quadro 6.6 apresenta a área passível de rega, com os caudais disponíveis, na época baixa e na época alta. As previsões variam com as disponibilidades e com as quantidades disponíveis. Para a agricultura, uma disponibilidade maior de água para rega significa maior produtividade, e com o máximo de disponibilidade de água por hectare obter-se-á de 3200 a 4290 ha de área passível de rega.

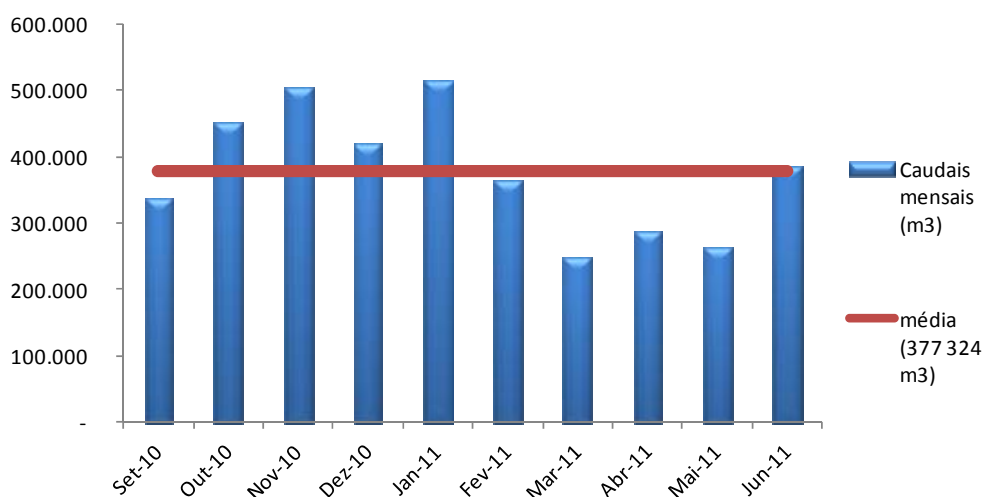


Gráfico 6.1– Caudais totais mensais e média mensal (m³) da ETAR do Ave

O gráfico 6.1 apresenta o registo dos caudais já disponíveis na ETAR do Ave, desde o seu arranque até Junho de 2011. Desta forma verifica-se que já estão disponíveis cerca de 337 324 m³ mês, o que corresponde a cerca de 11 200 m³ de água disponíveis por dia para rega.

Estes dados permitem avaliar a área possível de ser irrigada, informação necessária para a selecção das freguesias a abastecer e da rede a implementar, de modo a minimizar a extensão da rede e os custos associados.

6.3. Implementação de uma rede de abastecimento

6.3.1. Definição das áreas e freguesias

Para a definição das áreas e da escolha das freguesias a abastecer o primeiro critério foi o da proximidade, seleccionando freguesias vizinhas, minimizando assim a extensão da rede de abastecimento. Posteriormente, foram escolhidas as freguesias com maiores áreas afectas à



agricultura, para que alcançassem os valores necessários para absorver a oferta. Estes valores foram estimados de forma a não ultrapassar os valores de cerca de 30 500 m³ (o valor estimado mais baixo do ano horizonte, na época baixa), para não se correr o risco de não ter caudal disponível para venda de água. Esta premissa é sempre passível de ser resolvida com uma captação no rio como recurso em caso de emergência, falha de caudal ou avaria electro-mecânica.

O quadro 6.7 apresenta as freguesias seleccionadas para o abastecimento e a correspondente área agrícola, bem como o número de agricultores. Os valores apresentados foram retirados do Recenseamento Agrícola de 2009. Podem ser consultados no anexo 3 os valores de todas as freguesias dos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim.

Freguesias	Nº total Agricultores	Área Agrícola total (ha)
Tougues	15	146
Bagunte	43	401
Outeiro	19	248
Macieira	26	207
Retorta	12	108
Junqueira	31	288
Rio Mau	64	582
Rates	94	786
Laúndos	39	327
Arcos	49	356
Balazar	88	730
Touguinhó	17	223
Touguinha	20	184
Beiriz	21	175
Amorim	93	229
Terroso	70	218
Total	701	5208

Quadro 6.7 – Agricultores e área disponível - Vila do Conde e Póvoa de Varzim (RA - 2009)

Os valores apresentados serão posteriormente a base dos cenários de venda de água. Para a definição dos cenários serão aplicados factores de adesão dos agricultores ao sistema, conforme o cenário seja mais optimista ou mais pessimista. Estas previsões serão aplicadas ao número de agricultores a à área correspondente a cada freguesia.



6.3.2. Definição da rede de abastecimento

Para a definição da rede de abastecimento foi tido como base o mapa com os limites das freguesias e também ortofotomapas (fotografias aéreas), auxiliando no desenho do trajecto que melhor servisse os interesses em causa, que neste caso se resumiam a estar o mais próximo possível dos terrenos agrícolas.

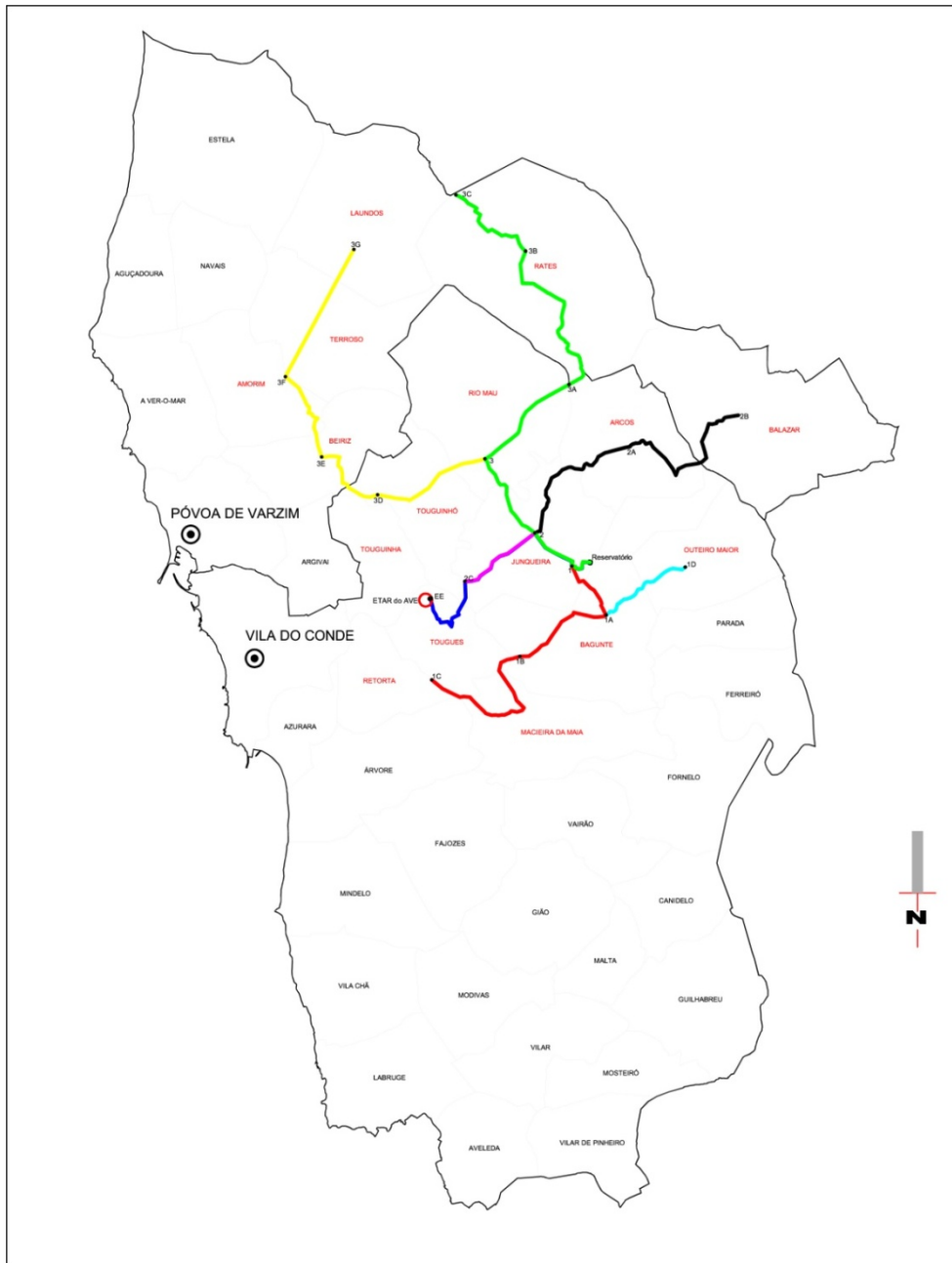


Figura 6.1 – Implantação do trajecto da rede de abastecimento – Limites de concelho e freguesia de Vila do Conde e Póvoa de Varzim



A figura 6.1 mostra a rede desenhada e implantada no mapa com os limites dos concelhos de Vila do Conde e Póvoa de Varzim, assim como os limites das freguesias. A rede já apresenta os diferentes troços definidos, a localização da ETAR do Ave, a localização da Estação Elevatória (EE) junto à ETAR e os reservatórios.

Para a definição dos troços foi tida em conta a necessidade de caudal estimada para cada freguesia, distribuindo o caudal com base nos valores atrás referidos, diminuindo os diâmetros das condutas ao longo da rede, contribuindo assim para um dimensionamento mais económico.

6.3.3. Definição dos cenários

Para o dimensionamento de todo o sistema de abastecimento, é necessário definir os diferentes cenários de venda de água. Foram escolhidos 3 cenários para este estudo.

O cenário 1 parte do princípio que, no ano zero, aderirão à rede 25% dos agricultores/área das freguesias escolhidas (quadro 6.7), e terá um aumento de 1% ao ano, terminando no ano trinta, com 54% de adesão.

O cenário 2 parte do princípio que, no ano zero, aderirão à rede 10% dos agricultores/área das mesmas freguesias do quadro 6.7, e terá um aumento de 1% ao ano, terminando no ano trinta com 40% de adesão.

O cenário 3 partirá do princípio que, no ano zero, aderirão à rede 10% dos agricultores/área das freguesias referidas, e terá um aumento gradual até ao ano trinta do projecto, terminando com 25% de adesão.

Estes cenários foram definidos com um crescimento expectável mas moderado, sendo difícil definir a forma como a adesão dos agricultores se processará. Pelo nível de aceitação dos agricultores registado nos inquéritos (89%), pode dizer-se que os cenários foram todos desenhados de forma cautelosa dado não atingirem estes valores de adesão ao sistema. Neste sentido, mesmo o cenário dito optimista, detém margem de ajustamento e crescimento razoável, sendo que se mantém desta forma o nível de prudência necessário numa previsão realista em que será construída toda a rede e em que se baseará todo o estudo económico.



6.3.3.1. Valores dos cenários

Apresentam-se no quadro 6.8 os valores da percentagem de adesão e do caudal anual, para o conjunto dos 30 anos de projecto. Os valores dos restantes cenários podem ser consultados no anexo 4, com a mesma estrutura, mostrando os diferentes valores encontrados para cada cenário. Os valores diários resultam da área total, com o factor de adesão, multiplicando por 7 m³ha/dia, e os valores anuais são os correspondentes.

Ano	Percentagem de adesão	Cenário 1 (25 a 54%) m3 dia	Cenário 1 (25 a 54%) m3 ano
Ano 1	25%	9.114	3.326.610
Ano 2	26%	9.479	3.459.674
Ano 3	27%	9.843	3.592.739
Ano 4	28%	10.208	3.725.803
Ano 5	29%	10.572	3.858.868
Ano 6	30%	10.937	3.991.932
Ano 7	31%	11.301	4.124.996
Ano 8	32%	11.666	4.258.061
Ano 9	33%	12.030	4.391.125
Ano 10	34%	12.395	4.524.190
Ano 11	35%	12.760	4.657.254
Ano 12	36%	13.124	4.790.318
Ano 13	37%	13.489	4.923.383
Ano 14	38%	13.853	5.056.447
Ano 15	39%	14.218	5.189.512
Ano 16	40%	14.582	5.322.576
Ano 17	41%	14.947	5.455.640
Ano 18	42%	15.312	5.588.705
Ano 19	43%	15.676	5.721.769
Ano 20	44%	16.041	5.854.834
Ano 21	45%	16.405	5.987.898
Ano 22	46%	16.770	6.120.962
Ano 23	47%	17.134	6.254.027
Ano 24	48%	17.499	6.387.091
Ano 25	49%	17.863	6.520.156
Ano 26	50%	18.228	6.653.220
Ano 27	51%	18.593	6.786.284
Ano 28	52%	18.957	6.919.349
Ano 29	53%	19.322	7.052.413
Ano 30	54%	19.686	7.185.478

Quadro 6.8 – Valores diários e anuais de venda de água – Cenário 1

Os volumes totais de venda para cada cenário são os apresentados no quadro 6.9, e resultam da soma dos valores anuais.



	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Total água vendida (m3) 30 anos	157.681.314	97.935.398	67.995.908

Quadro 6.9 – Total de água residual vendida para os 3 cenários (nos 30 anos de projecto)

6.3.4. Dimensionamento da rede de abastecimento

Depois de definidos os volumes de água para cada cenário, foi efectuado o dimensionamento de cada um dos componentes do sistema de abastecimento. Este dimensionamento determina para cada um dos 3 cenários os custos de investimento, assim como os proveitos da venda de água residual tratada.

Foi desenhada uma rede de abastecimento com o objectivo de servir uma área abrangente, tendo em conta 3 cenários de venda da ART. Esta rede de abastecimento será constituída por um reservatório na ETAR com um grupo electrobomba, uma conduta elevatória, um reservatório principal para distribuição e uma rede de condutas gravíticas para abastecimento da área definida, procurando uma optimização da rede. Por fim foi feita uma análise económica de cada cenário e uma análise de sensibilidade ao cenário mais provável.

Foram objecto de dimensionamento os seguintes elementos:

- ✓ Estação elevatória e reservatório de água reutilizada junto à ETAR;
- ✓ Conduta elevatória de água reutilizada;
- ✓ Reservatório principal de ART;
- ✓ Construção da Rede de distribuição.

Apresenta-se de seguida uma breve descrição dos critérios de dimensionamento utilizados para cada um dos elementos acima referidos.



6.3.4.1. Estação Elevatória e Reservatório junto à ETAR

A capacidade do reservatório de ART necessária para garantir a disponibilidade diária de caudal foi estimada em 4.000 m³, com duas células de 2.000 m³ cada. Estes valores foram estimados tendo em conta que a bombagem nocturna seria ininterrupta, dada a necessidade de abastecimento de caudal ao reservatório principal, e ainda da necessidade de abastecimento durante algumas horas do dia para completar o caudal necessário.

Esta variável está intimamente ligada ao volume do reservatório principal, e aos volumes necessários de abastecimento, sendo o valor do volume a libertar (quadro 6.10) um resultado do dimensionamento desse mesmo reservatório e será apresentado a seguir. Tendo em conta que este reservatório será de regularização da quantidade de caudal, e depois de várias simulações, pudemos simular o comportamento dos volumes de água.

Intervalo de Tempo	Volume acumulado T _i [m ³]	Volume acumulado T _{i+1} [m ³]	Volume a receber [m ³]	Volume a Libertar [m ³]	Volume Mínimo a Garantir no Reservatório	Teste	Volume Máximo do Reservatório	Teste	
T1	0:00	4000,00	3720,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T2	1:00	3720,00	3440,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T3	2:00	3440,00	3160,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T4	3:00	3160,00	2880,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T5	4:00	2880,00	2600,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T6	5:00	2600,00	2320,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T7	6:00	2320,00	2040,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T8	7:00	2040,00	1760,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T9	8:00	1760,00	1480,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T10	9:00	1480,00	2464,00	984,00	0,00	500	OK	4000	OK
T11	10:00	2464,00	3448,00	984,00	0,00	500	OK	4000	OK
T12	11:00	3448,00	3448,00	0,00	0,00	500	OK	4000	OK
T13	12:00	3448,00	2184,00	0,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T14	13:00	2184,00	1904,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T15	14:00	1904,00	1624,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T16	15:00	1624,00	1344,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T17	16:00	1344,00	1064,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T18	17:00	1064,00	784,00	984,00	1264,00	500	OK	4000	OK
T19	18:00	784,00	1042,00	984,00	726,00	500	OK	4000	OK
T20	19:00	1042,00	2026,00	984,00	0,00	500	OK	4000	OK
T21	20:00	2026,00	3010,00	984,00	0,00	500	OK	4000	OK
T22	21:00	3010,00	4000,00	990,00	0,00	500	OK	4000	OK
T23	22:00	4000,00	4000,00	0,00	0,00	500	OK	4000	OK
T24	23:00	4000,00	4000,00	0,00	0,00	500	OK	4000	OK

Quadro 6.10 – Simulação dos volumes de caudal ao longo do dia no reservatório da ETAR

Com os valores foi possível especificar em gráfico o comportamento do reservatório de água a construir na ETAR.

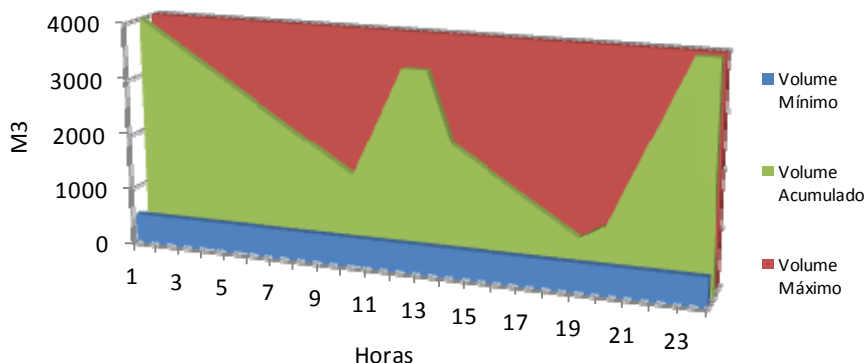


Gráfico 6.2– Simulação dos volumes de caudal necessários ao longo do dia no reservatório da ETAR

Esta simulação permite verificar que o volume estimado para o reservatório é viável, e dificilmente se poderão assegurar os volumes diários necessários com uma volumetria menor do reservatório para a ETAR (gráfico 6.2).

O dimensionamento da bomba foi feito com a fórmula 1, e o resultado foi um grupo electrobomba com capacidade de 464 Kw para o cenário 1, com um consumo kwh/m³ de 0,3728 €.

Cenário 1	Potência da Bomba	$PH = \gamma \cdot Q \cdot He$	$10 \cdot 0,3511 \cdot 105,79$	371,4731069	Rendimento 80%	464	KW/m ³	0,37266564
<small>PH - potência Hidráulica; γ - peso volúmico do líquido (KN/m³); Q - Caudal elevado (m³/s); He - Altura total de elevação (m)</small>								

Quadro 6.11 – Cálculo da potência da bomba e valor kw/m³ para o cenário 1

Os pressupostos utilizados para o dimensionamento foram:

$$PH = Y \cdot Q \cdot He \quad (1)$$

Em que PH é a potência hidráulica; Y é o peso volúmico do líquido (KN/m³); Q é o caudal elevado (m³/s); He é a altura total de elevação (m)

As potências dos cenários 2 e 3 podem ser consultadas no anexo 5.



6.3.4.2. Conduta Elevatória

O dimensionamento da rede de distribuição começou com o desenho da rede, definição do local do reservatório (cota 100), implantação da conduta em cartas militares, implantação da rede no googleearth para apoio à captação do perfil longitudinal do terreno.

O dimensionamento da conduta elevatória foi feito com recurso ao pré-dimensionamento do diâmetro da conduta, e com o recurso à fórmula simplificada de Hazen Williams para o cálculo das perdas de carga, com os resultados apresentados no quadro 6.12.

Perfil	Comp.	Cota Soleira	Diâmetro Nominal	Material	Caudal	Velocidade	Veloc. Máxima	Perda de carga total	Altura piez. dinâmica	Cota piez. dinâmica	Cota cinética
	(m)	(m)	(mm)		l/s	(m/s)	(m/s)	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.
Estação Elevatória	5200,00	10,00	600	FF	351,1111111	1,241801531	1,6408324		105,7993	115,7993	115,8779
Reservatório		100,00	600	FF	351,1111111	1,241801531	1,6408324	10,7993	5	105,0000	105,0786

Quadro 6.12 – Simulação dos volumes de caudal ao longo do dia no reservatório da ETAR

Os pressupostos utilizados para o dimensionamento foram:

$$U = \frac{Q}{S} \quad (2)$$

Em que U é a velocidade; Q é o caudal em m³/s; S é a secção.

$$U_{\text{máxima}} = 0,127 * D^{1,04} \quad (3)$$

Em que U_{máximo} é a velocidade máxima; D é o diâmetro.

A fórmula utilizada para as perdas de carga foi a de Hazen Williams:

$$S = \frac{10,67 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}} \quad (4)$$



Sendo que S é a secção; Q é o caudal (m^3/s); C é o coeficiente de rugosidade (140 para Ferro Fundido); e d é o diâmetro interior (mm).



Figura 6.2 – Implantação do trajecto da rede de abastecimento e perfil longitudinal da Condução Elevatória

No caso da adutora (linha azul) obtém-se o perfil e traçadoem planta que se apresentam na figura 6.2. A condução elevatória tem 5200 metros de comprimento.



Foram também definidos os perfis longitudinais para os restantes troços (gravíticos) que podem ser consultados no anexo 6.

6.3.4.3. Reservatório de ART

Para o dimensionamento do volume necessário do reservatório principal de distribuição de ART, foi definido que se iria utilizar apenas um reservatório, e os valores do caudal necessário seriam os do ano trinta do projecto (em cada cenário). Foi testada uma simulação (quadro 6.13) para um reservatório com capacidade de 8.000 m³, com 4 células de 2.000 m³ cada, com uma altura de 5 metros.

O reservatório principal (que receberá o caudal deste reservatório) estará à cota 100, cota esta que garantirá que, mesmo com as perdas de carga nos troços mais distantes, conseguirá a pressão necessária para a rega, até porque cerca de 80% dos terrenos estão abaixo da cota 60.

Intervalo de Tempo	Volume acumulado Ti [m3]	Volume acumulado Ti+1 [m3]	Volume a receber [m3]	Volume a Libertar [m3]	Volume Mínimo a Garantir no Reservatório	Teste	Volume Máximo do Reservatório	Teste	
T1	00:00	500,00	1743,00	1264	21,00	500	OK	8000	OK
T2	01:00	1743,00	2986,00	1264	21,00	500	OK	8000	OK
T3	02:00	2986,00	4229,00	1264	21,00	500	OK	8000	OK
T4	03:00	4229,00	5472,00	1264	21,00	500	OK	8000	OK
T5	04:00	5472,00	6715,00	1264	21,00	500	OK	8000	OK
T6	05:00	6715,00	7779,00	1264	200,00	500	OK	8000	OK
T7	06:00	7779,00	7779,00	1264	1264,00	500	OK	8000	OK
T8	07:00	7779,00	7779,00	1264	1264,00	500	OK	8000	OK
T9	08:00	7779,00	7779,00	1264	1264,00	500	OK	8000	OK
T10	09:00	7779,00	6515,00	0	1264,00	500	OK	8000	OK
T11	10:00	6515,00	5251,00	0	1264,00	500	OK	8000	OK
T12	11:00	5251,00	3987,00	0	1264,00	500	OK	8000	OK
T13	12:00	3987,00	3987,00	1264	1264,00	500	OK	8000	OK
T14	13:00	3987,00	3987,00	1264	1264,00	500	OK	8000	OK
T15	14:00	3987,00	3987,00	1264	1264,00	500	OK	8000	OK
T16	15:00	3987,00	3987,00	1264	1264,00	500	OK	8000	OK
T17	16:00	3987,00	3987,00	1264	1264,00	500	OK	8000	OK
T18	17:00	3987,00	3987,00	1264	1264,00	500	OK	8000	OK
T19	18:00	3987,00	3449,00	726	1264,00	500	OK	8000	OK
T20	19:00	3449,00	2185,00	0	1264,00	500	OK	8000	OK
T21	20:00	2185,00	921,00	0	1264,00	500	OK	8000	OK
T22	21:00	921,00	721,00	0	200,00	500	OK	8000	OK
T23	22:00	721,00	521,00	0	200,00	500	OK	8000	OK
T24	23:00	521,00	500,00	0	21,00	500	OK	8000	OK

Quadro 6.13 – Simulação dos volumes de caudal ao longo do dia no reservatório principal

O resultado da simulação anterior é o do gráfico 6.3, onde se pode ver o comportamento do reservatório.

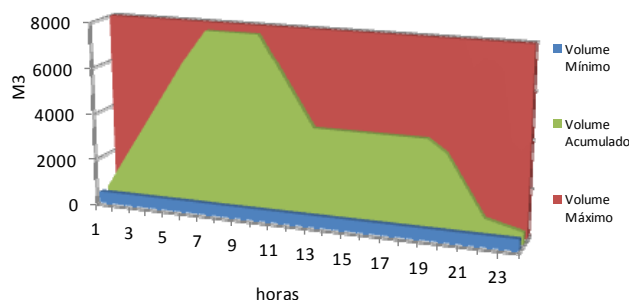


Gráfico 6.3– Simulação dos volumes de caudal necessários ao longo do dia no reservatório principal

6.3.4.4. Rede de distribuição

Para o dimensionamento da rede de distribuição foram considerados os valores dos caudais distribuídos pelos troços e a extensão de cada um dos troços, conforme se pode verificar no quadro 6.14. Os caudais deste quadro são os estimados para o ano horizonte do cenário do cenário 1. A distribuição dos caudais para os restantes cenários pode ser consultada no anexo 7.

Troço	Comprimento (m)	Caudal Acum. (m³/dia)
Reservatório - 1	520	19686
1 - 2	1100	15490
2 - 3	2000	10297
1 - 1A	1300	4196
1A - 1B	2350	2970
1B - 1C	3500	1620
1A - 1D	2050	937
2 - 2A	3150	4654
2A - 2B	3550	3430
2 - 2C	1800	540
3 - 3A	2400	4787
3A - 3B	3800	3437
3B - 3C	2100	1958
3 - 3D	2500	5510
3D - 3E	1800	4667
3E - 3F	2000	3580
3F - 3G	3000	2026

Quadro 6.14 – Distribuição dos caudais pelos troços definidos (cenário 1)

Para o dimensionamento de cada uma das condutas correspondentes aos troços assinalados no quadro 6.14 foi também utilizada a fórmula simplificada Hazen-Williams (fórmula 4).



A extensão total das condutas perfaz 38.920 metros, dos diferentes diâmetros. Para o cenário 1 foram feitos os dimensionamentos necessários por um processo iterativo, de modo a respeitar as velocidades máximas (e as mínimas no ano 0). Apresentam-se os resultados no quadro 6.15 para o cenário 1.

Troço	Comprimento (m)	Caudal Acum. (m³/dia)	Caudal Acum. (l/s)	Caudal Calc. (l/s)	Material	DN (mm)	Dist. (mm)	v (m/s)	J (m/m)	vmax (m/s)	vmín (m/s)	Perda de Carga	Caudal A no 0	v (m/s)
Reservatório - 1	520	19686	227,85	227,85	PEAD PN10	500	452,6	1,42	0,003	1,47	0,30	1,38	113,93	0,71
1 - 2	1100	15490	179,29	179,29	PEAD PN10	450	402,6	1,41	0,003	1,40	0,30	3,35	89,64	0,70
2 - 3	2000	10297	119,18	119,18	PEAD PN10	400	352,6	1,22	0,003	1,33	0,30	5,59	59,59	0,61
1 - 1A	1300	4196	48,56	48,56	PEAD PN10	280	246,8	1,01	0,003	1,15	0,30	4,11	24,28	0,51
1A - 1B	2350	2970	34,38	34,38	PEAD PN10	250	220,4	0,90	0,003	1,10	0,30	6,95	17,19	0,45
1B - 1C	3500	1620	18,75	18,75	PEAD PN10	180	158,6	0,95	0,005	0,96	0,30	17,10	9,38	0,47
1A - 1D	2050	937	10,84	10,84	PEAD PN10	160	141,0	0,69	0,003	0,92	0,30	6,72	5,42	0,35
2 - 2A	3150	4654	53,86	53,86	PEAD PN10	280	246,8	1,13	0,004	1,15	0,30	11,94	26,93	0,56
2A - 2B	3550	3430	39,70	39,70	PEAD PN10	250	220,4	1,04	0,004	1,10	0,30	13,51	19,85	0,52
2 - 2C	1800	540	6,25	6,25	PEAD PN10	125	110,2	0,66	0,004	0,83	0,30	7,25	3,13	0,33
3 - 3A	2400	4787	55,41	55,41	PEAD PN10	280	246,8	1,16	0,004	1,15	0,30	9,56	27,70	0,58
3A - 3B	3800	3437	39,78	39,78	PEAD PN10	250	220,4	1,04	0,004	1,10	0,30	14,51	19,89	0,52
3B - 3C	2100	1958	22,66	22,66	PEAD PN10	200	176,2	0,93	0,004	1,01	0,30	8,67	11,33	0,46
3 - 3D	2500	5510	63,77	63,77	PEAD PN10	315	277,6	1,05	0,003	1,21	0,30	7,28	31,88	0,53
3D - 3E	1800	4667	54,02	54,02	PEAD PN10	280	246,8	1,13	0,004	1,15	0,30	6,86	27,01	0,56
3E - 3F	2000	3580	41,44	41,44	PEAD PN10	250	220,4	1,09	0,004	1,10	0,30	8,20	20,72	0,54
3F - 3G	3000	2026	23,45	23,45	PEAD PN10	200	176,2	0,96	0,004	1,01	0,30	13,15	11,73	0,48

Quadro 6.15 – Dimensionamento das condutas gravíticas (cenário 1)

O dimensionamento dos cenários 2 e 3 podem ser consultados no anexo 8. Apresenta-se no quadro 6.16 um resumo dos dimensionamentos dos 3 cenários.

Cenário 1				Cenário 2				Cenário 3			
Troço	Comprimento (m)	Caudal Acum. (m³/dia)	DN (mm)	Troço	Comprimento (m)	Caudal Acum. (m³/dia)	DN (mm)	Troço	Comprimento (m)	Caudal Acum. (m³/dia)	DN (mm)
Reservatório - 1	520	19686	500	Reservatório - 1	520	14582	450	Reservatório - 1	520	9114	400
1 - 2	1100	15490	450	1 - 2	1100	11474	450	1 - 2	1100	7171	355
2 - 3	2000	10297	400	2 - 3	2000	7627	400	2 - 3	2000	4767	280
1 - 1A	1300	4196	280	1 - 1A	1300	3108	250	1 - 1A	1300	1943	200
1A - 1B	2350	2970	250	1A - 1B	2350	2200	225	1A - 1B	2350	1375	180
1B - 1C	3500	1620	180	1B - 1C	3500	1200	160	1B - 1C	3500	750	140
1A - 1D	2050	937	160	1A - 1D	2050	694	125	1A - 1D	2050	434	110
2 - 2A	3150	4654	280	2 - 2A	3150	3447	250	2 - 2A	3150	2154	225
2A - 2B	3550	3430	250	2A - 2B	3550	2541	225	2A - 2B	3550	1588	180
2 - 2C	1800	540	125	2 - 2C	1800	400	110	2 - 2C	1800	250	90
3 - 3A	2400	4787	280	3 - 3A	2400	3546	250	3 - 3A	2400	2216	225
3A - 3B	3800	3437	250	3A - 3B	3800	2546	225	3A - 3B	3800	1591	180
3B - 3C	2100	1958	200	3B - 3C	2100	1450	180	3B - 3C	2100	906	160
3 - 3D	2500	5510	315	3 - 3D	2500	4081	280	3 - 3D	2500	2551	225
3D - 3E	1800	4667	280	3D - 3E	1800	3457	250	3D - 3E	1800	2161	225
3E - 3F	2000	3580	250	3E - 3F	2000	2652	225	3E - 3F	2000	1658	200
3F - 3G	3000	2026	200	3F - 3G	3000	1501	180	3F - 3G	3000	938	160

Quadro 6.16 – Resumo do dimensionamento das condutas gravíticas (cenário 1, 2 e 3)





6.4. Estudo de viabilidade económica

6.4.1. Contabilização dos Custos

Depois de dimensionados todos os componentes da rede de abastecimento, iniciou-se a contabilização dos custos de cada um destes componentes com vista à sua integração no estudo de viabilidade económica.

O valor de cada componente foi avaliado segundo alguns registos de obras recentes na empresa Águas do Noroeste e foram ajustados para uma média de preços correntes de mercado apresentados em concursos internos. Estes valores são bastante fiáveis do ponto de vista de execução de obra, pois são muito recentes e provenientes de propostas de concurso actuais.

6.4.1.1. Custos de Investimento Inicial

O Investimento Inicial foi contabilizado segundo a equação 5.

$$CII_0 = C_{equipamento} + C_{construção} \quad (5)$$

Em que CII é o custo de Investimento Inicial.



Contabilização de Custos - Investimento Inicial					
1	Afinação da Desinfecção	Unidades			Preço total
	2000 NMP para 100 NMP/100 ml	1			70.000,00 €
	Sub-Total				70.000,00 €
2	Reservatórios/Elevatória	Unidades	Preço (m3)	Preço Célula/Unidade	Preço total
	Reservatório principal	2000 (m3)	200,00 €	400.000,00 €	1.600.000,00 €
	Reservatório da ETAR	2000 (m3)	200,00 €	400.000,00 €	800.000,00 €
	Estação Elevatória	1 (unidade)	-	720.000,00 €	720.000,00 €
	Substituição de bombas (ano 15)	1 (unidade)	-	70.000,00 €	70.000,00 €
	Sub-Total				3.190.000,00 €
3	Instalação de Conduatas	Extensão	Material		Preço total
	Gravíticas	38.920	PEAD		1.238.088,44
	Elevatória	5.200	FF		636.796,22
	Sub-Total				1.874.884,66 €
4	Acessórios de rede				Preço total
	Ventosas e Descargas de fundo	40	4.000,00 €		160.000,00
TOTAL					5.294.884,66 €

Quadro 6.17 – Custos de Investimento inicial (cenário 1)

Os custos de investimento inicial (quadro 6.17) tiveram em conta a necessidade de uma afinação da desinfecção do efluente, reduzindo a concentração de Coliformes Totais, de 2000 NMP 100/mL para 100 NMP 100/mL, garantindo desta forma a qualidade necessária para a rega, cumprindo mais do que é exigido na Norma Portuguesa, possibilitando ainda mais diferentes usos e maior segurança aos utilizadores.

Foram também incluídos os custos da construção do reservatório na ETAR (4000 m³), com estação elevatória, o reservatório principal (8000 m³) e a substituição do equipamento (bombagem) no ano 15.

A conduta elevatória, as condutas gravíticas e os acessórios de rede necessários foram igualmente contabilizados, assim como os custos da construção.

6.4.1.2. Custos de energia, manutenção e operação

Num segundo momento foram contabilizados os custos anuais de manutenção, operação e exploração.

Para encontrar estes valores foram utilizadas as seguintes fórmulas e equações:



$$E_j = Q_j \cdot C_j \quad (6)$$

Em que E é a Energia consumida; Q é o caudal; C é o consumo específico de energia (Kw/m³); j é o ano.

$$PE_j = \sum_{i=1}^3 (E_j \cdot \alpha_i) \cdot T_i \quad (7)$$

Em que PE é o preço total da energia consumida; E está expresso na fórmula 5; α_i é a percentagem do consumo; T é o valor da Tarifa; j é o ano, sendo que a tabela seguinte especifica que, quando o período de consumo **i** é igual a 1, então o α é 0,3 e o **T** é 0,0548.

i	α	T
1	0,3	0.0548
2	0,3	0.0588
3	0,4	0.0938

O cálculo dos custos de manutenção foi contabilizado com recurso à equação 8.

$$M = CII_0 \cdot 1\% \quad (8)$$

Em que M é o custo de Manutenção; CII₀ é o Custo de Investimento Inicial.

O cálculo dos custos de operação foi contabilizado com recurso à equação 9.

$$O = MO + Vi + Cg \quad (9)$$

Em que O é o custo de Operação; MO é o custo da Mão de Obra; Vi é o Custo de Viaturas; Cg são os custos gerais de funcionamento.



Desta forma temos que o cálculo dos custos totais anuais foram encontrados com recurso à equação 10.

$$CA_j = PE_j + M + O \quad (10)$$

Em que CA são os custos totais anuais; PE é o custo do consumo da energia; M é o custo de manutenção; O é o custo da Operação.

Os cálculos dos custos de energia foram feitos com base nas tarifas da EDP de 2011 (estimados 30% de consumos na tarifa de super vazio (0,0548 €), 30% de consumos na tarifa de vazio (0,0588 €) e um consumo de 40% na tarifa de cheias (0,0938 €), e com base na multiplicação do valor kw/m³ pelos caudais de bombagem necessários anteriormente calculados.

O quadro 6.18 apresenta consumo energético total, calculado para o cenário 1.

	Cenário 1 (25 a 54%) m3 ano	Kw/ m3	Energia	Preços Contantes Ano 1
1	3.326.610	0,373	1.239.713,23	88.763,47 €
2	3.459.674	0,373	1289301,764	92.314,01 €
3	3.592.739	0,373	1338890,293	95.864,54 €
4	3.725.803	0,373	1388478,822	99.415,08 €
5	3.858.868	0,373	1438067,352	102.965,62 €
6	3.991.932	0,373	1487655,881	106.516,16 €
7	4.124.996	0,373	1537244,411	110.066,70 €
8	4.258.061	0,373	1586832,94	113.617,24 €
9	4.391.125	0,373	1636421,469	117.167,78 €
10	4.524.190	0,373	1686009,999	120.718,32 €
11	4.657.254	0,373	1735598,528	124.268,85 €
12	4.790.318	0,373	1785187,057	127.819,39 €
13	4.923.383	0,373	1834775,587	131.369,93 €
14	5.056.447	0,373	1884364,116	134.920,47 €
15	5.189.512	0,373	1933952,646	138.471,01 €
16	5.322.576	0,373	1983541,175	142.021,55 €
17	5.455.640	0,373	2033129,704	145.572,09 €
18	5.588.705	0,373	2082718,234	149.122,63 €
19	5.721.769	0,373	2132306,763	152.673,16 €
20	5.854.834	0,373	2181895,292	156.223,70 €
21	5.987.898	0,373	2231483,822	159.774,24 €
22	6.120.962	0,373	2281072,351	163.324,78 €
23	6.254.027	0,373	2330660,881	166.875,32 €
24	6.387.091	0,373	2380249,41	170.425,86 €
25	6.520.156	0,373	2429837,939	173.976,40 €
26	6.653.220	0,373	2479426,469	177.526,94 €
27	6.786.284	0,373	2529014,998	181.077,47 €
28	6.919.349	0,373	2578603,527	184.628,01 €
29	7.052.413	0,373	2628192,057	188.178,55 €
30	7.185.478	0,373	2677780,586	191.729,09 €

Quadro 6.18 – Custos Energéticos anuais (cenário 1)



O quadro 6.19 apresenta os cálculos dos valores previstos para os custos da operação para o projecto.

Custos de Operação			
1	Mão de Obra (2 operadores)		Custo Anual
	Salário Base	800,00 €	13.860,00 €
	Subsídio Alimentação	4,50 €	1.039,50 €
	Seguro	163,00 €	163,00 €
	Sub-total		30.125,00 €
2	Viatura		Custo Anual
	Aluguer de viatura (seguro incluído)		4.800,00 €
	Sub-total		4.800,00 €
3	Gastos Gerais		Custo Anual
	Gastos com economato, gasolina, e outros		15.000,00 €
	Sub-Total		15.000,00 €
TOTAL			49.925,00 €

Quadro 6.19 – Custos Energéticos diários ano 30 (cenário 1)

O quadro 6.20 apresenta um resumo dos valores estimados para a manutenção, operação e energia. Estes valores são os definidos para o cenário 1.

Contabilização de Custos Anuais - Exploração, Operação e Manutenção				
Ano	Manutenção	Operacionais	Energia	Total Anual
Ano 1	52.948,85 €	50.619,24 €	88.763,47 €	192.331,55 €
Ano 2	52.948,85 €	50.619,24 €	92.314,01 €	195.882,09 €
Ano 3	52.948,85 €	50.619,24 €	95.864,54 €	199.432,63 €
Ano 4	52.948,85 €	50.619,24 €	99.415,08 €	202.983,17 €
Ano 5	52.948,85 €	50.619,24 €	102.965,62 €	206.533,71 €
Ano 6	52.948,85 €	50.619,24 €	106.516,16 €	210.084,24 €
Ano 7	52.948,85 €	50.619,24 €	110.066,70 €	213.634,78 €
Ano 8	52.948,85 €	50.619,24 €	113.617,24 €	217.185,32 €
Ano 9	52.948,85 €	50.619,24 €	117.167,78 €	220.735,86 €
Ano 10	52.948,85 €	50.619,24 €	120.718,32 €	224.286,40 €
Ano 11	52.948,85 €	50.619,24 €	124.268,85 €	227.836,94 €
Ano 12	52.948,85 €	50.619,24 €	127.819,39 €	231.387,48 €
Ano 13	52.948,85 €	50.619,24 €	131.369,93 €	234.938,01 €
Ano 14	52.948,85 €	50.619,24 €	134.920,47 €	238.488,55 €
Ano 15	52.948,85 €	50.619,24 €	138.471,01 €	242.039,09 €
Ano 16	52.948,85 €	50.619,24 €	142.021,55 €	245.589,63 €
Ano 17	52.948,85 €	50.619,24 €	145.572,09 €	249.140,17 €
Ano 18	52.948,85 €	50.619,24 €	149.122,63 €	252.690,71 €
Ano 19	52.948,85 €	50.619,24 €	152.673,16 €	256.241,25 €
Ano 20	52.948,85 €	50.619,24 €	156.223,70 €	259.791,79 €
Ano 21	52.948,85 €	50.619,24 €	159.774,24 €	263.342,32 €
Ano 22	52.948,85 €	50.619,24 €	163.324,78 €	266.892,86 €
Ano 23	52.948,85 €	50.619,24 €	166.875,32 €	270.443,40 €
Ano 24	52.948,85 €	50.619,24 €	170.425,86 €	273.993,94 €
Ano 25	52.948,85 €	50.619,24 €	173.976,40 €	277.544,48 €
Ano 26	52.948,85 €	50.619,24 €	177.526,94 €	281.095,02 €
Ano 27	52.948,85 €	50.619,24 €	181.077,47 €	284.645,56 €
Ano 28	52.948,85 €	50.619,24 €	184.628,01 €	288.196,10 €
Ano 29	52.948,85 €	50.619,24 €	188.178,55 €	291.746,63 €
Ano 30	52.948,85 €	50.619,24 €	191.729,09 €	295.297,17 €
Total	1.588.465,40 €	1.518.577,08 €	4.207.388,36 €	7.314.430,84 €

Quadro 6.20 – Custos de Investimento totais anuais (cenário 1)



No caso do cenário 2 e 3 estes valores apenas diferem nos consumos energéticos pois não é expectável que a manutenção e a operação absorvam menos recursos financeiros (quadro 6.21).

Contabilização de Custos - Exploração, Operação e Manutenção (30 anos)				
	Manutenção	Operacionais	Energia	Total
Cenário 1	1.588.465,40 €	1.518.577,08 €	4.207.388,36 €	7.314.430,84 €
Cenário 2	1.588.465,40 €	1.518.577,08 €	2.948.998,18 €	4.537.463,58 €
Cenário 3	1.588.465,40 €	1.518.577,08 €	1.667.556,18 €	3.256.021,58 €

Quadro 6.21 – Custos de Investimento totais anuais (resumo cenário 1, 2 e 3)

6.4.2. Contabilização dos Proveitos; VAL e TIR

A contabilização dos proveitos tem em conta toda a receita espectável com a venda de água reutilizada. Este valor multiplica todo o caudal previsto anteriormente por uma tarifa de 0,15 € .

Para o cálculo do Valor Actualizado Líquido (VAL) foi definida uma taxa de actualização de 6,5%. O valor definido para a taxa de actualização foi estabelecido com o intuito de permitir a actualização da taxa de inflação estimada em 2,5% ao ano, e permitir uma taxa de rentabilidade de 4%, superior a rendimentos bancários, sendo atractiva para os investidores.

O cálculo do VAL foi feito com recurso à equação 11.

$$VAL = \sum_i^{30} \frac{(Ri - Di)}{(1 + \alpha)^i} - CII_0 \quad (11)$$

Em que R é a Receita; D é a Despesa; CII_0 é o Custo de Investimento Inicial; i é o ano; α é a taxa de actualização.

O quadro 6.22 apresenta um resumo os valores do VAL, da Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) e do Payback (anos de retorno do investimento) resultado dos valores definidos para o cenário 1.



Taxa de actualização		Tarifa			TIR	
6,50%		0,15 €			7,76%	
Ano	Investimento	Exploração	Receita	Cash Flow Líquido	VAL	PAYBACK
0	5.294.884,66 €			-5.294.884,66 €	-5.294.884,66 €	-5.294.884,66 €
1		192.331,55 €	498.991,50 €	306.659,95 €	287.943,61 €	-5.006.941,05 €
2		195.882,09 €	518.951,16 €	323.069,07 €	284.836,85 €	-4.722.104,20 €
3		199.432,63 €	538.910,82 €	339.478,19 €	281.036,71 €	-4.441.067,49 €
4		202.983,17 €	558.870,48 €	355.887,31 €	276.639,43 €	-4.164.428,06 €
5		206.533,71 €	578.830,14 €	372.296,43 €	271.732,03 €	-3.892.696,03 €
6		210.084,24 €	598.789,80 €	388.705,56 €	266.393,18 €	-3.626.302,85 €
7		213.634,78 €	618.749,46 €	405.114,68 €	260.693,81 €	-3.365.609,04 €
8		217.185,32 €	638.709,12 €	421.523,80 €	254.697,83 €	-3.110.911,21 €
9		220.735,86 €	658.668,78 €	437.932,92 €	248.462,66 €	-2.862.448,55 €
10		224.286,40 €	678.628,44 €	454.342,04 €	242.039,83 €	-2.620.408,72 €
11		227.836,94 €	698.588,10 €	470.751,16 €	235.475,49 €	-2.384.933,23 €
12		231.387,48 €	718.547,76 €	487.160,28 €	228.810,83 €	-2.156.122,39 €
13		234.938,01 €	738.507,42 €	503.569,41 €	222.082,55 €	-1.934.039,84 €
14		238.488,55 €	758.467,08 €	519.978,53 €	215.323,24 €	-1.718.716,61 €
15		242.039,09 €	778.426,74 €	536.387,65 €	208.561,74 €	-1.510.154,86 €
16		245.589,63 €	798.386,40 €	552.796,77 €	201.823,52 €	-1.308.331,34 €
17		249.140,17 €	818.346,06 €	569.205,89 €	195.130,90 €	-1.113.200,44 €
18		252.690,71 €	838.305,72 €	585.615,01 €	188.503,43 €	-924.697,01 €
19		256.241,25 €	858.265,38 €	602.024,13 €	181.958,08 €	-742.738,93 €
20		259.791,79 €	878.225,04 €	618.433,25 €	175.509,52 €	-567.229,41 €
21		263.342,32 €	898.184,70 €	634.842,38 €	169.170,31 €	-398.059,10 €
22		266.892,86 €	918.144,36 €	651.251,50 €	162.951,13 €	-235.107,97 €
23		270.443,40 €	938.104,02 €	667.660,62 €	156.860,93 €	-78.247,04 €
24		273.993,94 €	958.063,68 €	684.069,74 €	150.907,14 €	72.660,10 €
25		277.544,48 €	978.023,34 €	700.478,86 €	145.095,80 €	217.755,90 €
26		281.095,02 €	997.983,00 €	716.887,98 €	139.431,69 €	357.187,59 €
27		284.645,56 €	1.017.942,66 €	733.297,10 €	133.918,49 €	491.106,09 €
28		288.196,10 €	1.037.902,32 €	749.706,22 €	128.558,89 €	619.664,97 €
29		291.746,63 €	1.057.861,98 €	766.115,35 €	123.354,65 €	743.019,63 €
30		295.297,17 €	1.077.821,64 €	782.524,47 €	118.306,80 €	861.326,42 €
				11.042.881,60 €	861.326,42 €	

Quadro 6.22 – Contabilização de proveitos, VAL, TIR e PAYBACK (cenário 1)

Os valores apresentados mostram a atractividade do projecto no caso do cenário 1.

6.4.3. Resumos dos resultados

O quadro 6.23 apresenta um resumo de todos os valores do VAL, TIR e do Payback resultado dos valores definidos para o cenário 1, 2 e 3.

Resumo			
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VAL	861.326,42 €	-1.808.868,86 €	-2.761.623,65 €
TIR	7,76%	3,71%	1,54%
Payback	23,5	> 30	> 30

Quadro 6.23 – Resumo dos valores de VAL, TIR e Payback(Cenário 1, 2 e 3)



Conclui-se que os valores apresentados no quadro 6.23 reflectem a falta de atractividade financeira para o investimento no cenário 2 e 3. Isto deve-se aos fracos volumes de caudal previstos nestes cenários, tornando-os economicamente insustentáveis. Os valores do cenário 1 mostram-se rentáveis, tornando este projecto viável economicamente.

É possível ainda avaliar o impacto de um possível financiamento por parte da União Europeia, ao abrigo do Programa de Desenvolvimento Rural do Continente (PRODER), sendo que a comparticipação será de 70% em caso de investimento privado, e de até 100% em caso de investimento público. O projecto enquadrar-se-ia no ponto 1.6.1, ajudas ao investimento no regadio colectivo agrícola.

Foi realizada uma análise a valores de VAL, TIR e Payback com a introdução de uma comparticipação com fundo europeu, para o cenário 1 (quadro 6.24).

Simulação valores com financiamento Europeu			
Cenário 1	Inv. Inicial Total	70% finan.	90% finan.
VAL	861.326,42 €	4.567.745,68 €	5.626.722,62 €
TIR	7,76%	23,59%	62,85%
Payback (anos)	23,52	5,6	1,82

Quadro 6.24 – Resumo dos valores de VAL, TIR e Payback (com financiamento europeu)

Conclui-se tratar-se de um excelente investimento em caso de garantia de financiamento ao investimento inicial, atingindo valores consideráveis em todos as vertentes da análise.

Simulando o ajustamento da tarifa em caso de financiamento europeu (quadro 6.25), fixando o valor de 23,52 anos de retorno, é possível a redução substancial do valor. Conclui-se que, em caso de comparticipação de fundos estruturais, o valor da tarifa baixa consideravelmente, tornando-se muito atractivo, possibilitando uma maior venda de ART.

Simulação de valores de tarifa			
Cenário 1	Inv. Inicial Total	70% finan.	90% finan.
Actualização da tarifa (com financiamento)	0,15	0,08	0,06

Quadro 6.25 – Simulação de valores de tarifa com financiamento europeu



Tendo em conta que os valores gastos pelos agricultores na rega (entre os 0,25 € e os 0,35 €), podemos dizer que os valores encontrados para o cenário 1 são altamente atractivos.

6.4.4. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade permite fazer alterações numa variável, fixando todas as outras estabelecidas como pressupostos no modelo económico construído.

O gráfico 6.4 apresenta a variação do período de retorno tendo a função de variação da tarifa entre os 0,14€ e os 0,40€ / m³. Não se apresentam valores inferiores a 0,14 € para a tarifa porque assim se ultrapassariam os 30 anos de período de retorno.

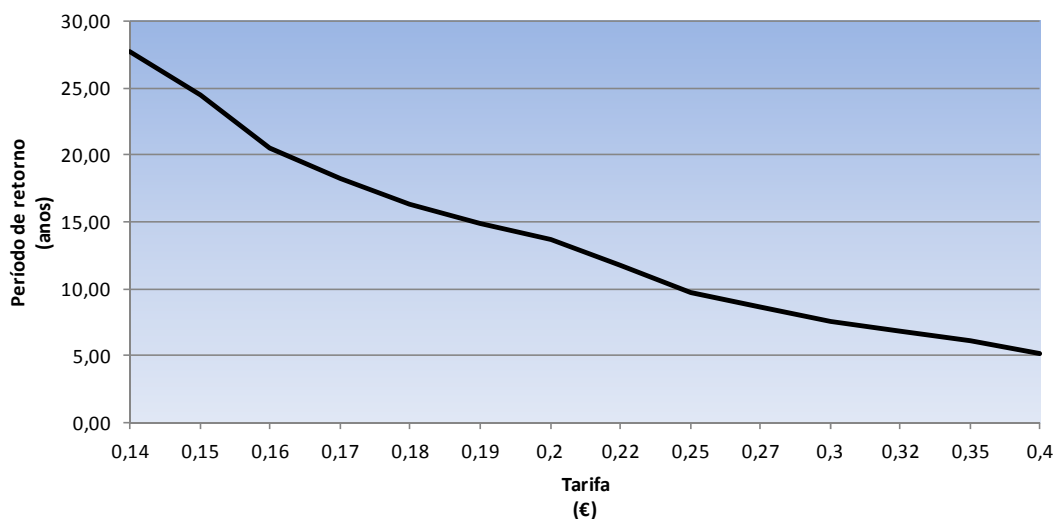


Gráfico 6.4– Período de retorno em função da variação da tarifa

Para o gráfico 6.4 foi considerado como constantes a taxa de actualização do VAL de 6,5% e o caudal definido para o cenário 1.

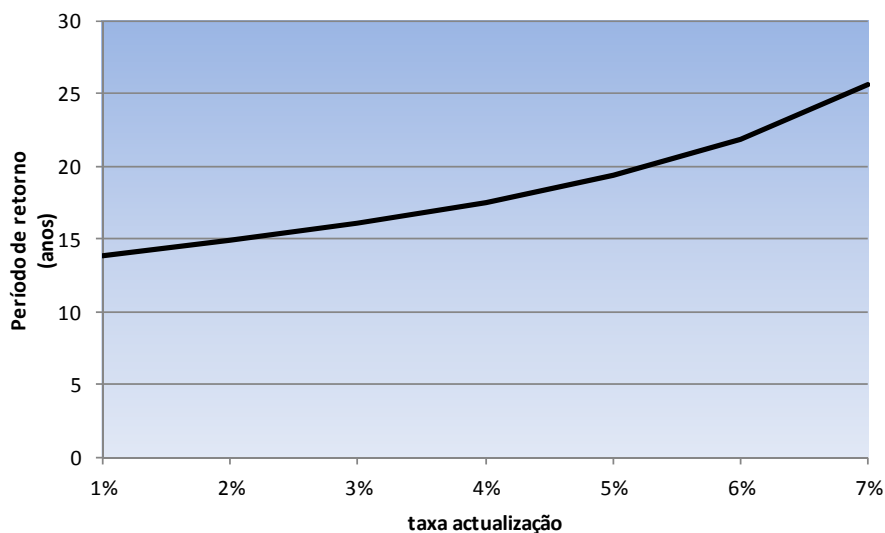


Gráfico 6.5– Período de retorno em função da variação da taxa da actualização

Para o gráfico 6.5 foram considerados como constantes a tarifa de 0,15 € e o caudal definido para o cenário 1. Este gráfico apresenta a variação do período do retorno com a taxa de actualização. Não se apresentam valores de taxa de actualização a 7% por assim se ultrapassarem os 30 anos de período de retorno.

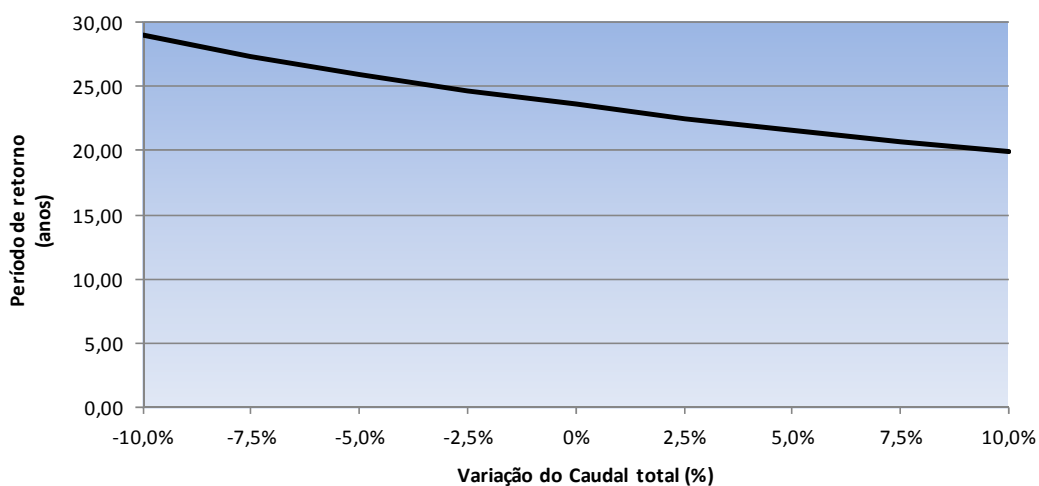


Gráfico 6.6– Período de retorno em função da variação do caudal

Para o gráfico 6.6 foi considerado como constantes a taxa de actualização do VAL de 6,5% e a tarifa de 0,15 €.



Refira-se que a variação do caudal altera automaticamente na mesma proporção os consumos de energia e os seus gastos. Não se apresentam valores inferiores a -10% pois o período de retorno ultrapassa os 30 anos.

6.4.5. Externalidades e Ambiente

A contabilização dos valores económicos ambientais e de outras externalidades é essencial para uma análise económica do projecto. A análise que acabamos de referir insere-se numa avaliação mais geral da viabilidade do investimento proposto, no âmbito dos condicionamentos ambientais e das possibilidades de desenvolvimento, o que pressupõe que se avaliem, não só os benefícios económicos e ambientais do projecto, mas também os riscos de que a sua realização implique tais consumos e/ou uma tal degradação das funções naturais da área que possam comprometer a potencial utilização, na acepção mais ampla do termo, de espaços muito extensos (Comissão Europeia, 2003).

No presente projecto a contabilização do valor ambiental será feita através da poupança dos valores pagos na Taxa de Recursos Hídricos (TRH). A externalidade será considerada como correspondente aos ganhos em nutrientes presentes na ART.

A contabilização dos ganhos indirectos para os agricultores é difícil. Para além da possível poupança na tarifa, há igualmente a poupança na manutenção dos seus próprios sistemas individuais, que serão substituídos por um sistema colectivo de manutenção garantida. Podemos no entanto contabilizar uma poupança ao nível dos nutrientes. Analisando o valor de saída da água residual da ETAR do Ave, podemos perceber que, com a média dos nutrientes diluídos na água, é possível calcular os valores em kg de nutrientes poupados anualmente.

Desta forma temos que:

$$M = (V \cdot C) / 1000 \quad (12)$$

Em que M é a quantidade do nutriente expressa em kg (por m³); V é o volume do caudal reutilizado; C é a concentração do nutriente (mg/L).



Assim, tendo em conta que a média de N à saída da ETAR do Ave é de 6,8 mg/L, e a média de P à saída é de 2,2 mg/L, temos o resultado por anos em kg apresentado no quadro 6.26.

Nutriente	mg/L (média)	M (kg) (30 anos)	n° sacos (50 kg)	Ganho (20 € por saco)
N	6,8	1.072.232,94	79.425	428.893,17 €
P	2,2	346.898,89	38.544	13.875,96 €
Total (30 anos)				442.769,13 €

Quadro 6.26 – Valores de poupança em adubos com a reutilização de ART para rega

A título de exemplo, o cálculo do valor (expresso em euros) foi feito com base no pressuposto de que o teor de N por quilograma é de 27% e de P por quilograma de 18%.

Outra poupança possível é a da Taxa de Recursos Hídricos (TRH) paga pela descarga da água residual tratada no rio. Esta taxa é variável conforme a quantidade de nutrientes e caudal rejeitados no rio (o seu valor foi considerado como o ganho ambiental pela diminuição do caudal rejeitado). Para a ETAR do Ave está previsto o pagamento de 765 € mensais para o ano de 2011, um valor que será de 9.180 € no ano de 2011. Tendo em conta o crescimento previsto do caudal tratado, e tendo em conta os valores previstos para reutilização no cenário 1, que já não serão rejeitados no meio receptor, teremos um valor estimado de poupança de 223.000 € em 30 anos. É um valor que poderá parecer residual, mas que, se for possível a poupança destes recursos, poderá interferir muito positivamente na atractividade do projecto.

Estas poupanças em conjunto permitem poupança de cerca de 658.000 € nos 30 anos de projecto, quer por parte dos agricultores, quer por parte da entidade fornecedora de água tratada. O VAL e a TIR encontrados após a inclusão destes valores são apresentados no quadro 6.27.

Avaliação económica (incluindo ambiente e externalidades)		
Cenário 1	Cenário 1 (s/externalidades e ambiente)	Cenário 1 (c/externalidades e ambiente)
VAL	861.326,42 €	1.151.128,53 €
TIR	7,76%	8,17%
Payback (anos)	23,5	21,88

Quadro 6.27 – Valores do VAL, TIR e Payback com e sem externalidades



7. CONCLUSÕES

A reutilização de águas residuais tratadas no mundo é uma realidade crescente. Apesar do impulso da reutilização ser maior por uma questão de necessidade em algumas regiões do mundo (falta de água ou períodos prolongados de seca), a verdade é que o potencial deste tipo de projectos está a ser cada vez mais estudado e comprovado. Como demonstram inúmeros exemplos de projectos apontados nesta dissertação.

Em Portugal existem já alguns estudos sobre a reutilização ART, nomeadamente no Algarve, onde a pressão sobre os recursos hídricos, aliada às altas temperaturas, forçaram por necessidade a busca de alternativas aos usos tradicionais de água.

Sendo a agricultura a actividade com maior consumo de água em Portugal, com 87% do gasto total (gráfico 2.1), esta dissertação procurou estudar o potencial da reutilização de ART na agricultura através da implementação de um projecto de reutilização das ART da ETAR do Ave.

Em termos legislativos existe a necessidade de aclarar o Decreto-Lei 236/98, introduzindo alguns dos parâmetros da NP 4434:2005 - dando maior força legal a esta norma - definindo as entidades responsáveis pelos licenciamentos permitindo simplificar processos.

Assim, tendo em conta o trabalho teórico-prático desenvolvido, chegou-se às seguintes conclusões:

1 - Ao nível do cumprimento dos valores dos parâmetros necessários para uma reutilização, foi possível aceder ao controlo analítico da ETAR e foi verificado que os valores de saída (Setembro de 2010 a Junho de 2011) CBO5, CQO, SST, pH e P (gráficos 4.2 a 4.7) foram todos cumpridos, sendo que apenas num mês (Dezembro de 2010) não foi cumprido o limite de N. Não foi possível aceder aos valores dos restantes parâmetros (p.e. concentrações de metais pesados). Sobre os valores de Coliformes Totais apenas se obteve a informação de que os valores estavam ligeiramente acima dos 2000 NMP/100 mg/L (valor considerado no dimensionamento da micro-filtração e na desinfecção UV).



2 – Os concelhos da Póvoa de Varzim e Vila do Conde têm um enorme potencial agrícola e, apesar da redução do número de trabalhadores nesta área, a área média cultivada por agricultor tem aumentado significativamente (gráfico 3.7). Conclui-se que existem condições para a implementação de um projecto de reutilização de ART na agricultura.

3 – Concluiu-se igualmente, depois da realização de um inquérito a 65 agricultores dos concelhos da Póvoa de Varzim (44) e Vila do Conde (21), que o nível de aceitação social deste projecto é muito elevado, e que 89% dos agricultores aceitaria reutilizar a água residual tratada nas suas culturas (gráfico 5.12). Esta aceitação está dependente da garantia da saúde pública e só em 3º lugar aparecia como preocupação a tarifa utilizada (gráfico 5.11).

4 – Tendo em conta esta realidade, foram definidos 3 cenários com diferentes percentagens de agricultores aderentes à rede e áreas a regar (gráfico 6.8), bem como diferentes volumes de venda de águas, gráfico 6.9 (estimados volumes necessários de 7 m³/ha/dia).

A rede foi definida (figura 6.1) para o projecto de reutilização de ART com vista a abastecer o maior número de freguesias possível (tabela 6.7), sendo o único limite o volume disponível na ETAR para reutilização no ano horizonte (32.500 m³ na época baixa e 42.000 m³ na época alta).

Esta rede foi dimensionada para um reservatório na ETAR com 4.000 m³ (regularização e garantia de caudal), uma conduta adutora de 5200 metros, um reservatório de 8.000 m³ (cota 100), e uma rede de condutas gravíticas com 38.920 metros.

5 – O modelo económico adoptado é o que se baseia no VAL e na TIR resultantes da diferença entre as receitas e as despesas expectáveis (com valores actualizados) e o valor do investimento inicial.

Foi considerado um valor de investimento inicial igual para os 3 cenários definidos (quadro 6.16), assim como os valores de manutenção e operação (quadro 6.19). Os valores de exploração (energia) foram estimados tendo em conta os caudais de cada um dos cenários

Os resultados encontrados para o período de retorno (payback) mostram que os volumes de venda de água estabelecidos para os cenários 2 e 3 são baixos para serem rentáveis, e que em ambos o payback excede os 30 anos. Não foram feitas análises de sensibilidade a estes dois cenários.



O cenário 1, com uma tarifa de 0,15 € e uma taxa de actualização de 6,5%, apresentou um período de retorno de 23,52 anos, um VAL de 861.326,42 € e uma TIR de 7,76 %. Se entrarmos em linha de conta com um possível financiamento com fundos comunitários, então este cenário teria, para o mesmo período de retorno, uma tarifa de 0,08 € (70% de financiamento) e 0,06 € para 90% de financiamento (quadro 6.23).

A análise de sensibilidade a este cenário revelou uma maior sensibilidade em relação à variação da tarifa (gráfico 6.4), e uma menor variação do período de retorno quando se alteraram as quantidades de caudal (gráfico 6.5). Para uma redução de caudal de 12%, o período de retorno passa os 30 anos. A taxa de actualização também variou muito o período de retorno, sendo que com valores acima de 8% nesta taxa, o período de retorno ultrapassa os 30 anos (gráfico 6.6).

Considera-se que os objectivos definidos foram concretizados na quase totalidade, permitindo os resultados obtidos sistematizar informação sobre a viabilidade económica e potencial de reutilização dos efluentes tratados.

A mais-valia do desenvolvimento desta dissertação esteve na forma de aplicação prática como foi efectuada, e na sua amplitude de análise e abordagem integrada das questões sociais, ambientais, técnicas e económicas envolvidas. Foi apenas mais um passo no importante caminho da reutilização de ART.

Em relação aos trabalhos futuros a realizar, e dentro das temáticas discutidas nesta dissertação de mestrado, pode afirmar-se que seria necessária uma análise detalhada dos parâmetros sobre os quais não foi possível obter valores. A determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, permitirá conhecer com maior rigor os perigos para a saúde pública e para os solos, bem como determinar medidas adicionais de tratamento para permitir a reutilização da água residual tratada em estudo.

O comportamento do efluente no reservatório (com a variação do seu tempo de retenção) poderá ser mais estudado para permitir aferir a evolução da qualidade do efluente e a sua relação com o tempo de retenção.

Outra das questões importantes a aprofundar será a determinação dos parâmetros a cumprir e as regras claras para aceder ao financiamento comunitário. A introdução de melhoramentos ao projecto para com maior certeza aceder a financiamento, permitirá oferecer uma tarifa muito mais



baixa, acessível e garantidamente mais atractiva. Estes valores poderão alterar os cenários e permitir ainda mais receita com a venda de água residual.

Por último, pode dizer-se que depois deste estudo, e tendo em conta os valores de tarifas encontrados, é possível a realização de um novo inquérito de aceitação para determinar, com maior grau de certeza, a adesão dos agricultores tendo em conta os valores do tarifário do projecto.

Poderá continuar a apostar-se no estudo mais pormenorizado de projectos com a aplicação prática de modelos económicos, traduzindo de forma clara os benefícios económicos de cada projecto, bem como os benefícios ambientais.



BIBLIOGRAFIA

Locais da Internet

- ✓ www.ersar.pt
- ✓ www.adnoroeste.pt
- ✓ www.lnec.pt
- ✓ www.apesb.pt
- ✓ www.iswa.pt
- ✓ www.aprh.pt
- ✓ www.ipq.pt
- ✓ www.uminho.pt
- ✓ www.inag.pt
- ✓ www.edp.pt
- ✓ http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pna/pdf_pna_v1/v1_c2_t04.pdf
- ✓ <http://www.un.org/>
- ✓ http://www.swfwmd.state.fl.us/files/database/site_file_sets/118/water-reuse-florida.pdf
- ✓ <http://www.biu.ac.il/Besa/waterarticle3.html>



- ✓ <http://ag.arizona.edu/azwater/pdfs/Tal.pdf>
- ✓ http://www.ildesal.org.il/pdf/wastewater_reuse_risk_assessment.pdf
- ✓ <http://www.springerlink.com/content/n358112874066250/fulltext.pdf>
- ✓ <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r04108/625r04108.pdf>
- ✓ <http://www.dep.state.fl.us/>
- ✓ <http://www.arhnorte.pt/?1&it=pagina&mop=0&tp=7&co=247>
- ✓ http://www.proder.pt/ResourcesUser/Legislação/Versoes_Consolidadas/Junho_2011/VersaoTrabalho_161_062011.pdf
- ✓ http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02_pt.pdf

**Livros / Artigos / Dissertações**

- ALVES, Nuno José Domingues, Implementação de sistema de reutilização de águas residuais urbanas para rega de zonas com elevado contacto humano (2008), Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa
- ARAÚJO, A., Manual de Análise de Projectos de Investimento, 1999, Lisboa.
- BARROS, C., Decisões de Investimento e Financiamento de Projectos, E. Sílabo, 1994, Lisboa.
- Beltrão, J. A Reutilização das águas residuais. 10º Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (SILUBESA) “Uso Sustentável da Água”. Braga, Portugal (Setembro, 16 a 19 de Setembro, 2002).
- Beltrão, J., et. al., Utilização de recursos hídricos não convencionais, Universidade do Algarve, 2005
- Beltrão, J. 2005a. Sistemas de rega; classificação, polivalência, eficiência e economia energética. In: Manual de Engenharia, Grundfos Sistemas de Pressurização. Bombas Grundfos Portugal, SA, Lisboa. (pp. 179-200).
- Beltrão, J. 2005b. Recursos Hídricos não convencionais. O caso da reutilização das águas residuais. Suplemento do Manual de Engenharia – Águas Subterrâneas. Bombas Grundfos Portugal, SA. Lisboa: 3-15.



- Comissão Europeia, Manual de análise de custos e benefícios dos Projectos de Investimento, 2003, Bruxelas.
- Coutinho, Ana Cristina Ribeiro Afonso de Matos, Reutilização de Água – Utilização de águas cinzentas insitu (2009), Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real
- DECRETO-REGULAMENTAR 23/95 DE 23 DE AGOSTO. Regulamento Geral dos Sistemas
- DECRETO-LEI N.º236/98 DE 1 DE AGOSTO (1998).
- Ferreira da Silva, Júlio “Dimensionamento Optimizado de Sistemas Adutores Elevatórios de Água”, Guimarães, Universidade do Minho, 2003
- Ferreira da Silva, Júlio. “ Apontamentos de Hidráulica Aplicada, Universidade do Minho, Guimarães, 2007.
- Ferreira da Silva, Júlio F., NaimHaie e J. M. Pereira Vieira, "Análise de custos com a energia eléctrica nos sistemas de abastecimento de água", IV SILUSBA, APRH, ABRH;AMCT, Coimbra, 1999.
- M. Ferreira, et al., Organochlorine contaminants in flounder (*Platichthys flesus*) and mullet (*Mugilcephalus*) from Douro estuary, and their use as sentinel species for environmental monitoring, *Aquatic Toxicology*, Volume 69, Issue 4, 20 September 2004, Pages 347-357, ISSN 0166-445X, 10.1016/j.aquatox.2004.06.005.



- MARECOS DO MONTE, ALBUQUERQUE, Reutilização de Águas Residuais(2010), Série Guias Técnicos nº 14 – ERSAR e ISEL
- MATOS, C. (2003). Águas residuais de pequenos aglomerados populacionais – Tratamento, reutilização e monitorização. Tese de Mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- MARTINS M. V., et. al (2007).Potencialidades de reutilização de águas residuais para rega de campos de golfe na região do Algarve. Universidade do Algarve.
- Metcalf & Eddy (2003). Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse. Third Edition. McGraw – Hill International Editions, Lisbon.
- NORMA PORTUGUESA 4434:2005 - Reutilização de águas residuais urbanas tratadas para rega (2005).
- Pereira, Ana Cristina Dias, Avaliação de desempenho de estação de tratamento de águas residuais como instrumento associado à reutilização de água na rega de campos de golfe (2009), Tese de Mestrado, Universidade do Algarve.
- Pereira, Maria de Fátima Martins, Contributo para avaliar a possibilidade de reutilização das areias removidas nas ETAR (2008), Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa
- Philippi, Caio Tucunduva, Avaliação de um sistema de reúso de água (2006), Tese de Mestrado, Universidade de S. Paulo, Brasil



- PNUEA (2001). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. MAOT-IA Lisboa.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 113/2005
- Santos, Maria Margarida Cardador dos, Reutilização de Águas Residuais Urbanas Tratadas (2008), Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Silveira, Joaquim Maria Arrifes, Potencialidades de Reutilização de Água Residual para fins públicos na cidade de Leiria(2008), Tese de Mestrado,
- Sousa, Gonçalo N., O diagnóstico de uma ETAR como suporte à decisão para a reutilização do efluente tratado - caso de estudo da ETAR de Coruche (2009), Tese de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa
- USEPA (2004). Guidelines for water reuse. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, 625/R-04/108 (EPA).



ANEXOS



Anexo 1

Modelo do Inquérito

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS NA REGA AGRÍCOLA

ETAR DO AVE (Póvoa de Varzim e Vila do Conde)

Inquérito aos Agricultores

Este inquérito é **totalmente anónimo**. Servirá para perceber a aceitação social da reutilização de águas residuais tratadas na rega agrícola. Agradecemos o máximo de sinceridade para que os resultados sejam fidedignos.

Inquérito realizado no âmbito de uma *Tese de Mestrado da Universidade do Minho* sobre o tema.

I^a PARTE Caracterização do Inquirido

1 - SEXO:

Masculino

Feminino

2 - IDADE:

Menos de 20

20 – 40

41 – 60

Mais de 60

3 - ESCOLARIDADE:

4º Ano

6º Ano

9º Ano

Licenciatura

Outra

Qual? _____

2^a PARTE Caracterização da área e tipo de cultivo

4 – ÁREA QUE CULTIVA:

Menos de 1 ha

1 a 2 ha

2 a 5 ha

Mais de 5 ha

5 – TIPO (s) DE CULTURA:

Milho/Erva (forragens)

Hortícolas

Árvores de Fruto

Estufas

Outra

Qual? _____

6 – ORIGEM DE ÁGUA PARA REGA:

Furo
Captação do Rio
Água de Rede Pública
Outra
Qual? _____

7 – Consumo Mensal (m3) :

0 a 2 m³
2 a 5 m³
5 a 10 m³
10 a 25 m³
mais de 25 m³

8 – Qual o seu consumo médio mensal de água para rega, em euros?

_____ euros

3ª PARTE Conhecimentos Gerais da Temática
--

7 – Sabe o que é uma ETAR (Estação de Tratamento de Águas Residuais):

Sim
Não
Já ouvi falar (mas conheço mal)

8 – Concorda com a utilização desta água residual *tratada* para rega na agricultura?

Sim
Não
Não sabe / Não tem opinião

9 – Em seu entender qual o aspecto mais importante a ter em conta quando se reutiliza água residual tratada? (escolha de 1 a 5 sendo que 1 é o mais importante)

Opinião Agricultores <input type="checkbox"/>	Informação aos utilizadores <input type="checkbox"/>
Saúde Pública <input type="checkbox"/>	
Monitorização /Controlo <input type="checkbox"/>	Outra <input type="checkbox"/>
Água mais barata <input type="checkbox"/>	Qual? _____

10 – Aceitaria utilizar esta água para a rega das suas culturas?

Sim Não



Anexo2

Resultado dos Inquéritos

Inquérito Agricultores

Nº Inquérito	Concelho	Sexo		Idade				Educação					Área de Cultivo					Tipo de Cultura				
		M	F	< 20	20-40	41-60	+ 60	4º Ano	6º Ano	9º Ano	Licenciatura	Outra (12º)	> 1 ha	1 a 2 ha	2 a 5 ha	+ 5 ha	Milho/Çeva	Hortícolas	Arvores de Fruto	Estufas	Outra	
1	PVZ	1																				
2	PVZ	1			1																	
3	PVZ	1																				
4	PVZ	1																				
5	PVZ	1																				
6	PVZ	1																				
7	PVZ	1																				
8	PVZ	1																				
9	PVZ	1																				
10	PVZ	1																				
11	PVZ	1																				
12	PVZ	1																				
13	PVZ	1																				
14	PVZ	1																				
15	PVZ	1																				
16	PVZ	1																				
17	PVZ	1																				
18	PVZ	1																				
19	PVZ	1																				
20	PVZ	1																				
21	PVZ	1																				
22	PVZ	1																				
23	PVZ	1																				
24	PVZ	1																				
25	PVZ	1																				
26	PVZ	1																				
27	PVZ	1																				
28	PVZ	1																				
29	PVZ	1																				
30	PVZ	1																				
31	PVZ	1																				
32	PVZ	1																				
33	PVZ	1																				
34	PVZ	1																				
35	PVZ	1																				
36	PVZ	1																				
37	PVZ	1																				
38	PVZ	1																				
39	PVZ	1																				
40	PVZ	1																				
41	PVZ	1																				
42	PVZ	1																				
43	PVZ	1																				
44	PVZ	1																				
45	VDC	1																				
46	VDC	1																				
47	VDC	1																				
48	VDC	1																				
49	VDC	1																				
50	VDC	1																				
51	VDC	1																				
52	VDC	1																				
53	VDC	1																				
54	VDC	1																				
55	VDC	1																				
56	VDC	1																				
57	VDC	1																				
58	VDC	1																				
59	VDC	1																				
60	VDC	1																				
61	VDC	1																				
62	VDC	1																				
63	VDC	1																				
64	VDC	1																				
65	VDC	1																				
TOTAL		54	11	0	17	40	8	18	25	15	6	1	4	4	9	48	52	19	3	1	0	

Nº Inquérito	Concelho	Origem de água		Captação do rio	Água de rede		Consumo Mensal (m³)						Consumo (€)		Saldo o que é ETAR?		NÃO	Já ouvi falar										
		Furo			Outra (poço)	0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 25	+ 25	100	150	Sim															
1	PVZ	1																										
2	PVZ	1		1														1										
3	PVZ																	1										
4	PVZ																	1										
5	PVZ																	1										
6	PVZ																	1										
7	PVZ																	1										
8	PVZ																	1										
9	PVZ																	1										
10	PVZ																	1										
11	PVZ																	1										
12	PVZ																	1										
13	PVZ																	1										
14	PVZ																	1										
15	PVZ																	1										
16	PVZ																	1										
17	PVZ																	1										
18	PVZ																	1										
19	PVZ																	1										
20	PVZ																	1										
21	PVZ																	1										
22	PVZ																	1										
23	PVZ																	1										
24	PVZ																	1										
25	PVZ																	1										
26	PVZ																	1										
27	PVZ																	1										
28	PVZ																	1										
29	PVZ																	1										
30	PVZ																	1										
31	PVZ																	1										
32	PVZ																	1										
33	PVZ																	1										
34	PVZ																	1										
35	PVZ																	1										
36	PVZ																	1										
37	PVZ																	1										
38	PVZ																	1										
39	PVZ																	1										
40	PVZ																	1										
41	PVZ																	1										
42	PVZ																	1										
43	PVZ																	1										
44	PVZ																	1										
45	VDC																	1										
46	VDC																	1										
47	VDC																	1										
48	VDC																	1										
49	VDC																	1										
50	VDC																	1										
51	VDC																	1										
52	VDC																	1										
53	VDC																	1										
54	VDC																	1										
55	VDC																	1										
56	VDC																	1										
57	VDC																	1										
58	VDC																	1										
59	VDC																	1										
60	VDC																	1										
61	VDC																	1										
62	VDC																	1										
63	VDC																	1										
64	VDC																	1										
65	VDC																	1										
TOTAL		48		20		11		24		0		1		1		3		11		100		4		45		12		8

Nº Inquérito	Concelho	Concorda com a utilização?		Nbo	Nbo sei	O que consideraria mais importante?		Saúde pública	Monitorização	Água mais barata	Informação aos utilizadores	Outra	Aceitaria utilizar?					
		Sim	Não			Opções Agrícolas	Importância						Sim	Não				
1	PVZ	1						1	4	3	5		1					
2	PVZ	1						1	4	4	5		1					
3	PVZ	1						1	4	3	5		1					
4	PVZ	1			1	2		1	1				1					
5	PVZ	1						1	5		4		1					
6	PVZ	1				2		1	3	2	4		1					
7	PVZ	1				1		1	3	4	5		1					
8	PVZ	1				5		1	3	3	5		1					
9	PVZ	1				2		1	4	3	5		1					
10	PVZ	1				2		1	4	3	5		1					
11	PVZ	1				1		1	4	4	5		1					
12	PVZ	1				2		1	3	4	5		1					
13	PVZ	1				4		1	2	1	5		1					
14	PVZ	1			1	4		2	4	3	5		1					
15	PVZ	1				1		2	4	3	5		1					
16	PVZ	1				1		2	4	1	5		1					
17	PVZ	1				2		3	4	1	5		1					
18	PVZ	1				1		2	4	4	5		1					
19	PVZ	1				3		2	3	4	5		1					
20	PVZ	1				4		2	2	1	5		1					
21	PVZ	1				4		1	3	4	5		1					
22	PVZ	1				3		1	2	3	5		1					
23	PVZ	1				1		2	3	4	5		1					
24	PVZ	1				1		2	3	4	5		1					
25	PVZ	1				1		1	4	5	3		1					
26	PVZ	1				2		1	4	4	5		1					
27	PVZ	1			1	3		1	2	4	5		1					
28	PVZ	1				2		2	3	4	5		1					
29	PVZ	1				1		1	3	4	5		1					
30	PVZ	1				2		2	4	4	5		1					
31	PVZ	1				1		1	4	3	5		1					
32	PVZ	1				2		2	3	4	5		1					
33	PVZ	1				2		1	3	4	5		1					
34	PVZ	1				2		2	3	4	5		1					
35	PVZ	1				2		1	3	4	5		1					
36	PVZ	1				3		1	2	4	5		1					
37	PVZ	1				4		2	3	4	5		1					
38	PVZ	1			1	4		1	3	4	5		1					
39	PVZ	1				2		1	3	4	5		1					
40	PVZ	1				2		1	3	4	5		1					
41	PVZ	1				3		4	2	1	5		1					
42	PVZ	1			1	3		2	3	4	5		1					
43	PVZ	1				1		2	3	4	5		1					
44	PVZ	1			1	1		2	3	5	4		1					
45	VDC	1						1		2			1					
46	VDC	1						1					1					
47	VDC	1						1					1					
48	VDC	1						1					1					
49	VDC	1						1					1					
50	VDC	1						2					1					
51	VDC	1						1					1					
52	VDC	1						1					1					
53	VDC	1						1					1					
54	VDC	1			1			1					1					
55	VDC	1						1					1					
56	VDC	1						1					1					
57	VDC	1			1			1					1					
58	VDC	1						1					1					
59	VDC	1						1					1					
60	VDC	1						1					1					
61	VDC	1						1					1					
62	VDC	1			1			2					1					
63	VDC	1						1					1					
64	VDC	1						1					1					
65	VDC	1						1					1					
TOTAL		44	13	8		1	14	1	38	4	1	1	9	5	1	1	57	7



Anexo 3

Lista das áreas afectas à agricultura e número de produtores de cada uma das freguesias de Vila do Conde e Póvoa de Varzim. A amarelo as freguesias seleccionadas para serem abastecidas pela água residual tratada.

Localização geográfica (NUTS - 2002)	Explorações agrícolas (N.º) por Localização geográfica (NUTS - 2002) e Natureza jurídica; Decenal			Superfície agrícola utilizada (ha) por Localização geográfica (NUTS - 2002) e Forma de exploração (superfície agrícola utilizada); Decenal
	Natureza jurídica			T: Total da SAU ha
	Produtor singular	Sociedades	Outras formas da natureza jurídica do produtor (cooperativas, associações, fundações, mosteiros, conventos, seminários, escolas privadas)	
	N.º	N.º	N.º	
1141313: Póvoa de Varzim	990	41	-	3 326
114131301: A Ver-o-Mar	70	2	-	71
114131302: Aguçadoura	111	3	-	96
114131303: Amorim	93	-	-	229
114131304: Argivai	8	-	-	39
114131305: Balazar	79	9	-	730
114131306: Beiriz	19	2	-	175
114131307: Estela	264	7	-	449
114131308: Laundos	38	1	-	327
114131309: Navais	148	4	-	159
114131310: Póvoa de Varzim	9	-	-	47
114131311: Rates	86	8	-	786
114131312: Terroso	65	5	-	218
1141316: Vila do Conde	620	64	2	6 094
114131601: Arcos	44	5	-	356
114131602: Árvore	17	2	-	195
114131603: Aveleda	11	-	-	93
114131604: Azurara	5	-	-	24
114131605: Bagunte	41	2	-	401
114131606: Canidelo	16	-	-	103
114131607: Fajozes	15	5	-	271
114131608: Ferreiró	25	1	-	158
114131609: Fornelo	26	1	-	202
114131610: Gião	20	-	-	197
114131611: Guilhabreu	24	3	-	311
114131612: Junqueira	30	1	-	288
114131613: Labruge	30	3	-	267
114131614: Macieira da Maia	24	2	-	207
114131615: Malta	11	3	-	121
114131616: Mindelo	46	-	-	289
114131617: Modivas	14	-	-	138
114131618: Mosteiró	5	3	-	142
114131619: Outeiro Maior	17	2	-	248
114131620: Parada	10	1	-	115
114131621: Retorta	12	-	-	108
114131622: Rio Mau	54	8	-	582
114131623: Tougues	12	3	-	146
114131624: Touguinha	18	2	-	184
114131625: Touguinhó	12	5	-	223
114131626: Vairão	17	3	1	186
114131627: Vila Chã	31	2	-	157
114131628: Vila do Conde	11	1	-	95
114131629: Vilar	16	2	-	184
114131630: Vilar de Pinheiro	6	4	1	101

**Anexo 4**

Ano	Porcentagem de Adesão	Cenário 2 - (10 a 40%) m3 dia	Cenário 2 - (10 a 40%) m3 ano
Ano 1	10%	3.646	1.330.644
Ano 2	11%	4.010	1.463.708
Ano 3	12%	4.375	1.596.773
Ano 4	13%	4.739	1.729.837
Ano 5	14%	5.104	1.862.902
Ano 6	15%	5.468	1.995.966
Ano 7	16%	5.833	2.129.030
Ano 8	17%	6.198	2.262.095
Ano 9	18%	6.562	2.395.159
Ano 10	19%	6.927	2.528.224
Ano 11	20%	7.291	2.661.288
Ano 12	21%	7.656	2.794.352
Ano 13	22%	8.020	2.927.417
Ano 14	23%	8.385	3.060.481
Ano 15	24%	8.749	3.193.546
Ano 16	25%	9.114	3.326.610
Ano 17	26%	9.479	3.459.674
Ano 18	27%	9.843	3.592.739
Ano 19	28%	10.208	3.725.803
Ano 20	29%	10.572	3.858.868
Ano 21	30%	10.937	3.991.932
Ano 22	31%	11.301	4.124.996
Ano 23	32%	11.666	4.258.061
Ano 24	33%	12.030	4.391.125
Ano 25	34%	12.395	4.524.190
Ano 26	35%	12.760	4.657.254
Ano 27	36%	13.124	4.790.318
Ano 28	37%	13.489	4.923.383
Ano 29	38%	13.853	5.056.447
Ano 30	40%	14.582	5.322.576

Valores diários e anuais de venda de água – Cenário 2



Ano	Porcentagem de Adesão	Cenário 3 (10 a 25%) m3 dia	Cenário 3 (10 a 25%) m3 ano
Ano 1	10%	3.646	1.330.644
Ano 2	10%	3.646	1.330.644
Ano 3	11%	4.010	1.463.708
Ano 4	11%	4.010	1.463.708
Ano 5	12%	4.375	1.596.773
Ano 6	12%	4.375	1.596.773
Ano 7	13%	4.739	1.729.837
Ano 8	13%	4.739	1.729.837
Ano 9	14%	5.104	1.862.902
Ano 10	14%	5.104	1.862.902
Ano 11	15%	5.468	1.995.966
Ano 12	15%	5.468	1.995.966
Ano 13	16%	5.833	2.129.030
Ano 14	16%	5.833	2.129.030
Ano 15	17%	6.198	2.262.095
Ano 16	17%	6.198	2.262.095
Ano 17	18%	6.562	2.395.159
Ano 18	18%	6.562	2.395.159
Ano 19	19%	6.927	2.528.224
Ano 20	19%	6.927	2.528.224
Ano 21	20%	7.291	2.661.288
Ano 22	20%	7.291	2.661.288
Ano 23	21%	7.656	2.794.352
Ano 24	21%	7.656	2.794.352
Ano 25	22%	8.020	2.927.417
Ano 26	22%	8.020	2.927.417
Ano 27	23%	8.385	3.060.481
Ano 28	23%	8.385	3.060.481
Ano 29	24%	8.749	3.193.546
Ano 30	25%	9.114	3.326.610

Valores diários e anuais de venda de água – Cenário 3



Anexo 5

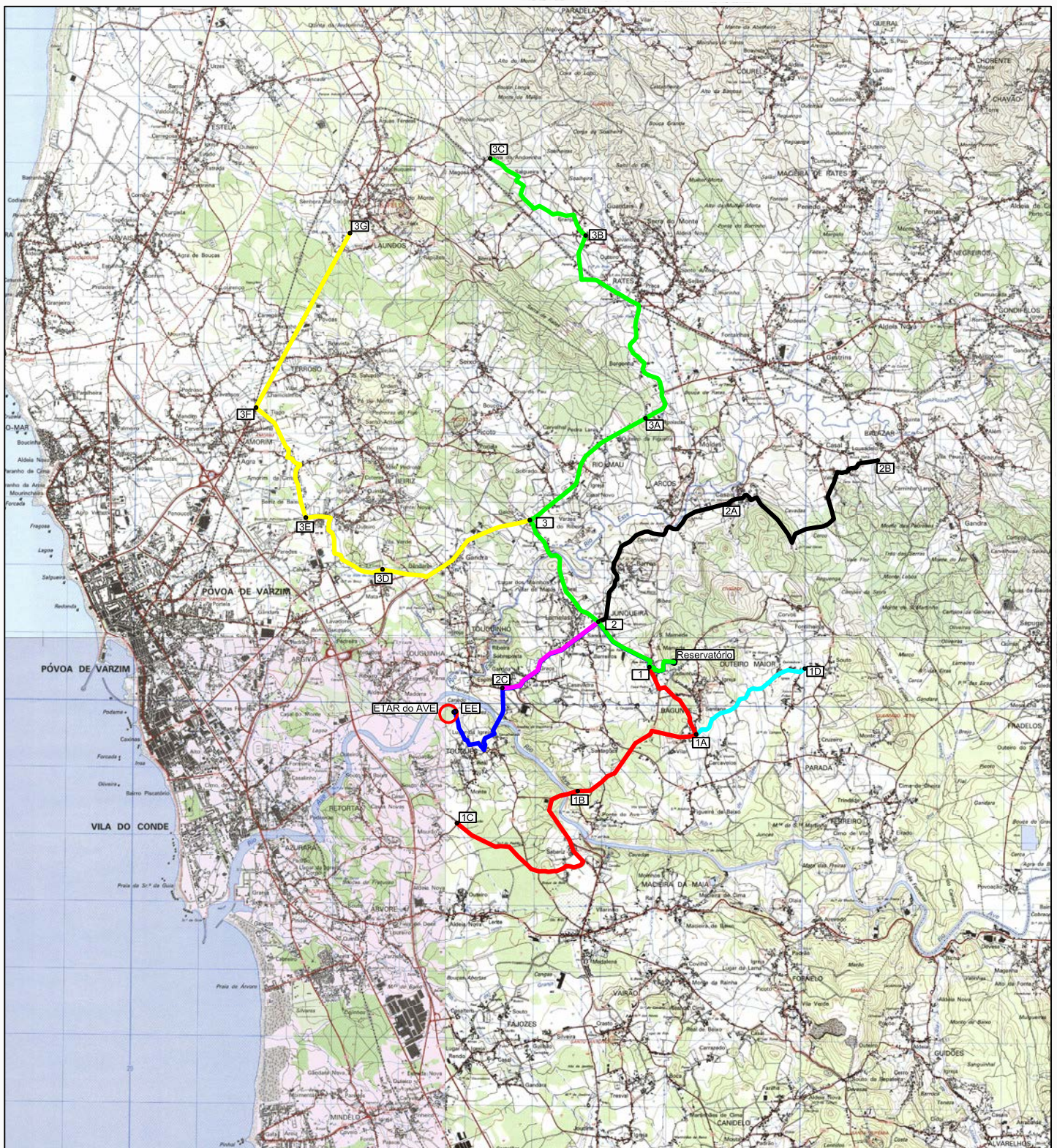
Cálculo da Potência da Bomba para os cenários 2 e 3.

Cenário 2	Potência da Bomba	$PH = \gamma * Q * He$	$10 * 0.3511 * 102,001$	283,3362699	Rendimento 80%	354	KW/m3	0,35417034
	PH - potência Hidráulica; γ - peso volúmico do líquido (KN/m ³); Q - Caudal elevado (m ³ /s); He - Altura total de elevação (m)							
Cenário 3	Potência da Bomba	$PH = \gamma * Q * He$	$10 * 0.3511 * 99,3633$	221,4070886	Rendimento 80%	277	KW/m3	0,34594858
	PH - potência Hidráulica; γ - peso volúmico do líquido (KN/m ³); Q - Caudal elevado (m ³ /s); He - Altura total de elevação (m)							



Anexo 6

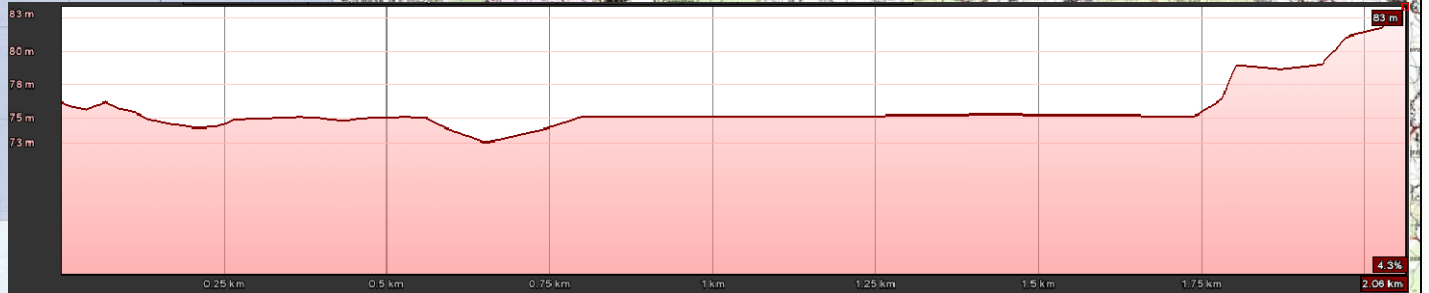
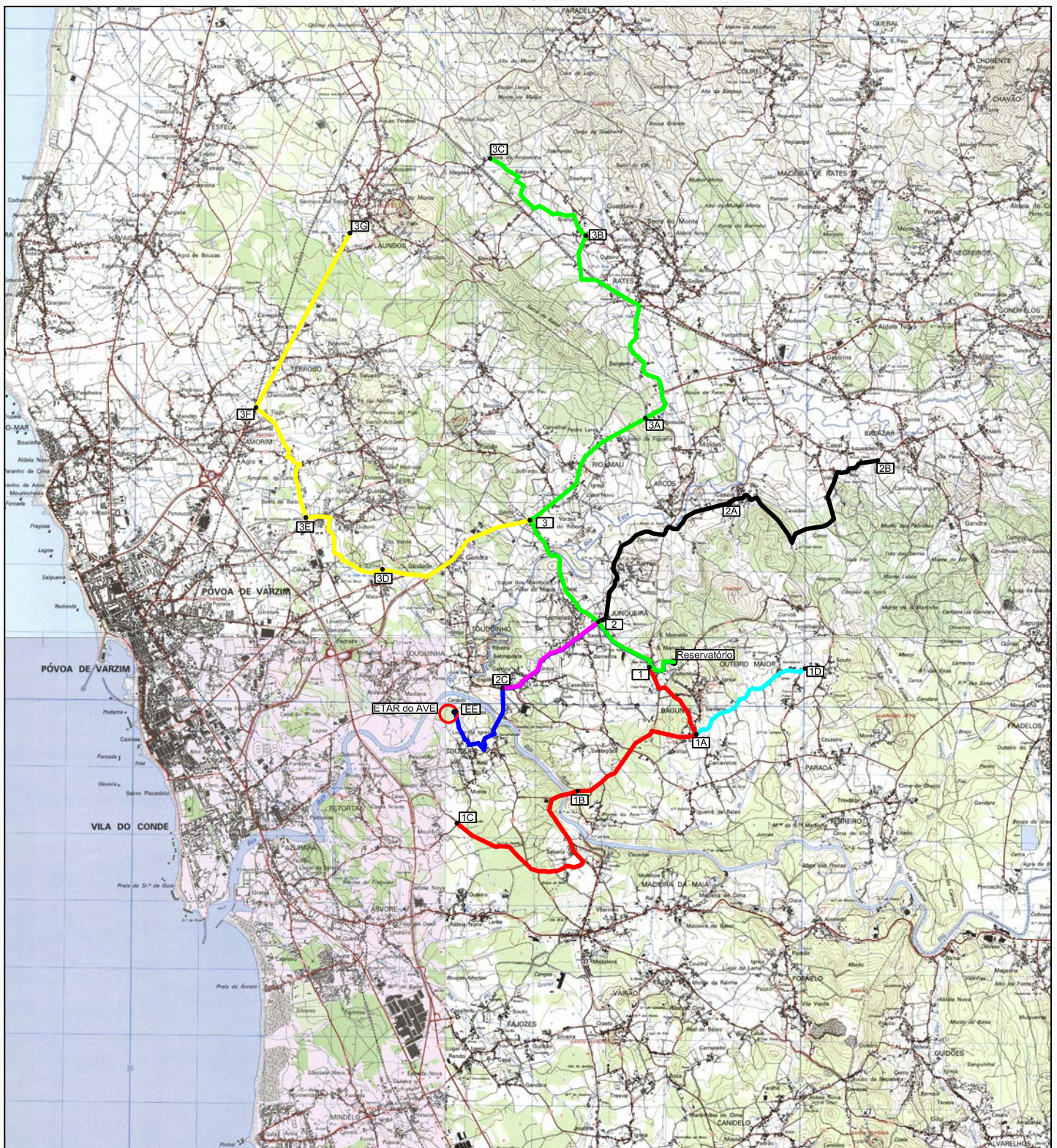
Implantação dos trajectos da rede de abastecimento e perfil longitudinal das Condutas Gravíticas



Reutilização de Águas Residuais Tratadas. O Caso da ETAR do Ave.

Título do Desenho: Perfil Longitudinal, Troço: 3 - 3D - 3E - 3F - 3G (amarelo)

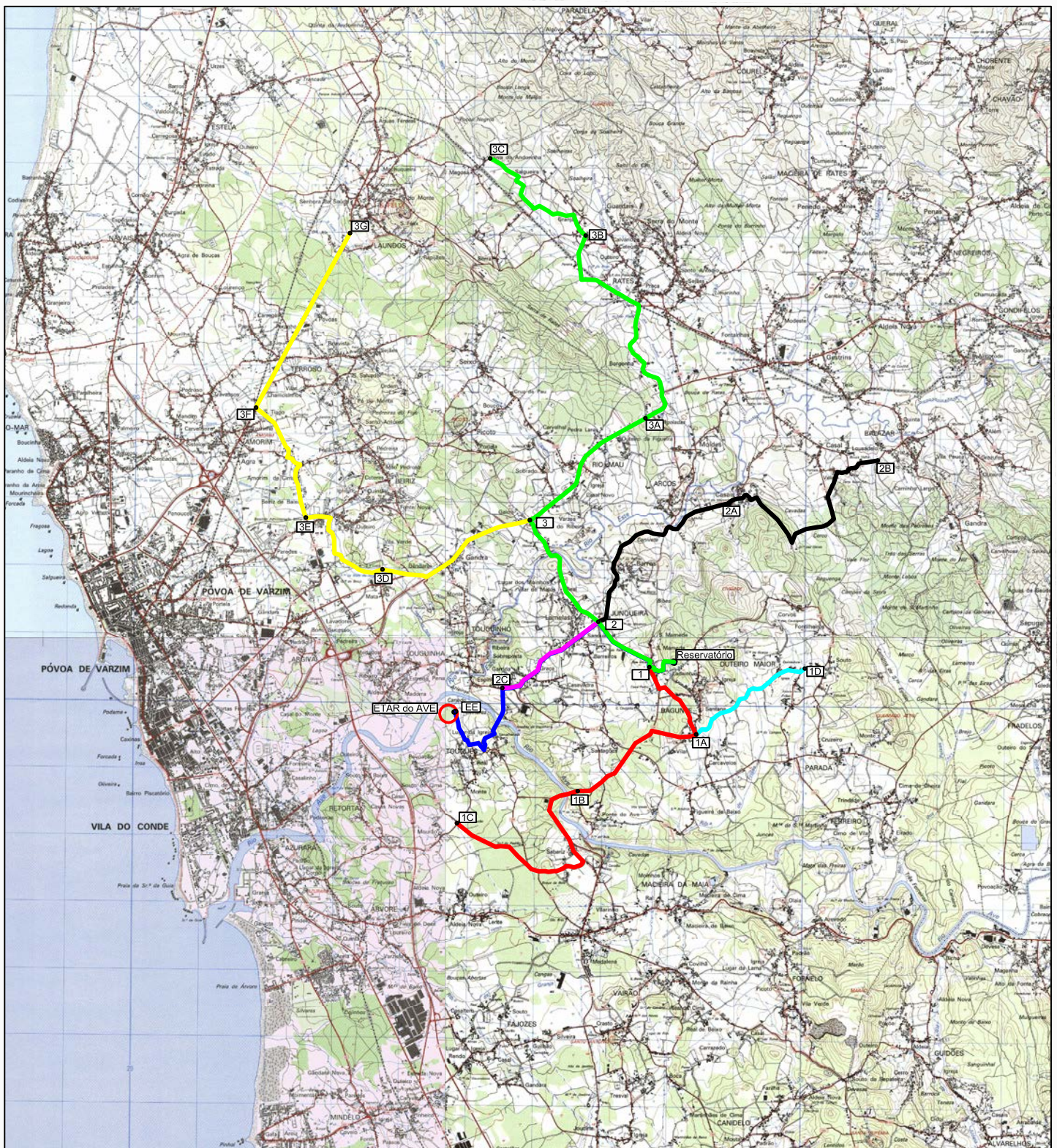




Reutilização de Águas Residuais Tratadas. O Caso da ETAR do Ave.

Título do Desenho: Perfil Longitudinal, Troço: 1A - 1D (azul)

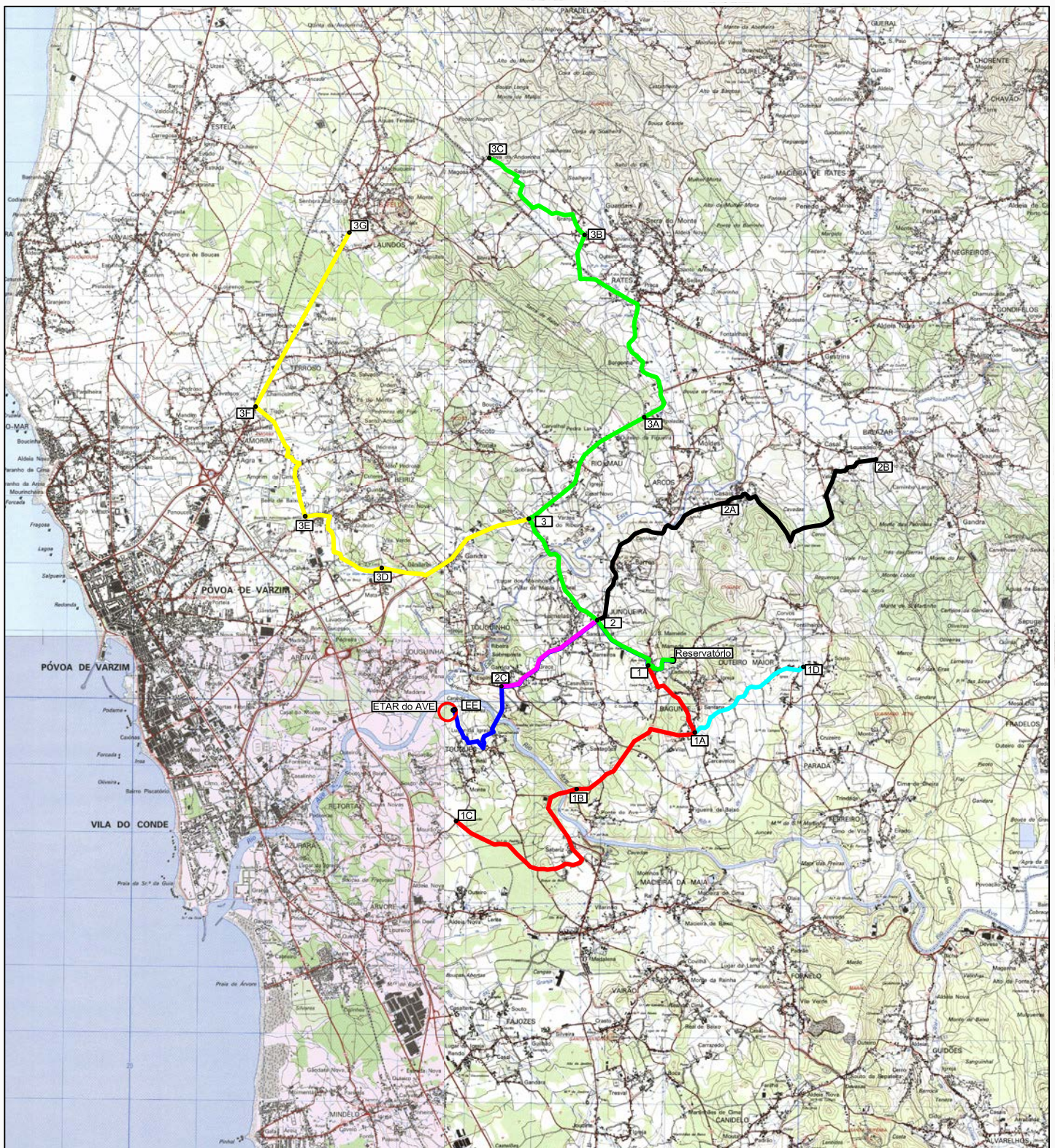




Reutilização de Águas Residuais Tratadas. O Caso da ETAR do Ave.



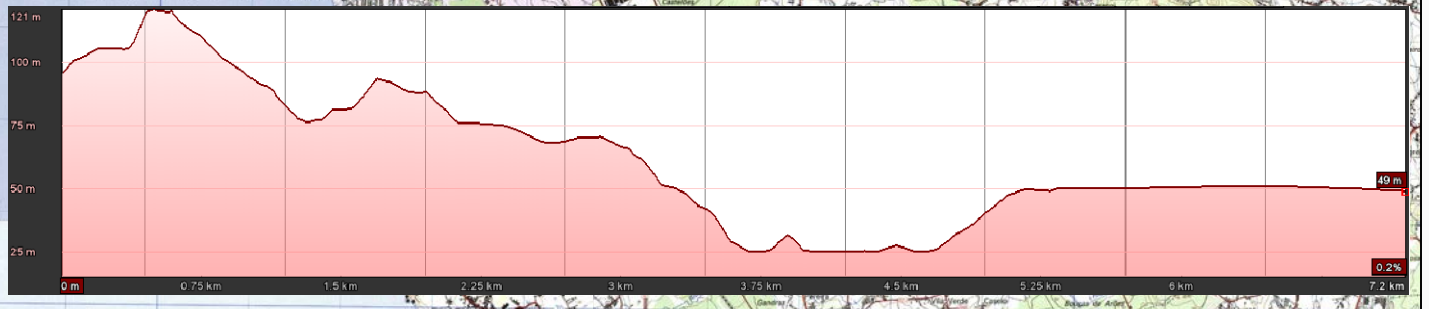
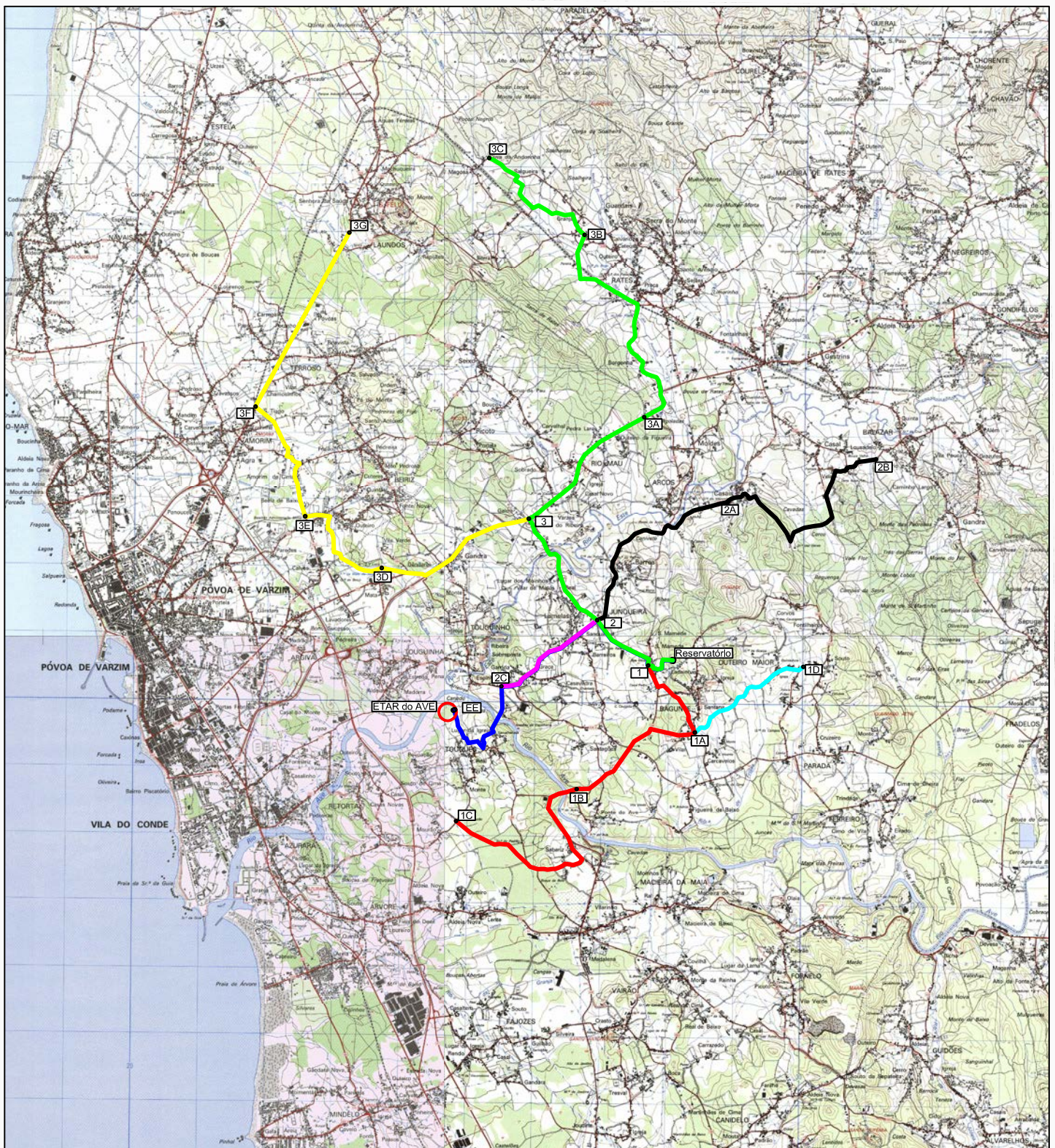
Título do Desenho: Perfil Longitudinal, Troço: 2 - 2A - 2B (preto)



Reutilização de Águas Residuais Tratadas. O Caso da ETAR do Ave.

Título do Desenho: Perfil Longitudinal, Troço: 2- 2C (roxo)

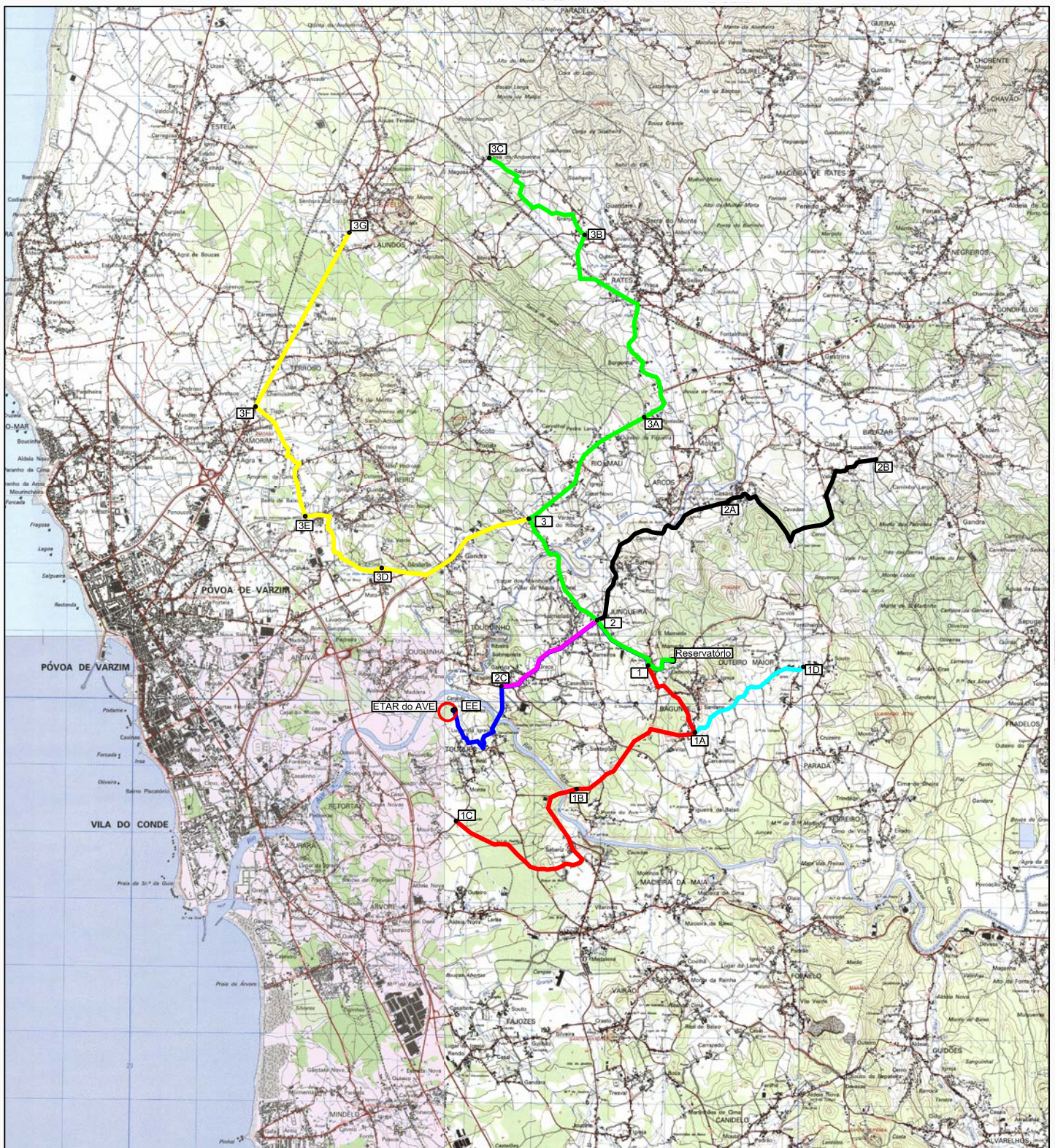




Reutilização de Águas Residuais Tratadas. O Caso da ETAR do Ave.

Título do Desenho: Perfil Longitudinal, Troço: 1 - 1A - 1B - 1C (vermelho)





Reutilização de Águas Residuais Tratadas. O Caso da ETAR do Ave.



Título do Desenho: Perfil Longitudinal, Troço: Reservatório - 1 - 2 - 3 - 3A - 3B - 3C (verde)

Universidade do Minho - Mestrado em Engenharia Urbana - Ramo Hidráulica Ambiental - 2011



Anexo 7

Troço	Comprimento (m)	Caudal Acum. (m ³ /dia)
Reservatório - 1	520	14582
1 - 2	1100	11474
2 - 3	2000	7627
1 - 1A	1300	3108
1A - 1B	2350	2200
1B - 1C	3500	1200
1A - 1D	2050	694
2 - 2A	3150	3447
2A - 2B	3550	2541
2 - 2C	1800	400
3 - 3A	2400	3546
3A - 3B	3800	2546
3B - 3C	2100	1450
3 - 3D	2500	4081
3D - 3E	1800	3457
3E - 3F	2000	2652
3F - 3G	3000	1501

Distribuição dos caudais pelos troços definidos (cenário 2)

Troço	Comprimento (m)	Caudal Acum. (m ³ /dia)
Reservatório - 1	520	9114
1 - 2	1100	7171
2 - 3	2000	4767
1 - 1A	1300	1943
1A - 1B	2350	1375
1B - 1C	3500	750
1A - 1D	2050	434
2 - 2A	3150	2154
2A - 2B	3550	1588
2 - 2C	1800	250
3 - 3A	2400	2216
3A - 3B	3800	1591
3B - 3C	2100	906
3 - 3D	2500	2551
3D - 3E	1800	2161
3E - 3F	2000	1658
3F - 3G	3000	938

Distribuição dos caudais pelos troços definidos (cenário 3)



Anexo 8

Dimensionamento dos diâmetros - Cenário 2

Troço	Comprimento (m)	Caudal Acum. (m ³ /dia)	Caudal Acum. (l/s)	Caudal Cálc. (l/s)	Material	DN (mm)	Dint. (mm)	v (m/s)	J (m/m)	v _{máx} (m/s)	v _{mín} (m/s)	Perda de Carga	Caudal Ano 0	v (m/s)
Reservatório - 1	520	14582	168,77	168,77	PEAD PN10	450	402,6	1,33	0,003	1,40	0,30	1,42	42,19	0,33
1 - 2	1100	11474	132,80	132,80	PEAD PN10	450	402,6	1,04	0,002	1,40	0,30	1,98	33,20	0,26
2 - 3	2000	7627	88,28	88,28	PEAD PN10	400	352,6	0,90	0,002	1,33	0,30	3,31	22,07	0,23
1 - 1A	1300	3108	35,97	35,97	PEAD PN10	250	220,4	0,94	0,003	1,10	0,30	4,16	8,99	0,24
1A - 1B	2350	2200	25,46	25,46	PEAD PN10	225	198,2	0,83	0,003	1,05	0,30	6,80	6,37	0,21
1B - 1C	3500	1200	13,89	13,89	PEAD PN10	160	141,0	0,89	0,005	0,92	0,30	17,68	3,47	0,22
1A - 1D	2050	694	8,03	8,03	PEAD PN10	125	110,2	0,84	0,006	0,83	0,30	12,81	2,01	0,21
2 - 2A	3150	3447	39,90	39,90	PEAD PN10	250	220,4	1,05	0,004	1,10	0,30	12,09	9,97	0,26
2A - 2B	3550	2541	29,41	29,41	PEAD PN10	225	198,2	0,95	0,004	1,05	0,30	13,23	7,35	0,24
2 - 2C	1800	400	4,63	4,63	PEAD PN10	110	96,8	0,63	0,004	0,79	0,30	7,94	1,16	0,16
3 - 3A	2400	3546	41,04	41,04	PEAD PN10	250	220,4	1,08	0,004	1,10	0,30	9,68	10,26	0,27
3A - 3B	3800	2546	29,47	29,47	PEAD PN10	225	198,2	0,95	0,004	1,05	0,30	14,21	7,37	0,24
3B - 3C	2100	1450	16,78	16,78	PEAD PN10	180	158,6	0,85	0,004	0,96	0,30	8,45	4,20	0,21
3 - 3D	2500	4081	47,23	47,23	PEAD PN10	280	246,8	0,99	0,003	1,15	0,30	7,53	11,81	0,25
3D - 3E	1800	3457	40,01	40,01	PEAD PN10	250	220,4	1,05	0,004	1,10	0,30	6,94	10,00	0,26
3E - 3F	2000	2652	30,69	30,69	PEAD PN10	225	198,2	0,99	0,004	1,05	0,30	8,03	7,67	0,25
3F - 3G	3000	1501	17,37	17,37	PEAD PN10	180	158,6	0,88	0,004	0,96	0,30	12,83	4,34	0,22

Dimensionamento dos diâmetros - Cenário 3

Troço	Comprimento (m)	Caudal Acum. (m ³ /dia)	Caudal Acum. (l/s)	Caudal Cálc. (l/s)	Material	DN (mm)	Dint. (mm)	v (m/s)	J (m/m)	v _{máx} (m/s)	v _{mín} (m/s)	Perda de Carga	Caudal Ano 0	v (m/s)
Reservatório - 1	520	9114	105,48	105,48	PEAD PN10	400	352,6	1,08	0,002	1,33	0,30	1,17	42,19	0,43
1 - 2	1100	7171	83,00	83,00	PEAD PN10	355	312,8	1,08	0,003	1,26	0,30	2,88	33,20	0,43
2 - 3	2000	4767	55,17	55,17	PEAD PN10	280	246,8	1,15	0,004	1,15	0,30	7,91	22,07	0,46
1 - 1A	1300	1943	22,48	22,48	PEAD PN10	200	176,2	0,92	0,004	1,01	0,30	5,29	8,99	0,37
1A - 1B	2350	1375	15,91	15,91	PEAD PN10	180	158,6	0,81	0,004	0,96	0,30	8,62	6,37	0,32
1B - 1C	3500	750	8,68	8,68	PEAD PN10	140	123,4	0,73	0,004	0,87	0,30	14,64	3,47	0,29
1A - 1D	2050	434	5,02	5,02	PEAD PN10	110	96,8	0,68	0,005	0,79	0,30	10,42	2,01	0,27
2 - 2A	3150	2154	24,93	24,93	PEAD PN10	225	198,2	0,81	0,003	1,05	0,30	8,79	9,97	0,32
2A - 2B	3550	1588	18,38	18,38	PEAD PN10	180	158,6	0,93	0,005	0,96	0,30	16,75	7,35	0,37
2 - 2C	1800	250	2,89	2,89	PEAD PN10	90	79,2	0,59	0,005	0,73	0,30	9,05	1,16	0,23
3 - 3A	2400	2216	25,65	25,65	PEAD PN10	225	198,2	0,83	0,003	1,05	0,30	7,04	10,26	0,33
3A - 3B	3800	1591	18,42	18,42	PEAD PN10	180	158,6	0,93	0,005	0,96	0,30	17,99	7,37	0,37
3B - 3C	2100	906	10,49	10,49	PEAD PN10	160	141,0	0,67	0,003	0,92	0,30	6,49	4,20	0,27
3 - 3D	2500	2551	29,52	29,52	PEAD PN10	225	198,2	0,96	0,004	1,05	0,30	9,38	11,81	0,38
3D - 3E	1800	2161	25,01	25,01	PEAD PN10	225	198,2	0,81	0,003	1,05	0,30	5,05	10,00	0,32
3E - 3F	2000	1658	19,18	19,18	PEAD PN10	200	176,2	0,79	0,003	1,01	0,30	6,17	7,67	0,31
3F - 3G	3000	938	10,86	10,86	PEAD PN10	160	141,0	0,70	0,003	0,92	0,30	9,85	4,34	0,28

